

FACULTAD DE
ARQUITECTURA Y
DISEÑO

Carrera de Arquitectura y Diseño de Interiores



“INFLUENCIA DE ESTRATEGIAS DE
ENFRIAMIENTO PASIVO EN EL DISEÑO DE UN
CENTRO CULTURAL EN LA PROVINCIA DE
TRUJILLO 2020”

Trabajo de Investigación para optar el grado de:

Bachiller en Arquitectura

Autora:

Valeria Mercedes Varas Vega

Asesor:

Arq. Mauro Brunelli

Trujillo - Perú

2020

CAPÍTULO 1. TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1. TABLA DE CONTENIDO	2
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	8
1.1 Realidad problemática	8
1.2 Formulación del problema	13
1.3 Objetivo general	13
1.4 Antecedentes teóricos	13
1.4.1 Antecedentes teóricos generales	13
1.4.2 Antecedentes teóricos arquitectónicos	14
1.5 Dimensiones y criterios arquitectónicos de aplicación.....	17
CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA	32
2.1 Tipo de investigación.....	32
2.2 Presentación de casos arquitectónicos	33
2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	39
2.4 Matriz de consistencia	40
CAPÍTULO 3 RESULTADOS	41
3.1 Análisis de casos arquitectónicos	41
3.2 Lineamientos del diseño	73
CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE INVESTIGACIÓN	

4.1	Conclusiones teóricas	80
4.2	Recomendaciones para el proyecto de aplicación profesional.....	81
REFERENCIAS		83
ANEXOS.....		87
Anexo 4. Tabla de análisis de datos.....		90
Anexo 5. Tabla de análisis de datos.....		91
Anexo 6. Modelo de la ficha utilizada para el análisis de casos		94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1	38
Tabla N°2	39
Tabla N°3	45
Tabla N°4	51
Tabla N°5	56
Tabla N°6	63
Tabla N°7	69
Tabla N°8	88
Tabla N°9	89
Tabla N°10	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01	32
Figura 02	33
Figura 03	34
Figura 04	35
Figura 05	36
Figura 06	40
Figura 07	40
Figura 08	41
Figura 09	41
Figura 10	42
Figura 11	42
Figura 12	43
Figura 13	43
Figura 14	44
Figura 15	46
Figura 16	47
Figura 17	48
Figura 18	48
Figura 19	49
Figura 20	49
Figura 21	50
Figura 22	52
Figura 23	52

Figura 24	53
Figura 25	53
Figura 26	54
Figura 27	54
Figura 28	55
Figura 29	55
Figura 30	57
Figura 31	57
Figura 32	57
Figura 33	58
Figura 34	58
Figura 35	59
Figura 36	59
Figura 37	60
Figura 38	60
Figura 39	61
Figura 40	61
Figura 41	62
Figura 42	62
Figura 43	64
Figura 44	64
Figura 45	65
Figura 46	65
Figura 47	66

Figura 48	66
Figura 49	67
Figura 50	67
Figura 51	68
Figura 52	68
Figura 53	71
Figura 54	72
Figura 55	72
Figura 56	73
Figura 57	73
Figura 58	74
Figura 59	74
Figura 60	75
Figura 61	75
Figura 62	76
Figura 63	76
Figura 64	77

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

A pesar del impacto positivo que producen las técnicas pasivas de enfriamiento en el interior de los espacios, los sistemas de climatización mediante el uso de tecnología moderna en infraestructuras, ha ido en aumento, puesto que poseen escasas condiciones de confort. Así mismo, en el diseño de infraestructuras culturales, son pocos los espacios que reúnan características esenciales como la ventilación e iluminación natural, debido a la falta de aplicación de criterios que aprovechen las condiciones climáticas para el óptimo desarrollo de las actividades a realizar, como lo son las estrategias de enfriamiento pasivo, siendo éstas ideales para el diseño de ambientes que otorguen al usuario un confort necesario. Es por ello, que estudiar las técnicas pasivas de enfriamiento permitirá obtener espacios arquitectónicos que preserven la salud de los ocupantes y faciliten la climatización natural de los ambientes.

La importancia de las estrategias de enfriamiento pasivo es sostenida por Herrera (2014) en el siguiente texto:

El alto costo de la energía, el agotamiento de los recursos naturales y el problema del cambio climático a nivel mundial, obligan a los profesionales de la construcción a diseñar y construir los edificios con estrategias de climatización pasiva para alcanzar niveles de confort higrotérmico adecuados, y en climas cálidos esto se consigue con un mayor enfriamiento. Sin embargo, esta postura no se ha logrado generalizar, ya sea por cuestiones económicas, sociales o por desconocimiento de las técnicas y estrategias aplicables, por lo que en muchos de los casos no se satisfacen esas necesidades de confort, incluso se agravan. Las necesidades de climatización se siguen solucionando por medios activos que utilizan energía convencional para funcionar, con el consecuente consumo de recursos naturales, emisión de CO₂ al ambiente y alto costo energético. (p.87)

En el mundo actual, la construcción de espacios arquitectónicos es responsable de un elevado consumo energético, puesto que existen diversos tipos de infraestructura que, por distintos factores no considerados en el planteamiento inicial del diseño arquitectónico, necesitan la implementación de iluminación, calefacción, refrigeración y aire acondicionado mediante sistemas tecnológicos. Según la Administración de Información de Energía de Estados Unidos [EIA], el sector edilicio, representa el 49% del consumo energético y, además, es el sector principal que contribuye a la emisión de CO₂ del país (González, 2011).

En ese mismo sentido, si bien es cierto que el Perú cuenta con diversos programas destinados al mejoramiento de la infraestructura con aplicación de estrategias pasivas, las edificaciones que incluyen aspectos pertinentes para el confort pasivo del usuario aún son pocas. Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MCVS] (2016), el 45% de consumo total de energía corresponde al sector comercial y público de edificios con un diseño de ambientes de baja calidad de confort, que producen un desperdicio de 25% de energía, solo por el uso de sistemas tecnológicos ineficientes, sin embargo, un diseño arquitectónico eficiente otorga un ahorro hasta de un 46% según la climatología de la localidad en la que se encuentre.

Con respecto a lo anterior, en la provincia de Trujillo, el aumento del consumo energético en las edificaciones, posee una relación clara con el déficit de confort que se presenta en la infraestructura de la arquitectura moderna puesto que, debido a la falta de atención a las condiciones climáticas, brindan espacios que obligan el uso de sistemas tecnológicos que, a su vez, suplantando las estrategias pasivas. Un claro ejemplo es el edificio El Cultural, que, en sus plantas inferiores, cuenta con espacios en los que se evidencia la falta de intervención y aplicación de técnicas que garanticen la disminución del alto consumo energético causado por los sistemas de climatización y que a la vez garanticen el bienestar de los ocupantes. (Ver sistemas de climatización artificial en Anexo 1)

Osuna, Herrera y López (2017) sostienen que la implementación de las estrategias de enfriamiento pasivo es indispensable en el diseño arquitectónico en el siguiente texto:

La necesidad del control térmico de los espacios interiores, mediante el manejo adecuado de los procesos de transferencia de calor que se producen de forma natural, ha impulsado el desarrollo de los sistemas pasivos de climatización como una alternativa deseable, en consonancia con la conciencia ambiental que se ha venido desarrollando en la sociedad durante los últimos años. (p. 43)

En países de climas cálidos y húmedos como en Colombia, son innumerables las interacciones del usuario con los espacios arquitectónicos para lograr condiciones de confort que les genere comodidad, puesto que no cuentan con un diseño arquitectónico estratégico. Un ejemplo claro, es el campus de la Universidad Pontificia Bolivariana, en Montería, puesto que, debido a la escasez de áreas verdes y al uso de materiales no correspondientes según su climatología, suscitó el uso de equipos de climatización (Muñoz y Torres, 2013). Sin embargo, gracias a un análisis realizado en el lugar de estudio, los autores determinaron que considerar las técnicas de enfriamiento pasivo facilita la reducción de un 4° C en la temperatura interior por lo que se hace indispensable un planteamiento inicial sostenible.

En los últimos diez años, en el Perú, el número de edificios modernos que ha incorporado estrategias pasivas en su totalidad, superan tan solo los 100 edificios, puesto que las autoridades y la población aún es indiferente al desarrollo sostenible del sector edilicio (Miranda, 2019). En efecto, mencionar la existencia de edificios contemporáneos que apuestan por las estrategias pasivas, es referir a la ciudad de Lima, por lo que cabe recalcar que aún es un número casi nulo que no ha tenido mucha repercusión en cuanto a su aplicación a nivel nacional, debido a una desatención absoluta por la implementación de infraestructura que brinde espacios confortables y eficientes en las demás regiones.

Se observa claramente, que en la provincia de Trujillo aún no se cuenta con arquitectura moderna que presente características de sostenibilidad y garantice el aprovechamiento de las estrategias pasivas de climatización como la refrigeración, no obstante, dentro del núcleo histórico de la ciudad, existen casonas como la Casa de la Emancipación, que debido a su época, posee características notables de arquitectura pasiva, puesto que el planteamiento del diseño, corresponde a criterios que otorgan confort a los usuarios en el interior de los espacios, lo que significa entonces que el uso de las técnicas ancestrales, es una alternativa eficiente para el control climático y ambiental. (Ver criterios de enfriamiento pasivo en Anexo 2)

Geetha y Velraj (2012) sostienen que, la aplicación de las estrategias de enfriamiento pasivo mejora el confort interior de los espacios en el siguiente texto:

Las técnicas de enfriamiento pasivo están relacionadas con el confort térmico de los ocupantes. Es posible aumentar la eficiencia de la refrigeración pasiva mediante técnicas de transmisión de calor mecánica, que mejoran los procesos de enfriamiento naturales. Estas aplicaciones se denominan sistemas de refrigeración "híbridos". Aquí el consumo de energía se mantiene a niveles muy bajos niveles, al tiempo que la eficiencia de los sistemas y su aplicabilidad se mejora. (s.p.)

La necesidad de confort conlleva a al usuario a tomar medidas que faciliten su comodidad (Nicol, 2001), es por ello que en el mundo, existen edificaciones eficientes que plasman las estrategias de enfriamiento pasivo para garantizar espacios agradables a los ocupantes sin el uso de sistemas tecnológicos, un claro ejemplo es la Empresa de Desarrollo Urbano de Medellín [EDU], que es denominado un “edificio que respira” puesto que, debido a las altas temperaturas de la ciudad, se aplicaron técnicas pasivas como el uso de una fachada con perforaciones que facilite la ventilación en los espacios interiores, así como el uso de una chimenea solar cuya función es expulsar el aire caliente que facilita la ventilación natural del edificio (Craig, 2016).

Con referencia a lo anterior, nuestro país presenta otro tipo de climatología por lo que la aplicación de las técnicas pasivas de enfriamiento se realiza con alternativas diferentes, un ejemplo de aplicación es el Hotel Westin, que es reconocido por la Certificación Leed Gold que se le otorgó en el año 2016. Esta edificación, presenta un sistema de fachadas ventiladas en los frentes de la torre principal que garantiza el correcto aprovechamiento de los vientos de tal manera que reduce temperaturas el interior de los ambientes mediante la ventilación natural. (Blanco, 2016).

En efecto, en la provincia de Trujillo existen propuestas de diseño con el uso de estrategias pasivas que aún no se han ejecutado, no obstante, existen edificaciones que a pesar de su antigüedad, poseen valor en el tiempo debido a la aplicación de criterios que facilitan el enfriamiento pasivo, un claro ejemplo es el Centro Cultural Víctor Raúl Haya de La Torre, donde se aprecia una infraestructura que facilita la ventilación pasiva de los ambientes gracias a la influencia positiva de sus amplios ventanales y patios centrales que optimizan el aprovechamiento de los vientos, otorgando al usuario confort en el interior de los espacios. (Ver criterios de enfriamiento pasivo en Anexo 3)

Por lo antes expuesto, es notoria la necesidad del planteamiento de equipamientos culturales en nuestra ciudad, que tengan en cuenta el confort del usuario en el interior de los espacios arquitectónicos puesto que, de no realizarse, se causaría un mayor problema ya que los ocupantes necesitan espacios confortables para el desarrollo de las actividades según su función. Además, en la actualidad, los que existen, no poseen criterios necesarios correspondientes a las condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de las actividades destinados para la formación y exposición cultural.

En conclusión, a partir de todos los argumentos anteriormente expuestos, se considera que ya es tiempo que se optimice la implementación de espacios arquitectónicos contemporáneos en

los que se apliquen las estrategias de enfriamiento pasivo a fin de brindar espacios ideales y confortables a los ocupantes.

1.2 Formulación del problema

¿De qué manera las estrategias de enfriamiento pasivo influyen en el diseño de un Centro Cultural en la provincia de Trujillo 2020?

1.3 Objetivo general

Determinar de qué manera las estrategias de enfriamiento pasivo influyen en el diseño de un Centro Cultural en la provincia de Trujillo 2020.

1.4 Antecedentes teóricos

Al realizar la revisión documental científica para encontrar validez a la variable a investigar *estrategias de enfriamiento pasivo*, se seleccionaron doce artículos científicos, de los cuales, se incluyen nueve, debido a que: (a) contienen información pertinente para profundizar la investigación requerida, (b) su realización pertenece a los últimos diez años, expresan las dimensiones de variable, y (c) tienen una relación adecuada con la variable a investigar. (Ver tabla de análisis de datos de los documentos seleccionados en Anexo N°4 y Anexo N°5)

1.4.1 Antecedentes teóricos generales

Giraldo y Herrera (2017), evalúan un prototipo experimental en el que se tuvo en cuenta el confort térmico mediante el uso de chimeneas solares que mejoran la ventilación natural y concluyen que, las intervenciones arquitectónicas pasivas, mejoran las condiciones de confort, así mismo, las chimeneas solares, garantizan una renovación que brinda calidad de aire, mejoran si se proyectan en la dirección del viento. Es evidente entonces, que las dimensiones de la investigación son (a) ventilación natural (b) chimeneas solares (c) aislamiento térmico mediante materiales para reducir la carga térmica.

Este artículo, es distinto a la presente investigación, puesto que solo enfatizan el criterio de la implementación de las chimeneas solares y se omiten dimensiones e indicadores de la variable a investigar.

Mello et al. (2017), analizan estrategias bioclimáticas empleadas en un edificio en la ciudad de Itaara, Brasil. Donde se proporciona ventilación cruzada sumado a la colocación de paredes dobles y doble acristalamiento. Por las consideraciones anteriores, la investigación aporta estrategias bioclimáticas que orientan al (a) enfriamiento pasivo evaporativo (b) ventilación natural. Los criterios de aplicación son (a.1) evapotranspiración de las plantas distribuidas según la orientación solar (b.1) orientación estratégica de volúmenes.

Este documento se diferencia de la presente, porque considera también el uso de túneles de aire en el subsuelo de la construcción con ductos internos para obtener la ventilación cruzada. Sin embargo, la investigación científica a realizar, está enfocada en la influencia de la variable en el diseño arquitectónico.

1.4.2 Antecedentes teóricos arquitectónicos

Beltrán, García y Dufresnes (2017), realizan un análisis cuantificativo para obtener las ventajas de la calidad medioambiental y confort interior que suponen los principios bioclimáticos de la arquitectura y determinan dimensiones como (a) orientación adecuada de volúmenes (b) ventilación natural cruzada (c) diseño de voladizos (d) aprovechamiento de la inercia térmica de materiales.

La investigación realizada se diferencia de la presente investigación, puesto que, en el análisis realizado, los autores aplican más de una variable y suprimen dimensiones y/o indicadores de la variable de estudio del presente documento.

Domínguez Delgado, Durand y Domínguez Torres (2013), estudian el enfriamiento pasivo por medio de fachadas ventiladas para conseguir confort en espacios interiores, este sistema se usa de manera efectiva cuando hay fuerte radiación solar y concluyen que, las fachadas ventiladas, presentan un mejor comportamiento respecto a la no ventilada en cuanto a la refrigeración del edificio. Reduce la ganancia de calor hacia el interior del edificio. Las dimensiones encontradas son (a) protección solar (b) fachadas ventiladas (c) ventilación por convección natural.

Este documento se diferencia del presente, puesto que se aplican criterios para temperaturas de 30°C y, por consiguiente, se han omitido dimensiones eminentemente arquitectónicas de acuerdo con la climatología correspondiente a la presente investigación.

Flores, Esteves y Filippin (2014), determinan que, el uso de sistemas solares pasivos y la conservación de energía, son estrategias que se deben potenciar en climas adecuados para lograr confort térmico y ambiental, utilizando también energía no renovable y concluyen que, incorporar superficies colectoras en las fachadas, resulta mejor que solo considerarlas al norte y este. Las dimensiones encontradas en la investigación son (a) orientación intermedia adecuada en los volúmenes (b) masa térmica para el enfriamiento pasivo (c) superficies colectoras.

Este documento se diferencia del presente, porque enfatiza los criterios arquitectónicos del diseño solar pasivo como el aislamiento térmico mediante materiales no correspondientes al campo arquitectónico y, por consiguiente, se omiten algunas dimensiones y/o indicadores de la variable a investigar.

Herrera (2014), presenta los resultados de la evaluación de la eficiencia de enfriamiento con la aplicación de techo estanque mediante seis técnicas pasivas de enfriamiento. El módulo se comparó con un módulo de control con las mismas características de dimensión y orientación. Se determinó que, en climas cálido secos, evaporar agua es una técnica de enfriamiento eficiente. La

cubierta estanque, pierde calor por emisión de radiación. En conclusión, las dimensiones encontradas en la investigación son (a) enfriamiento evaporativo directo (b) protección solar (c) enfriamiento radiactivo nocturno mediante el aislamiento térmico de materiales (d) masa térmica.

Este artículo científico se diferencia de la presente investigación, al considerar solo el techo estanque de los módulos para el confort interior, por lo que es notable que se han omitido criterios arquitectónicos para la variable para la presente investigación.

Mercado, Barea, Esteves y Filippin (2018), analizan el enfriamiento pasivo a través de la dimensión *ventilación natural*, persiguen evitar riesgos de sobrecalentamiento y reducir la necesidad de equipos mecánicos, evalúan la influencia de la ventilación natural diurna y/o nocturna y, por consiguiente, concluyen que, el uso de la masa térmica (inercia térmica) en climas templados continentales aumenta la calidad de las condiciones térmicas de los espacios, sobre todo en verano. Significa entonces, que los criterios para la dimensión *ventilación natural* encontradas en la investigación son (a) ventilación cruzada (b) ventilación diurna y/o nocturna (c) envolvente tradicional.

Este documento se diferencia de la presente, puesto que enfoca solo un criterio de la variable a investigar lo que significa que se omiten dimensiones y/o indicadores arquitectónicos de la variable a investigar. Además, los autores, hacen uso del software Energy plus.

Muñoz y Torres (2013), analizan la dimensión *vegetación como técnica pasiva* en el edificio de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Montería, debido a su influencia positiva en la sostenibilidad y ahorro energético puesto que, disminuye el efecto de calentamiento, es similar a las fachadas ventiladas y modifica el ambiente térmico interior. Se determinan como criterios (a) fachadas ventiladas vegetales (b) sombreado que mejora la sensación térmica.

Este artículo científico se diferencia, al considerar criterios de aplicación solo mediante las fachadas, por lo que es notorio que se han omitido dimensiones y/o indicadores arquitectónicos de la variable de la presente investigación.

Osuna, Herrera y López (2017), analizan el techo plantado sobre cubiertas onduladas de fibrocemento para determinar el comportamiento térmico de un prototipo experimental que resulta ser muy beneficioso en zonas cálidas para el enfriamiento pasivo y se obtienen como dimensiones (a) techo plantado (b) protección solar (c) evapotranspiración de las plantas distribuidas según la orientación solar (d) sombreado que reduce la temperatura.

Esta investigación se diferencia de la presente, al considerar solo la cubierta de las viviendas para el confort interior, por lo que es notorio que se han omitido dimensiones y/o indicadores eminentemente arquitectónicos para la variable a investigar.

1.5 Dimensiones y criterios arquitectónicos de aplicación

1.5.1. Dimensiones encontradas

1.5.1.1 Ventilación natural

“Ventilación vertical” (Mello et al., 2017, pág. 7), analizan la dimensión *ventilación vertical* mediante la diferencia de niveles para el ingreso de aire que mejora el confort reduciendo temperaturas altas en el interior de la edificación.

“Ventilación natural” (Mercado, Barea, Esteves y Filippin, 2018, pág. 2), analizan la dimensión *ventilación natural* con la finalidad de mejorar el clima interior en los ambientes de las edificaciones mediante la optimización de dirección de vanos a los vientos predominantes nocturnos.

“Ventilación natural” (Mercado, Barea, Esteves y Filippin, 2018, pág. 2), analizan la dimensión *ventilación natural* mediante la generación de vanos que faciliten la ventilación interior y se reduzca la ventilación mecánica en los ambientes del edificio

1.5.1.2. Chimeneas solares

“Chimeneas solares” (Giraldo, Herrera, 2017, pág. 3), definen la dimensión *chimeneas solares* como una herramienta efectiva para facilitar la ventilación por inducción natural que se fomenta mediante el aislamiento térmico mediante materiales para reducir la carga térmica.

“Chimeneas solares” Giraldo, Herrera, 2017, pág. 5)

Giraldo y Herrera (2017), analizan la dimensión *chimeneas solares* para optimizar la ventilación y facilitar la reducción de aire caliente en el interior de los ambientes de una edificación generando confort térmico en el interior de los ambientes.

1.5.1.3. Enfriamiento pasivo evaporativo directo

“Enfriamiento pasivo evaporativo” (Mello et al., 2017, pág. 7), mencionan que la dimensión *enfriamiento pasivo evaporativo directo* es una técnica del enfriamiento pasivo que puede fomentarse a través de la implementación de vegetación cerca de la edificación facilitando la evapotranspiración de las plantas para el enfriamiento.

“Enfriamiento evaporativo directo” (Herrera, 2014, pág. 4), manifiesta que la dimensión *enfriamiento pasivo evaporativo directo* es mucho más eficiente si se aplica en zonas en las que el clima no excede a 24°C, esta estrategia se da mediante la arborización cercana a la edificación gracias a la evapotranspiración de las plantas.

1.5.1.4. Enfriamiento pasivo evaporativo indirecto

“Enfriamiento evaporativo indirecto” (Mello et al., 2017, pág. 8), menciona ejemplos claros de la dimensión *enfriamiento pasivo evaporativo indirecto* mediante estrategias como la implementación de techo estanque o techo plantado en el exterior de la edificación.

“Enfriamiento pasivo evaporativo indirecto” (Herrera, 2014, pág. 4), manifiesta que la dimensión *enfriamiento pasivo evaporativo indirecto* es una técnica que no aumenta la humedad

existente del ambiente interior puesto que, se logra a partir de estrategias externas que facilitan el confort interior del edificio.

1.5.1.5. Orientación solar de volúmenes

“Orientación solar de volúmenes” (Mello et al., 2017, pág. 6), menciona que la dimensión *orientación adecuada de volúmenes* es indispensable para facilitar la ventilación de los ambientes de la edificación y facilita la fluidez de aire dentro del mismo.

“Orientación intermedia de la volumetría” (Flores, Esteves, Filippin, 2014, pág. 6), manifiesta que la dimensión *orientación intermedia* reduce el consumo de energía de una edificación ya que esta técnica pasiva facilita en enfriamiento de los espacios interiores de un edificio.

1.5.1.6. Aprovechamiento de la inercia térmica de materiales

“Aprovechamiento de la inercia térmica de materiales” (Beltrán, García y Dufrasnes, 2017, pág. 6), analizan el comportamiento de dimensiones como el *aprovechamiento de inercia térmica de los materiales* y concluyen que facilita la reducción de temperatura interior debido a las propiedades de la eficiencia de los materiales.

1.5.1.7. Fachada ventilada

“Fachadas ventiladas” (Domínguez, Durand y Domínguez, 2013, pág. 2), analizan la dimensión *fachadas ventiladas* mediante el uso correcto de materiales para generar una cámara de aire que facilite la ventilación natural.

“Ventilación por convección natural” (Domínguez, Durand y Domínguez, 2013, pág. 11), analizan la dimensión *fachadas ventiladas* para facilitar la ventilación por convección natural y lograr la optimización de la expulsión de aire interior.

1.5.1.8. Protección solar

“Protección solar” (Domínguez, Durand y Domínguez, 2013, pág. 2), mencionan que la dimensión *protección solar* disminuye la carga de enfriamiento mediante la cámara ventilada de la hoja externa al implementar fachadas ventiladas.

1.5.1.9. Masa térmica

“Masa térmica” (Flores, Esteves, Filippin, 2014, pág. 4), sostienen que la dimensión *masa térmica* es de vital importancia para los sistemas de climatización pasivos de tal manera que repercutan de manera positiva en el enfriamiento interior de los ambientes.

“Masa térmica” (Herrera, 2017, pág. 5), define la dimensión *masa térmica* como una estrategia eficiente para la reducción de la carga térmica ocasionada por el clima o por las personas que ocupan los espacios interiores de una edificación.

1.5.1.10. Superficies colectoras

“Superficies colectoras” (Flores, Esteves, Filippin, 2014, pág. 7), indican que la dimensión *superficies colectoras* se aprovechan de manera eficiente al tener una orientación solar del edificio pertinente al clima en donde se emplaza.

1.5.1.11. Enfriamiento radiactivo nocturno

“Enfriamiento radiactivo nocturno” (Herrera, 2014, pág. 5), manifiesta que la dimensión *enfriamiento radiactivo nocturno* se logra mediante la pérdida de calor que produce una cubierta estanque que favorece el enfriamiento en un mayor porcentaje por la noche y garantiza el confort interior de los ambientes en el día.

1.5.1.12. Fachada ventilada vegetal

“Fachada ventilada vegetal” (Muñoz y Torres, 2013, pág. 4), analizan el comportamiento de la dimensión *fachada ventilada vegetal* y determinan que son muchos más eficientes que las fachadas ventiladas comunes favoreciendo además en el ahorro energético de una edificación.

“Fachadas verdes” (Muñoz y Torres, 2013, pág. 5), manifiesta que las *fachadas verdes* mejoran la temperatura interior de los edificios a comparación de las fachadas ventiladas tradicionales y realza la importancia de la vegetación como estrategia pasiva de enfriamiento para los ambientes de una edificación.

1.5.1.13. Dirección de vientos predominantes en horarios nocturnos

“Dirección de vientos predominantes en horarios nocturnos” (Mercado, Barea, Esteves y Filippin, 2018, pág. 3), menciona que dentro de la dimensión *dirección de vientos predominantes en horarios nocturnos*, la abertura de los vanos principales debe estar orientados hacia los vientos predominantes para facilitar la ventilación y por ende optimizar el enfriamiento de la edificación, ya que los vientos nocturnos son mucho más convenientes que los vientos predominantes diurnos.

En referencia a la clasificación anterior, las dimensiones encontradas que componen la variable *estrategias de enfriamiento pasivo* son las siguientes:

Dimensiones	Autores
Ventilación natural	Mello, et al., 2017, pág. 7; Mercado, Barea, Esteves y Filippin, 2018, pág. 2);
Chimeneas solares	Giraldo y Herrera, 2017, pág. 3, 5)
Enfriamiento pasivo evaporativo directo	Mello, et al., 2017, pág. 7; Herrera, 2014, pág. 4
Enfriamiento pasivo evaporativo indirecto	Mello, et al., 2017, pág. 8; Herrera, 2014, pág. 4
Orientación solar de volúmenes	Mello et al., 2017, pág. 6; Flores, Esteves y Filippin, 2014, pág. 6;
Aprovechamiento de la inercia térmica de materiales	Beltrán, García y Dufrasnes, 2017, pág. 6

Fachadas ventiladas vegetales	Muñoz y Torres, 2013, pág. 4
Protección solar	Domínguez, Durand y Domínguez, 2013, pág. 2
Enfriamiento radiactivo nocturno	Flores, Esteves, Filippin, 2014, pág. 7
Masa térmica	Flores, Esteves y Filippin, 2014, pág. 4; Herrera, 2017, pág. 5
Fachadas ventiladas	Domínguez, Durand y Domínguez, 2013, pág. 2)
Superficies colectoras	Flores, Esteves y Filippin, 2014, pág. 7
Dirección de vientos predominantes en horarios nocturnos	Mercado, Barea, Esteves y Filippin, 2018, pág. 3

Elaboración propia

1.5.2. Criterios encontrados

1.5.2.1. Ventilación natural

“Diferencia de altura” (Beltrán, García y Dufrasnes, 2017, pág. 2), manifiestan que la diferencia de *altura entre los niveles de cubiertas* permite un mayor confort interior por la eficiencia de las aberturas para ventilación que favorece el enfriamiento dentro de los ambientes interiores de una edificación.

“Inercia térmica de materiales” (Beltrán, García y Dufrasnes, pág. 5), mencionan que la *inercia térmica de materiales* facilita la ventilación y la reducción de temperaturas altas en los ambientes interiores de una edificación, por las propiedades que los materiales poseen.

“Ventanas en dirección de vientos predominantes” (Beltrán, García y Dufrasnes, 2017, pág. 8), indican que el uso de *ventanas en dirección de vientos predominantes*, reduce la temperatura interior otorgando la refrigeración de los ambientes del edificio.

“Proporción de ventanas” (Mercado, Barea, Esteves y Filippin, 2018, pág. 3), manifiesta que la *proporción de ventanas* reducen la temperatura interior de los ambientes al generar vanos proporcionales a la altura del nivel en el edificio.

“Paredes dobles” (Giraldo y Herrera, 2017, pág. 6), manifiestan que las *paredes dobles* mejoran la ventilación pasiva de una edificación y, por consiguiente, el confort térmico gracias al aislamiento térmico de los materiales.

“Proporción de vanos” (Mello et al., 2017, pág. 12), analizan la *proporción de vanos* para generar enfriamiento pasivo en los ambientes interiores y determinan que en el 25% de la altura de un nivel de la edificación debe generarse vanos para optimizar la ventilación natural.

“Paredes dobles para ventilación cruzada” (Mello et al., 2017, pág. 16), mencionan que las *paredes dobles* facilitan la ventilación vertical en la edificación y reducen temperaturas proporcionando el enfriamiento pasivo en los ambientes interiores.

1.5.2.2. Fachadas ventiladas

“Cámara de aire” (Domínguez, Durand y Domínguez, 2013, pág. 1), mencionan que la *cámara de aire* producida por los materiales adecuados y espacios pertinentes, es de vital importancia para la eficiencia de las fachadas ventiladas que generan el enfriamiento pasivo de la edificación.

1.5.2.3. Fachadas ventiladas vegetales

“Plantas trepadoras” (Muñoz y Torres, 2013, pág. 8), analizan las especies vegetales que favorecen el enfriamiento de los ambientes interiores y determinan que las *plantas trepadoras* son eficaces en las fachadas verdes ya que generan confort térmico.

1.5.2.4. Chimeneas solares

“Dimensiones de una chimenea solar” (Giraldo y Herrera, 2017, pág. 6), determinan que las dimensiones de las *chimeneas solares* deben ser menor de 1m y deben tener una pendiente de 30° que generó confort en el interior de los espacios.

“Dimensiones de una chimenea solar” (Giraldo y Herrera, 2017, pág. 6)

Giraldo y Herrera (2017), determinan que las dimensiones de las *chimeneas solares* que presentan la altura con mayor dimensión del ancho, favorecen el enfriamiento pasivo de manera eficiente los ambientes de una edificación.

1.5.2.5. Protección solar

“Parasoles” (Flores, Esteves y Filippin, 2014, pág. 5), indican que los *parasoles* permiten sombreado que mejora la sensación térmica en el edificio generando el enfriamiento pasivo y favorecen la protección solar otorgando confort térmico en el interior de los espacios.

“Voladizos” (Beltrán, García y Dufrasnes, 2017, pág. 11), indican que el diseño de *voladizos* facilita la protección solar necesaria para permitir una mayor ventilación en una edificación que facilita el enfriamiento pasivo.

1.5.2.6. Evapotranspiración de las plantas

“Evapotranspiración de las plantas” (Osuna, Herrera y López, 2017, pág. 5), analizan la dimensión *evapotranspiración de las plantas* que producen los árboles cercanos o fachadas verdes de la edificación y se establecen beneficios como el enfriamiento de ambientes interiores del mismo objeto arquitectónico.

1.5.1.2.7. Sombreado que mejora la sensación térmica

“Sombreado que mejora la sensación térmica” (Muñoz y Torres, 2013, pág. 11), mencionan que la dimensión *sombreado que mejora la sensación térmica* se manifiesta de manera eficiente en técnicas que contienen vegetación, puesto que reducen las temperaturas altas en el interior de los ambientes.

“Sombreado que mejora la sensación térmica” (Osuna, Herrera y López, 2017, pág. 14), analizan la dimensión *sombreado que mejora la sensación térmica* y determinan que reduce el aumento de la humedad y a la vez otorga bajas temperaturas en el interior de la edificación, debido a la capacidad de evapotranspiración de las plantas.

“Sombreado que mejora la sensación térmica” (Osuna, Herrera y López, 2017, pág. 4), analizan la dimensión *sombreado que mejora la sensación térmica* y determinan que, gracias a las propiedades evaporativas de las hojas, se reduce el calor existente en el interior de la edificación.

1.5.2.8. Techo plantado

“Techo plantado” (Osuna, Herrera y López, 2017, pág. 4), analizan la dimensión *techo plantado* y determinan que cumplen el rol de protectores solares impidiendo el pase de altas temperaturas en el interior de una edificación ya que repercute en el enfriamiento de los ambientes interiores.

“Techo plantado” (Osuna, Herrera y López, 2017, pág. 4), analizan la dimensión *techo plantado* y determinan la importancia de la vegetación para la reducción de calor en el interior de una edificación ya que la evapotranspiración de las plantas facilita el confort.

1.5.2.9. Envolverte tradicional

“Envolverte tradicional” (Mercado, Barea, Esteves y Filippin, 2018, pág. 4), mencionan que la dimensión *envolverte tradicional* reduce temperaturas altas dentro de una edificación que permite confort térmico, gracias a la capacidad térmica que posee.

A manera de resumen, los criterios encontrados relacionados con las dimensiones de la variable *estrategias de enfriamiento pasivo* son los siguientes:

Dimensiones	Criterios	Autores
Ventilación natural	<p>Paredes dobles, proporción de vanos, abertura de vanos en diferencia de niveles para ventilación cenital, ventanas con dirección hacia los vientos predominantes, abertura de vanos en caras opuestas para ventilación cruzada.</p>	<p>Mello, et al., 2017, pág. 7; Mercado, Barea, Esteves y Filippin, 2018, pág. 2.</p>
Chimeneas solares	<p>Proporción de $\frac{1}{2}$ para las dimensiones largo por ancho de las chimeneas solares.</p>	<p>Giraldo y Herrera, 2017, pág. 3, 5.</p>
Enfriamiento pasivo evaporativo directo	<p>Muros verdes, plantas trepadoras, sombreado que mejora la sensación térmica, evapotranspiración de las plantas.</p>	<p>Mello, et al., 2017, pág. 7; Herrera, 2014, pág. 4; Muñoz y Torres, 2013, pág. 11; Osuna, Herrera y López, 2017, pág. 4, 5 y 14.</p>
Enfriamiento pasivo evaporativo indirecto	<p>Techo plantado, cubierta estanque, evapotranspiración de las plantas.</p>	<p>Mello, et al., 2017, pág. 8; Herrera, 2014, pág. 4; Osuna, Herrera y López, 2017, pág. 4 y 5.</p>

Orientación solar de volúmenes	Orientación intermedia del volumen respecto al norte y este.	Mello et al., 2017, pág. 6; Flores, Esteves y Filippin, 2014, pág. 6.
Aprovechamiento de la inercia térmica de materiales	Aprovechamiento de la inercia térmica de la madera, el hormigón, el ladrillo de arcilla, poliuretanos y los vidrios dobles. Uso de paredes dobles.	Beltrán, García y Dufrasnes, 2017, pág. 6; Giraldo y Herrera, 2017, pág. 22.
Fachadas ventiladas vegetales	Plantas trepadoras, sombreado que mejora la sensación térmica	Muñoz y Torres, 2013, pág. 4, 5 y 11; Osuna, Herrera y López, 2017, pág. 14.
Protección solar	Envolvente tradicional, uso de parasoles, diseño de voladizos, fachadas ventiladas, orientación solar del edificio.	Domínguez, Durand y Domínguez, 2013, pág. 2; Mercado, Barea, Esteves y Filippin, 2018, pág. 4.
Enfriamiento radiactivo nocturno	Cubierta estanque, aislamiento térmico de materiales como el poliuretano.	Flores, Esteves, Filippin, 2014, pág. 7; Giraldo y Herrera, 2017, pág. 5 y 22.
Masa térmica	Envolvente tradicional para reducir altas temperaturas internas.	Flores, Esteves y Filippin, 2014, pág. 4 y 5; Herrera, 2017, pág. 5.

Fachadas ventiladas	Generación de cámara de aire o separación del edificio de la fachada ventilada.	Domínguez, Durand y Domínguez, 2013, pág. 2
Superficies colectoras	Techo plantado, cubierta estanque	Flores, Esteves y Filippin, 2014, pág. 7; Osuna, Herrera y López, 2017, pág. 4
Dirección de vientos predominantes en horarios nocturnos	Ventanas con dirección a vientos predominantes nocturnos.	Mercado, Barea, Esteves y Filippin, 2018, pág. 3

Elaboración propia.

1.5.2. Dimensiones y criterios excluidos

Al realizar la revisión sistemática de los antecedentes teóricos y arquitectónicos, se encontraron dimensiones como *humedades relativas altas*, *enfriamiento radiactivo nocturno* y criterios como *plantas trepadoras*, *velocidad del aire* que se excluyen porque (a) no tienen una connotación arquitectónica (b) no son fácilmente apreciables en un modelado 3D.

Además, se hallaron dimensiones que se adaptan como criterios de aplicación de la variable por la repercusión que tienen en la presente investigación.

1.5.3. Criterios de aplicación de la variable *estrategias de enfriamiento pasivo*

Criterios de aplicación	Autores
(1) Aplicación de fachadas ventiladas de tipo ortogonal en dirección a los vientos predominantes.	Domínguez, Durand y Domínguez, 2013, pág. 2 y 11; Muñoz y Torres, 2013, pág. 4 y 5
(2) Aplicación de muros verdes en las fachadas ubicadas al este y oeste compuesto por plantas trepadoras.	Mello et. al., 2017, pág. 12; Muñoz y Torres, 2013, pág. 4 y 5
(3) Aplicación de protectores solares como voladizos, cortasoles y volados mediante la suspensión del volumen verticales u horizontales.	Beltrán, M., García, J. y Dufrasnes, E., 2017, pág. 11
(4) Uso de vanos con dirección a perpendicular a los vientos predominantes con forma ortogonal regular.	Beltrán, M., García, J. y Dufrasnes, E., 2017, pág. 8; Mello et. al., 2017, pág. 6; Flores, M., Esteves, A., Filippin, C., 2014, pág. 6; Mercado, M., Barea, G., Esteves, A. y Filippin, C., 2018, pág. 3

- (5) Uso de madera, piedra o ladrillos de arcilla en la envolvente como aislantes térmicos. Beltrán, M., García, J. y Dufrasnes, E., pág. 5 y 6
- (6) Uso de aberturas de vanos en las diferencias de alturas mediante volúmenes en secuencia. Beltrán, M., García, J. y Dufrasnes, E., 2017, pág. 2
- (7) Aplicación de techo plantado apoyado en las superficies de mayor incidencia solar. Flores, M., Esteves, A., Filippin, C., 2014, pág. 1, 7 y 8
- (8) Aprovechamiento del sombreado de la arborización cercana a la edificación en el exterior e interior. Muñoz, L. y Torres, R., 2013, pág. 11
- (9) Utilización de abertura de vanos en caras opuestas a manera de ventilación cruzada. Flores, M., Esteves, A., Filippin, C., 2014, pág. 7; Mello et. al., 2017, pág. 7 y 8; Mercado, Barea, Esteves y Filippin, 2018, pág. 2
- (10) Utilización de chimeneas solares o ductos de ventilación con efecto chimenea perpendicular a los vientos predominantes. Giraldo, Herrera, 2017, pág. 3 y 5
- (11) Uso de vidrios dobles en las fachadas con mayor incidencia solar como material tradicional aislante. Beltrán, M., García, J. y Dufrasnes, E., pág. 5 y 6; Mercado, M., Barea, G., Esteves, A. y Filippin, C., 2018, pág. 4
- (12) Adecuación de volúmenes euclidianos orientados con relación al recorrido solar. Mello et al., 2017, pág. 6; Flores, Esteves y Filippin, 2014, pág. 6.

Elaboración propia.

CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

La presente investigación se divide en dos fases:

Primera fase, revisión documental.

Método: Revisión de artículos primarios sobre investigaciones científicas.

Propósito:

- Identificar definiciones, dimensiones y criterios de aplicación arquitectónica de la variable.

Las dimensiones de la variable son las partes en las cuales dividir la variable para mejorar su comprensión. Los criterios de aplicación arquitectónica de la variable describen la modalidad de utilizar la variable en un diseño arquitectónico.

Materiales: muestra de artículos (9 investigaciones primarias entre artículos e investigaciones y tesis).

Procedimiento: identificación de las dimensiones y criterios de aplicación arquitectónicos más frecuentes que caracterizan la variable.

Segunda fase, análisis de casos arquitectónicos.

Tipo de investigación.

- Según su profundidad: investigación descriptiva por describir el comportamiento de una variable en una población definida o en una muestra de una población.

- Por la naturaleza de los datos: investigación cualitativa por centrarse en la obtención de datos no cuantificables, basados en la observación.

- Por la manipulación de la variable es una investigación no experimental, basada fundamentalmente en la observación.

Método: Análisis arquitectónico de los criterios de aplicación arquitectónicos de la variable en planos, gráficos y fotografías.

Propósito:

- Identificar los criterios de aplicación arquitectónicos en hechos arquitectónicos reales para validar su pertinencia y funcionalidad.

Materiales: 5 hechos arquitectónicos seleccionados por ser homogéneos, pertinentes y representativos.

Procedimiento:

- Identificación de criterios arquitectónicos de aplicación de la variable en hechos arquitectónicos.

- Elaboración de cuadro de resumen de validación de los criterios arquitectónicos de aplicación de la variable.

2.2 Presentación de casos arquitectónicos

- Empresa de Desarrollo Urbano
- Edificio Terry Thomas
- Oficina de ventas de Vanke
- Centro Cultural Alcalde Juan Estay
- Centro Cultural El Tranque

2.2.1. Empresa de Desarrollo Urbano



Figura 01. Vista principal de la Empresa de Desarrollo Urbano
Fuente: Arango (2016)

La Empresa de Desarrollo Urbano (EDU) de Medellín, Colombia; fue diseñada por el Arq. John Ortiz en el año 2016. Es una intervención realizada por la empresa pública, el sector privado y Salmaan Craig como consultor independiente quién apuesta por impulsar la generación de edificios públicos sostenibles bajo el concepto de edificios que respiran. El Ing. Craig declaró recientemente que el proyecto tenía un enfoque en la implementación de elementos o sistemas no convencionales para facilitar el enfriamiento pasivo de la edificación (Ángel, 2016) y de esa manera, resolver la problemática de altas temperaturas del lugar donde se emplaza el hecho arquitectónico.

Este caso arquitectónico es seleccionado, porque proporciona información oportuna para el análisis correspondiente ya que posee en un 75% los criterios de aplicación que valida los criterios de aplicación de la variable de la presente investigación.

2.2.2. Edificio Terry Thomas



Figura 02. Vista principal del Edificio Terry Thomas
Fuente: Hanson (2018)

El edificio Terry Thomas, fue diseñado por el Arq. Weber Thompson en el año 2008, ubicado en Seattle, EE. UU. Es un proyecto que implementó diversas estrategias bioclimáticas y se destaca el aprovechamiento de los vientos predominantes que facilitaron el enfriamiento pasivo sin necesidad del uso de ventilación mecánica (Videla, 2018). Así mismo, se priorizó el uso de materiales reciclados específicamente, los que permitan una buena calidad de aire en el interior de sus espacios.

Este proyecto es seleccionado porque posee elementos relacionados con los criterios de aplicación que de la variable de la presente investigación. Además, es un caso representativo ya que se le otorgó la certificación LEED por los criterios bioclimáticos pasivos que se usó en el diseño y la ejecución del proyecto.

2.2.3. Oficina de ventas de Vanke



*Figura 03. Vista principal de la Oficina de ventas de Vanke.
Fuente: FCHA (2015)*

La Oficina de ventas de Vanke, es un proyecto diseñado por la firma Fangcheng Design Arquitectos en el año 2015, ubicado en Dongguan, China. Es un edificio de oficinas de uso mixto cuya finalidad principal es la integración al entorno y por ende se incluyeron elementos el enfriamiento pasivo, como los techos plantados transitables y el uso de materiales aislantes en la envolvente.

Este proyecto es seleccionado porque proporciona información pertinente y posee requisitos de homogeneidad ya que posee en un 75% los criterios de aplicación de la variable de la presente investigación.

2.2.4. Centro Cultural Alcalde Juan Estay



Figura 04. Vista principal del Centro Cultural Alcalde Juan Estay
Fuente: Valencia (2015)

El Centro Cultural Alcalde Juan Estay, fue diseñado por la Arq. Cazú Zegers en el año 2015 y está ubicado en Santiago de Chile, Chile. Es un proyecto social que responde a la necesidad de la comuna de Puente Alto y posee espacios que se adaptan a la climatología del lugar, es por ello que para el optimizar el confort de los usuarios, se implementaron elementos para mejorar la sensación térmica dentro de los ambientes del proyecto, facilitando en el enfriamiento pasivo de los ambientes.

Este proyecto es seleccionado porque posee en un 65% los criterios de aplicación que garantizan la profundización en el análisis de casos correspondiente de la variable de la presente investigación.

2.2.5. Centro Cultural El Tranque



Figura 05. Vista principal del Centro Cultural El Tranque
Fuente: Vargas (2017)

El Centro Cultural El Tranque, fue diseñado por la firma BIS Arquitectos (Pedro Bartolomé y José Spichiger) en el año 2015, ubicado en Santiago de Chile, Chile. El diseño plantea la integración del edificio desde exterior hacia el interior. Además, debido al aprovechamiento de los vientos predominantes, la implementación de techo plantado y la generación del patio interior en el diseño del edificio entre otros elementos, se selecciona este hecho arquitectónico para el análisis de casos correspondiente puesto que posee criterios de diseño orientados al enfriamiento pasivo del edificio.

2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Para la recolección de datos correspondiente al análisis de casos, se usará el modelo de la ficha utilizada para análisis de casos (Ver Anexo N°6) que posee dos partes que facilitan la extracción de datos correspondiente para cada caso, en la primera parte, se describen datos generales del proyecto, en la segunda parte, se describe la relación del proyecto con la variable a investigar, y se detallarán los criterios de aplicación encontrados en los casos de estudio.

Se elige este instrumento puesto que, es claro y preciso para demostrar la correspondencia entre la variable a investigar y los casos de estudio para la presente investigación.

2.4 Matriz de consistencia

Tabla N° 01. *Matriz de consistencia*

Criterios de diseño de espacios que otorgan estrategias de enfriamiento pasivo para ambientes culturales.

Problema	Objetivo	Variable	Indicadores
		Estrategias de enfriamiento pasivo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicación de fachadas ventiladas de tipo ortogonal en dirección a los vientos predominantes. 2. Aplicación de muros verdes en las fachadas ubicadas al este y oeste compuesto por plantas trepadoras. 3. Aplicación de protectores solares como voladizos, cortasoles y volados mediante la suspensión del volumen verticales u horizontales. 4. Uso de vanos con dirección perpendicular a los vientos predominantes con forma ortogonal regular. 5. Uso de la madera, piedra o ladrillo de arcilla en la envolvente como aislantes térmicos. 6. Uso de aberturas de vanos en las diferencias de alturas mediante volúmenes en secuencia. 7. Aplicación de techo plantado apoyado en las superficies de mayor incidencia solar. 8. Aprovechamiento del sombreado de la arborización cercana a la edificación en el exterior e interior. 9. Utilización de abertura de vanos en caras opuestas a manera de ventilación cruzada. 10. Utilización de chimeneas solares o ductos de ventilación con efecto chimenea orientados de manera perpendicular a los vientos predominantes. 11. Uso de vidrios dobles en las fachadas con mayor incidencia solar como material tradicional aislante. 12. Adecuación de volúmenes euclidianos orientados con relación al recorrido solar.

Elaboración propia

CAPÍTULO 3 RESULTADOS

3.1 Análisis de casos arquitectónicos

3.1.1. Caso N° 1 Empresa de Desarrollo Urbano

Tabla N° 2

Ficha de análisis del caso arquitectónico 1

IDENTIFICACIÓN

Nombre del proyecto: Empresa de Desarrollo Urbano de Medellín

Ubicación: Medellín, Colombia

Naturaleza del edificio: Oficinas

Fecha de construcción:
2016

Función del edificio:
Planificación de
proyectos de la ciudad.

AUTOR

Nombre del Arquitecto: Arq. John Ortiz

DESCRIPCIÓN

Área Techada: 3 660m²

Área total: 2 300m²

VARIABLE DE ESTUDIO

El caso se diseñó con la finalidad de reducir las altas temperaturas del clima Medellinense mediante estrategias de enfriamiento pasivo.

RELACIÓN CON LOS CRITERIOS DE APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.	Fachadas ventiladas.	-
2.	Muros verdes en las fachadas ubicadas al este y oeste.	-.
3.	Protectores solares	Uso de volados en el volumen que divide el proyecto en tres bloques. (Figura 8)
4.	Vanos con dirección a los vientos predominantes.	Posee vanos posicionados hacia los vientos predominantes diurnos y nocturnos. (Figura 6 y7)
5.	Madera, piedra o ladrillo de arcilla en la envolvente.	-
6.	Aberturas de vanos en las diferencias de alturas.	-
7.	Techo plantado	Posee vegetación en el último nivel del edificio. (Figura 9)
8.	Sombreado de la arborización cercana a la edificación.	Uso de vegetación en el exterior e interior del edificio para mejorar la sensación térmica. (Figura 10)
9.	Abertura de vanos en caras opuesta.	Uso de vanos de piso a techo contrapuestos que facilitan la ventilación cruzada. (Figura 11)
10.	Chimeneas solares o ductos de ventilación con efecto chimenea.	Uso de chimenea solar en la parte posterior del proyecto. (Figura 12)
11.	Vidrios dobles en fachadas con mayor incidencia solar.	-
12.	Volúmenes euclidianos orientados al recorrido solar.	La volumetría está diseñada de tal manera que el sol de verano no sobrecaliente el interior. (Figura 13 y 14)

Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 4: Vanos orientados hacia los vientos predominantes

El proyecto posee vanos orientados hacia los vientos predominantes tanto diurnos como nocturnos, es por ello la implementación de la piel arquitectónica que cumple la función de fachada ventilada en los cuatro frentes de la edificación bajo el concepto “edificios que respiran”. (Craig, 2016)



Figura 6. Criterios de aplicación del Caso 1
Fuente: Windfinder, Elaboración propia.

El viento predominante de la ciudad de Medellín proviene desde el este durante 11 meses, por lo que el edificio cumple garantiza una ventilación natural óptima. (Cedar Lake Ventures INC., 2019)



Figura 7. Criterios de aplicación del Caso 1
Fuente: Windfinder, Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 3: Protectores solares

Se hace uso de volados que subdividen la volumetría en tres que otorga sombra a las terrazas propuestas.

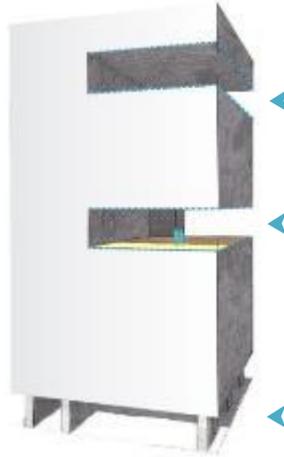


Figura 8. Criterios de aplicación del Caso 1
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 7: Techo plantado

La última planta de la edificación presenta dos secciones vegetales que cumplen la función de un techo plantado para mejorar la sensación térmica y reducir la isla de calor en la terraza expuesta directamente a la radiación solar. (EDU, 2016)



Figura 9. Criterios de aplicación del Caso 1
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 8: Sombreado de arborización cercana a la edificación

El proyecto está ubicado al costado del parque San Antonio (Medellín), por lo que la arborización propuesta en el diseño de la edificación y la existente del parque, son aprovechadas para refrescar los espacios interiores mediante el sombreado que produce la vegetación. (EDU, 2016)



Figura 10. Criterios de aplicación del Caso 1
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 9: Abertura de vanos en caras opuestas

El planteamiento del edificio es la propuesta de plantas libres en su totalidad, por lo que se compone de grandes vanos contrapuestos que garantizan la ventilación cruzada proporcionando espacios ventilados naturalmente.

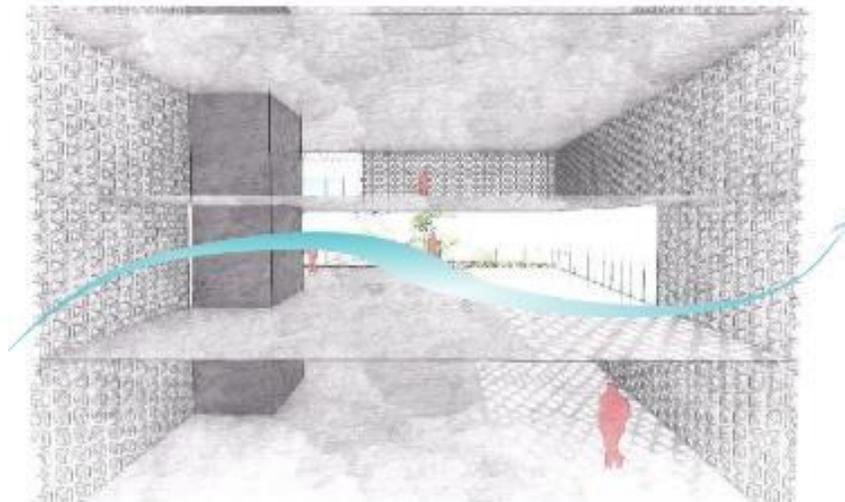


Figura 11. Criterios de aplicación del Caso 1
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 10: Chimeneas solares

La chimenea solar está conectada a todas las plantas del edificio que facilita la expulsión del aire interior y brinda aire fresco que es aspirado mediante los vanos gracias a la radiación solar.



Figura 12. Criterios de aplicación del Caso 1
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 12: Volúmenes euclidianos orientados con relación al recorrido solar.

El proyecto está ubicado en el hemisferio norte y consta de un volumen euclidiano que desde el diseño inicial se tomó en cuenta la orientación del volumen respecto al para garantizar la protección solar de la edificación.

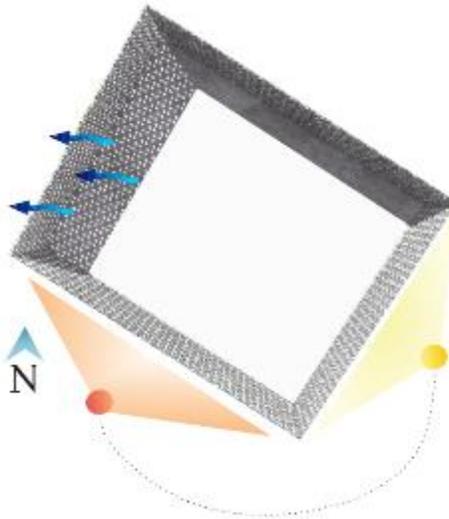


Figura 13. Criterios de aplicación del Caso 1
Fuente: Elaboración propia.

En este proyecto se hizo uso de la piel arquitectónica que facilita la ventilación, sin embargo, los volados cumplen eficientemente el papel de protectores solares para poder reducir la incidencia solar, se implementó una envolvente compacta que otorga protección solar al proyecto, como se muestra en la figura que fue tomada a las 9:00am. donde se verifica como los volados disminuyen el contacto directo con el sol.

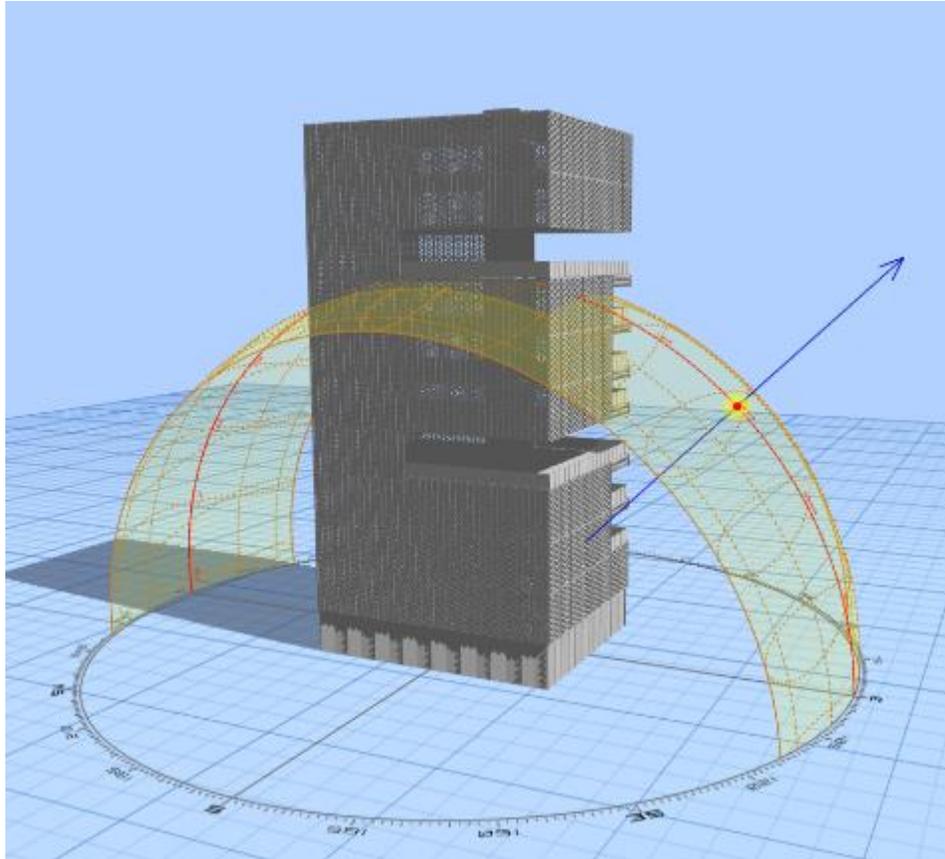


Figura 14. Criterios de aplicación del Caso 1
Fuente: Andrewmarsh.com, Elaboración propia

3.1.2. Caso N° 2 Edificio Terry Thomas

Tabla N° 4

Ficha de análisis del caso arquitectónico 2

IDENTIFICACIÓN

Nombre del proyecto: Terry Thomas

Ubicación: Seattle, EE. UU.

Fecha de construcción: 2008

Naturaleza del edificio: Comercio

Función del edificio: Oficinas

AUTOR

Nombre del Arquitecto: Arq. Weber Thompson

DESCRIPCIÓN

Área Techada: 3 760m²

VARIABLE DE ESTUDIO

El caso se diseñó para otorgar ambientes con una temperatura adecuada mediante la implementación de elementos que otorgan enfriamiento pasivo.

RELACIÓN CON LOS CRITERIOS DE APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1. Fachadas ventiladas con separación normativa.	Posee fachadas ventiladas en el frente principal y laterales del proyecto. (Figura 14)
2. Muros verdes en las fachadas ubicadas al este y oeste.	-
3. Protectores solares	Uso de cortasoles y voladizos en la fachada norte y sur. (Figura 17)
4. Vanos con dirección a los vientos predominantes.	Todas las ventanas se encuentran orientadas hacia los vientos predominantes diurnos y nocturnos. (Figura 15 y 16)
5. Madera, piedra o ladrillo de arcilla en la envolvente.	-
6. Aberturas de vanos en las diferencias de alturas.	-.
7. Techo plantado	-
8. Sombreado de la arborización cercana a la edificación.	Uso de vegetación como técnica de enfriamiento en el exterior y el interior del edificio. (Figura 18)
9. Abertura de vanos en caras opuesta.	Uso de vanos de piso a techo contrapuestos que facilitan la ventilación cruzada. (Figura 19)
10. Chimeneas solares o ductos de ventilación con efecto chimenea.	Uso de efecto chimenea solar mediante el patio central. (Figura 20)
11. Vidrios dobles en fachadas con mayor incidencia solar.	-
12. Volúmenes euclidianos orientados al recorrido solar.	El volumen se encuentra orientado al Norte para reducir temperaturas en el máximo clima de verano. (Figura 21)

Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 1: Fachadas ventiladas

El proyecto cuenta con certificación LEED, es por ello que uno de los criterios empleados en el diseño inicial del proyecto es el uso de fachadas ventiladas mediante la abertura de vanos de piso a techo en todo el volumen para facilitar la ventilación en el interior de los espacios. (Videla, 2018)



*Figura 14. Criterios de aplicación del Caso 2
Fuente: Elaboración propia.*

Criterio de aplicación N° 4: Vanos orientadas hacia los vientos predominantes

El proyecto posee vanos orientados hacia los vientos predominantes tanto diurnos como nocturnos, es por ello la implementación de fachadas vidriadas que cumplen la función de fachada ventilada en tres frentes principales de la edificación.

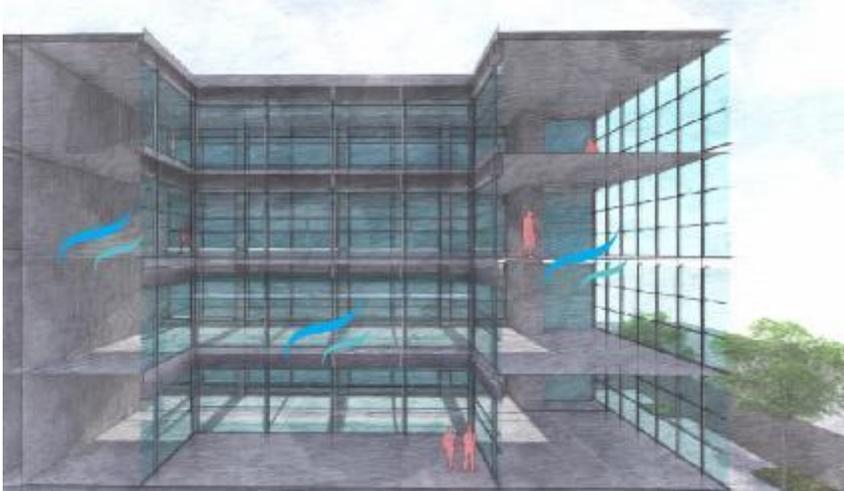


Figura 15. Criterios de aplicación del Caso 2
Fuente: Elaboración propia.

El viento predominante de la ciudad de Seattle proviene del sur durante casi 9.5 meses, por lo que el edificio posee una ubicación adecuada hacia los vientos predominantes garantizando ventilación natural óptima. (Cedar Lake Ventures INC., 2019)



Figura 16. Criterios de aplicación del Caso 2
Fuente: Windfinder.com

Criterio de aplicación N° 3: Protectores solares

El proyecto posee voladizos, cortasoles en las fachadas norte y sur de la edificación otorgando sombra que a la vez favorece el enfriamiento pasivo de los ambientes interiores. (Videla, 2018)

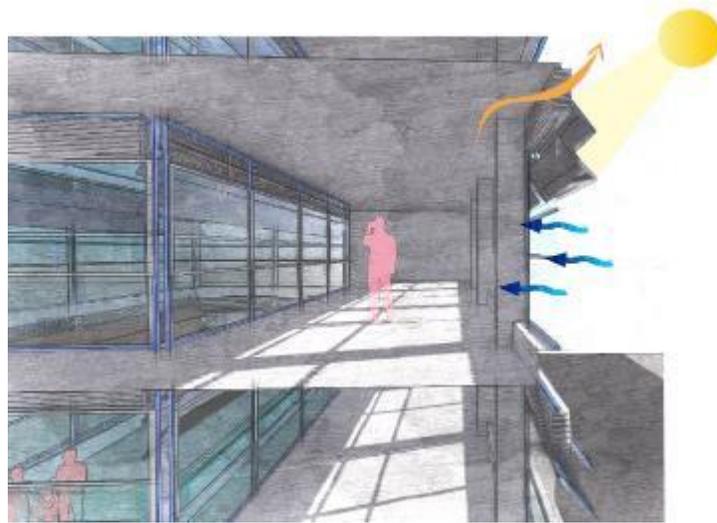


Figura 17. Criterios de aplicación del Caso 2
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 9: Sombreado de la arborización cercana a la edificación.

Se hace uso de la vegetación en el exterior y en el interior del edificio para reducir la isla de calor de tal manera que mejore la sensación térmica dentro del edificio y facilite el enfriamiento pasivo. (Videla, 2018)



Figura 18. Criterios de aplicación del Caso 2
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 9: Abertura de vanos en caras opuestas

El proyecto consta con vanos en caras opuestas que garantizan la ventilación cruzada proporcionando espacios ventilados naturalmente. (Videla, 2018)

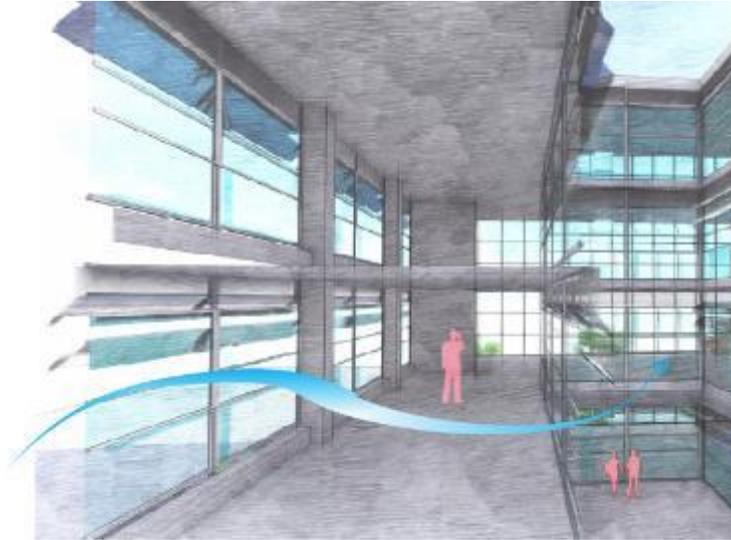


Figura 19. Criterios de aplicación del Caso 2
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 10: Chimeneas solares o ductos de ventilación con efecto chimenea

El proyecto posee un patio central que fue diseñado con la finalidad de otorgar un efecto chimenea que facilita la expulsión del aire interior y brinda aire fresco que es aspirado mediante los vanos a pesar de la radiación solar que calienta la chimenea. (Videla, 2018)

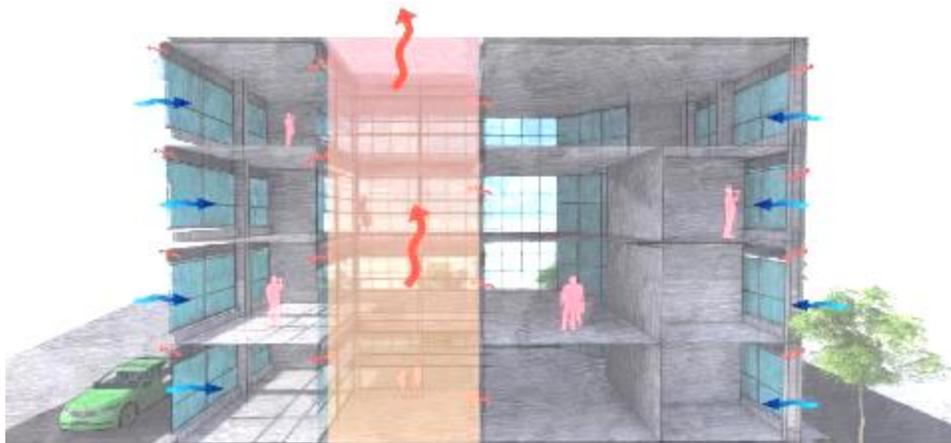
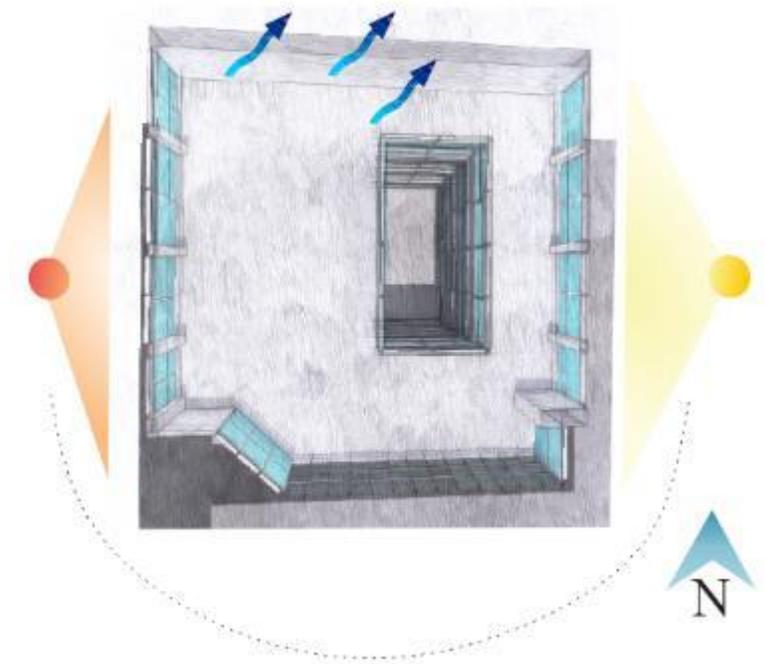


Figura 20. Criterios de aplicación del Caso 2
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 12: Volúmenes euclidianos orientados con relación al recorrido solar.

El proyecto se ubica en el hemisferio norte y consta de un volumen compacto abierto hacia el interior, que se emplaza en casi toda la superficie del terreno, sin embargo, desde el diseño inicial se tomó en cuenta la orientación del volumen respecto al Norte e incluso la zonificación correcta de los ambientes interiores para garantizar la protección solar.



*Figura 21. Criterios de aplicación del Caso 2
Fuente: Elaboración propia.*

3.1.3. Caso N° 3 Oficina de ventas de Vanke

Tabla N° 4

Ficha de análisis del caso arquitectónico 3

IDENTIFICACIÓN

Nombre del proyecto: Oficina de ventas de Vanke

Ubicación: Dongguan, China

Naturaleza del edificio: Oficinas

Fecha de construcción:
2015

Función del edificio:
Comercial

AUTOR

Nombre del Arquitecto: Arq. Fangcheng Design Arquitectos

DESCRIPCIÓN

Área Techada: 3 760m²

VARIABLE DE ESTUDIO

El caso se diseñó para otorgar ambientes con una temperatura adecuada mediante la implementación de elementos que otorgan enfriamiento pasivo.

RELACIÓN CON LOS CRITERIOS DE APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1. Fachadas ventiladas.	El proyecto presenta una fachada ventilada en el frente principal del edificio. (Figura 22)
2. Muros verdes en las fachadas ubicadas al este y oeste.	-
3. Protectores solares	El caso presenta la suspensión del volumen en el ingreso principal como eje jerárquico. (Figura 24)
4. Vanos con dirección a los vientos predominantes.	Todas las ventanas se encuentran orientadas hacia los vientos predominantes. (Figura 23)
5. Madera, piedra o ladrillo de arcilla en la envolvente.	-
6. Aberturas de vanos en las diferencias de alturas.	-
7. Techo plantado	Uso de techo plantado transitable en la edificación. (Figura 25)
8. Sombreado de la arborización cercana a la edificación.	-
9. Abertura de vanos en caras opuesta.	Uso de vanos de piso a techo contrapuestos que facilitan la ventilación cruzada. (Figura 26)
10. Chimeneas solares o ductos de ventilación con efecto chimenea.	-
11. Vidrios dobles en fachadas con mayor incidencia solar.	-
12. Volúmenes euclidianos orientados al recorrido solar.	El volumen se encuentra orientado al Norte para aumentar la protección solar tomando en cuenta el clima de verano. (Figura 27, 28 y 29)

Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 1: Fachadas ventiladas

Se hace uso de fachadas ventiladas en el frente más importante de la edificación para proporcionar en todo el volumen, la ventilación en el interior de los espacios. (FCHA, 2015)

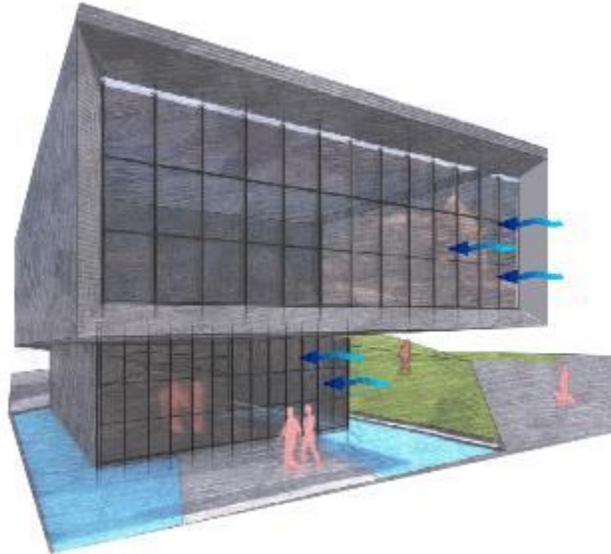


Figura 22. Criterios de aplicación del Caso 2
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 4: Vanos orientados hacia los vientos predominantes

El proyecto posee vanos orientados hacia los vientos predominantes, es por ello la implementación de vanos direccionados en el frente principal del edificio otorgando ventilación natural.

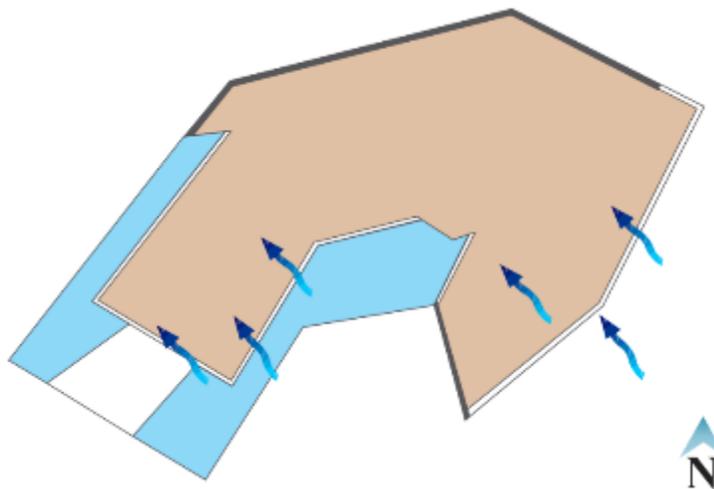


Figura 23. Criterios de aplicación del Caso 2
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 3: Protectores solares

Se hace uso de la suspensión del volumen que proporciona un volado en el frente principal de la edificación otorgando sombra y protección solar. (FCHA, 2015)



Figura 24. Criterios de aplicación del Caso 2
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 7: Techo plantado

El edificio cuenta con una cubierta verde transitable para generar la continuidad del parque existente y además logre reducir la isla de calor, otorgando enfriamiento pasivo en el interior de los espacios. (FCHA, 2015)

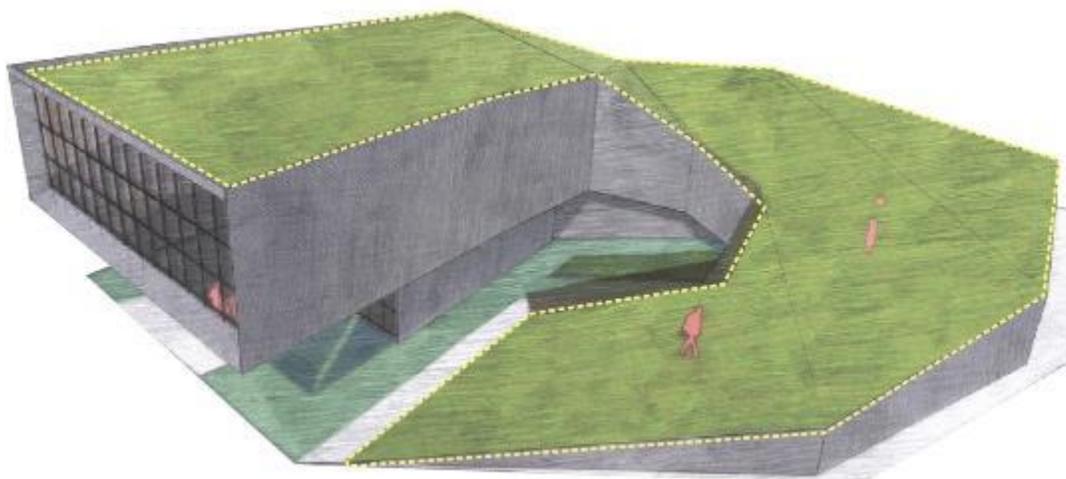


Figura 25. Criterios de aplicación del Caso 2
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 9: Abertura de vanos en caras opuestas

El proyecto presenta vanos contrapuestos que otorgan ventilación cruzada en el interior de los ambientes, que generan espacios ventilados naturalmente.

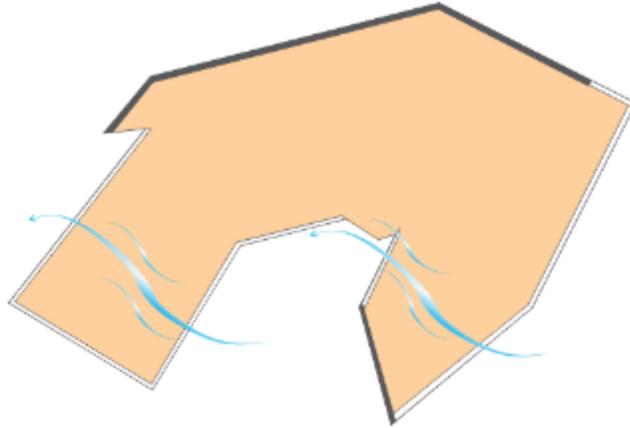


Figura 26. Criterios de aplicación del Caso 2
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 12: Volúmenes euclidianos orientados con relación al recorrido solar.

El proyecto consta de un volumen compacto irregular, que se emplaza en medio de un parque, se encuentra orientado respecto al Norte para garantizar la protección solar sobre todo en épocas de verano.

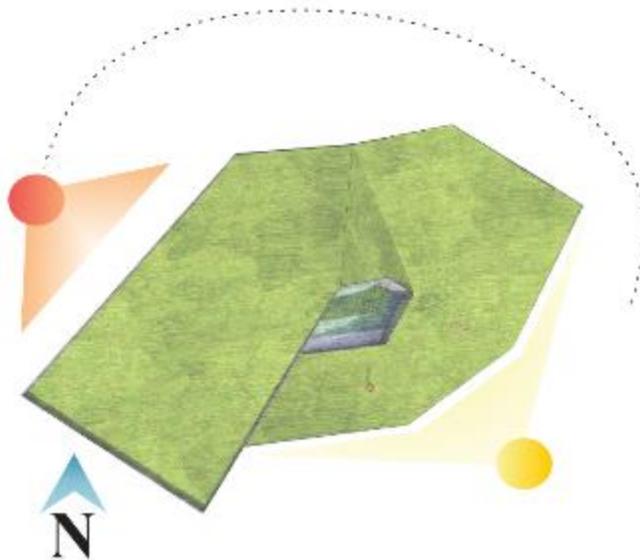


Figura 27. Criterios de aplicación del Caso 2
Fuente: Elaboración propia.

Para poder reducir la incidencia solar, se implementó una envolvente compacta que otorga protección solar al proyecto, como se muestra en la figura que fue tomada a las 9:00am. donde se verifica como las paredes evitan el contacto directo con el sol.

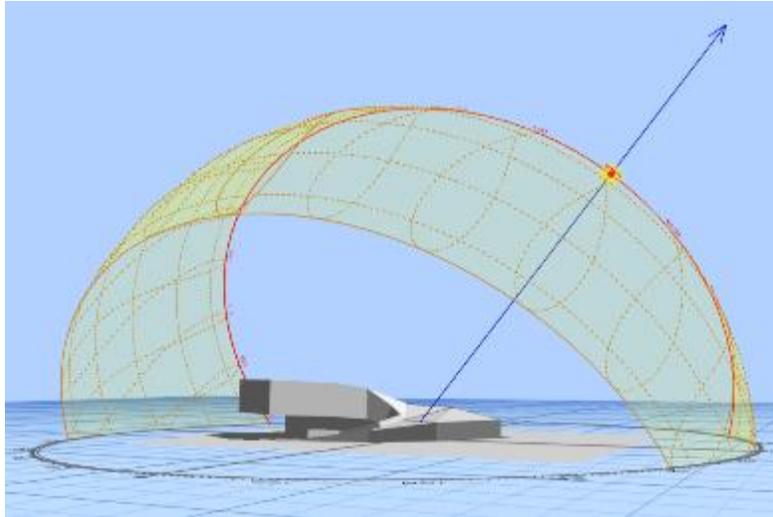


Figura 28. Criterios de aplicación del Caso 2
Fuente: Andrewmarsh.com.

A las 3:00pm., los rayos solares caen sobre la cubierta verde transitable que indica que la vegetación en esta hora del día puede reducir la isla de calor en el interior. Así mismo, el volado en el frente principal del proyecto protege la fachada oeste que es la más afectada por la incidencia solar.

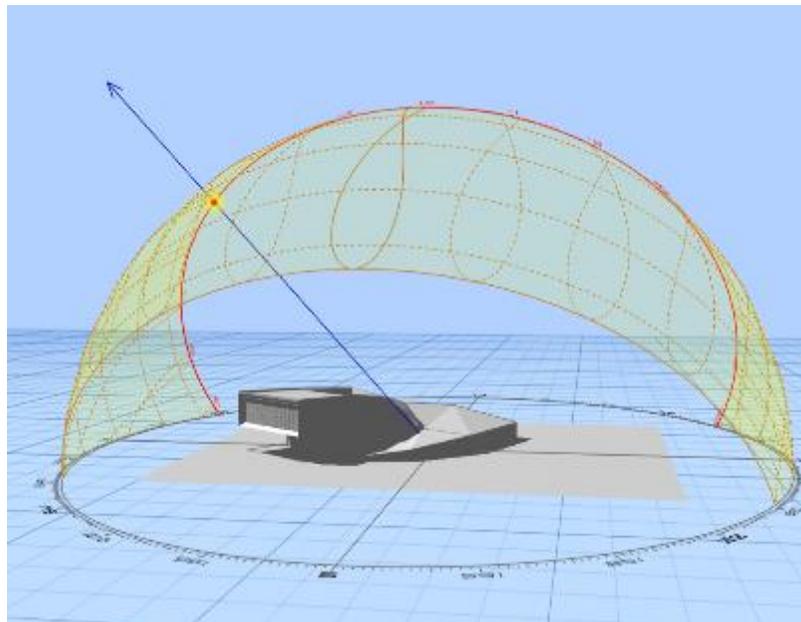


Figura 29. Criterios de aplicación del Caso 2
Fuente: Andrewmarsh.com.

3.1.4. Caso N° 4 Centro Cultural Juan Alcalde Estay

Tabla N° 5

Ficha de análisis del caso arquitectónico 4

IDENTIFICACIÓN

Nombre del proyecto: Centro Cultural Juan Alcalde Estay

Ubicación: Santiago de Chile, Chile

Fecha de construcción:
2015

Naturaleza del edificio: Cultural

Función del edificio:
Centro Cultural

AUTOR

Nombre del Arquitecto: Arq. Cazú Zegers

DESCRIPCIÓN

Área Techada: 2 300m²

Área no techada: 6 000m²

Área total: 8 300m²

VARIABLE DE ESTUDIO

El caso se diseñó para otorgar ambientes con una temperatura adecuada mediante la implementación de elementos que otorgan enfriamiento pasivo.

RELACIÓN CON LOS CRITERIOS DE APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

- | | |
|--|---|
| 1. Fachadas ventiladas. | - |
| 2. Muros verdes en las fachadas ubicadas al este y oeste. | Uso de muros verdes en la fachada del auditorio para reducir la temperatura interior. (Figura 31) |
| 3. Protectores solares | El caso presenta voladizos en los techos de la volumetría. (Figura 32) |
| 4. Vanos con dirección a los vientos predominantes. | Todas las ventanas se encuentran orientadas hacia los vientos predominantes diurnos y nocturnos. (Figura 33 y 34) |
| 5. Madera, piedra o ladrillo de arcilla en la envolvente. | Uso de madera y piedra en la fachada. (Figura 35) |
| 6. Aberturas de vanos en las diferencias de alturas. | Uso de vanos en diferencia de alturas para la ventilación del proyecto. (Figura 36) |
| 7. Techo plantado | Uso de cubiertas verdes para reducir la isla de calor. (Figura 37) |
| 8. Sombreado para mejorar la sensación térmica. | Uso de vegetación en el exterior e interior del edificio para mejorar la sensación térmica. (Figura 38) |
| 9. Abertura de vanos en caras opuesta. | Uso de vanos de piso a techo contrapuestos que facilitan la ventilación cruzada. (Figura 39) |
| 10. Chimeneas solares o ductos de ventilación con efecto chimenea. | - |
| 11. Vidrios dobles en fachadas con mayor incidencia solar. | Uso de vidrio doble en la fachada (Figura 40) |
| 12. Volúmenes euclidianos orientados al recorrido solar. | La volumetría se encuentra orientado al Norte. (Figura 41 y 42) |

Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 2: Muros verdes

El proyecto posee muros verdes en el exterior del auditorio ubicado en la parte posterior del terreno, el muro verde fue diseñado para reducir las temperaturas elevadas debido a la carga térmica y es considerada como técnica pasiva de enfriamiento. (Martínez, 2015)

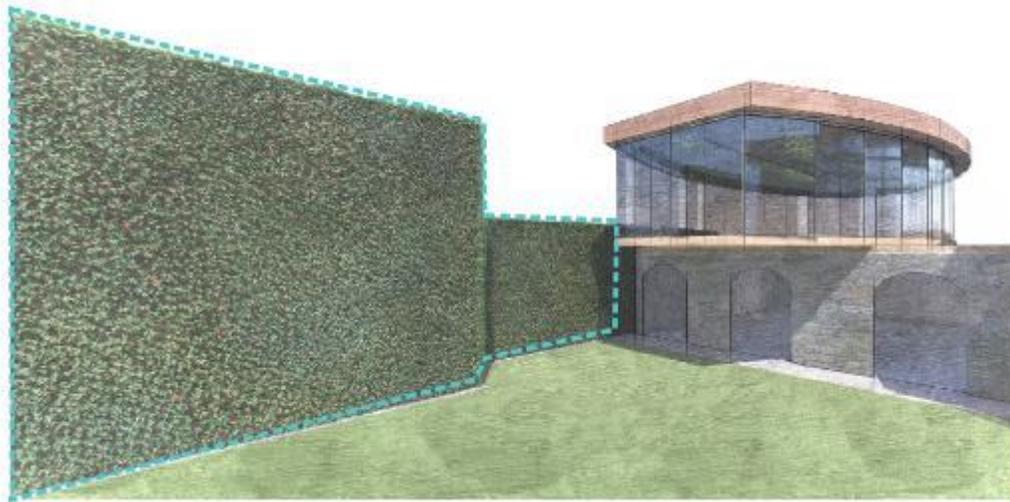


Figura 31. Criterios de aplicación del Caso 4
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 3: Protectores solares

Se hace uso de voladizos en los tres bloques compactos del segundo nivel, que proporciona sombra para los pasillos que se encuentran en el exterior del edificio principal.



Figura 32. Criterios de aplicación del Caso 4
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N°4: Vanos con dirección a los vientos predominantes

El volumen se encuentra ubicado en dirección hacia los vientos predominantes de tal manera que otorgue a la edificación una óptima ventilación natural.

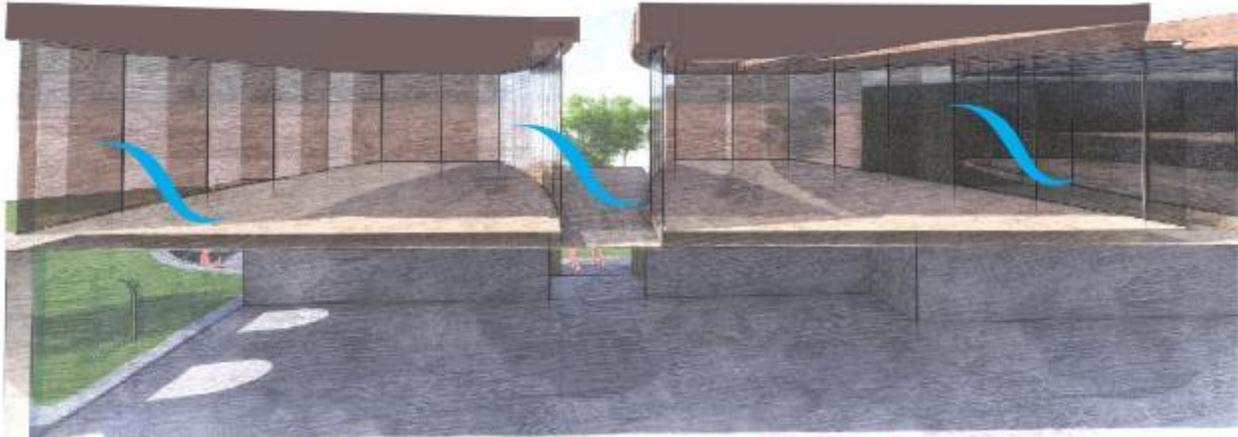


Figura 33. Criterios de aplicación del Caso 4
Fuente: Elaboración propia.

El viento predominante de la ciudad de Puente Alto, Santiago de Chile proviene del este durante casi 9 meses, por lo que el edificio posee una ubicación adecuada hacia los vientos predominantes garantizando ventilación natural óptima. (Cedar Lake Ventures INC., 2019)

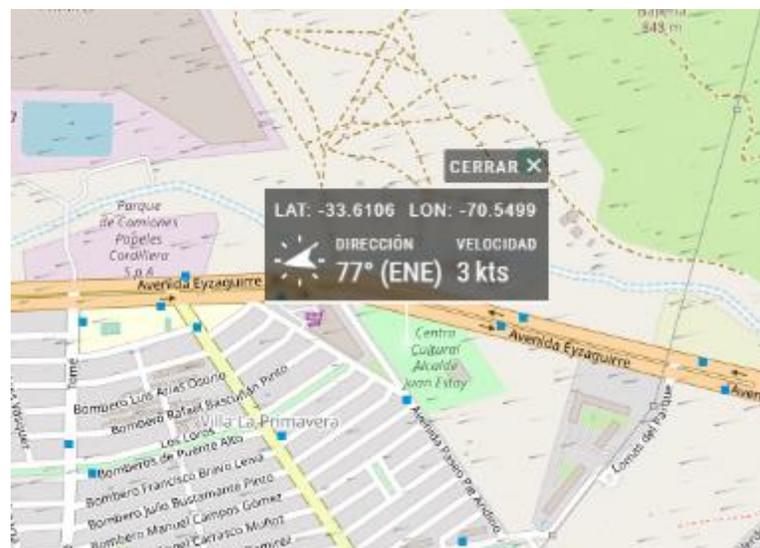
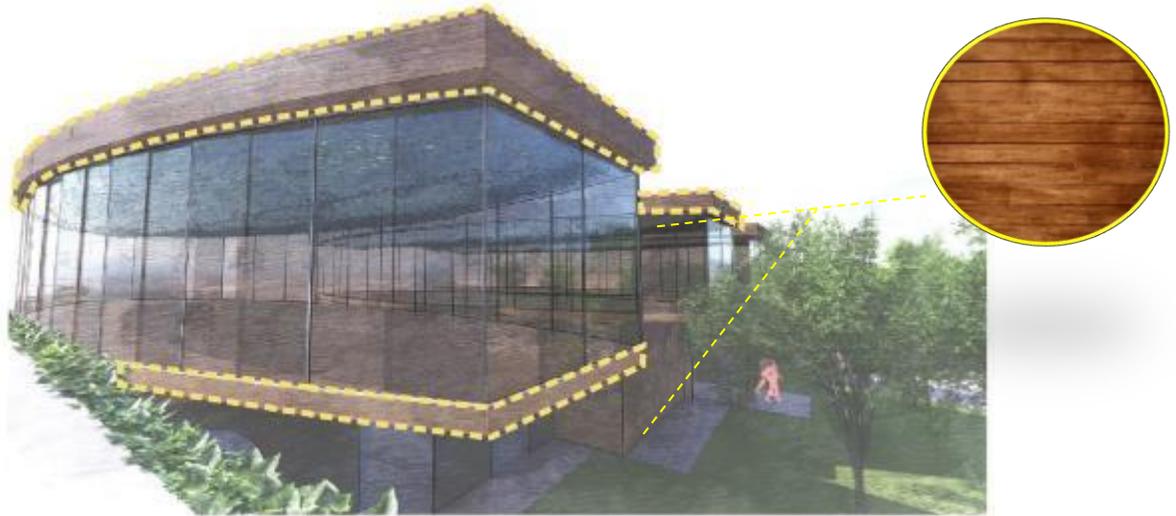


Figura 34. Criterios de aplicación del Caso 4
Fuente: Windfinder.com

Criterio de aplicación N°5: Uso de madera como aislante térmico

El proyecto posee materiales con aislamiento térmico como la madera usada en el interior y exterior de los tres bloques de difusión cultural, por su adaptabilidad al clima existente.

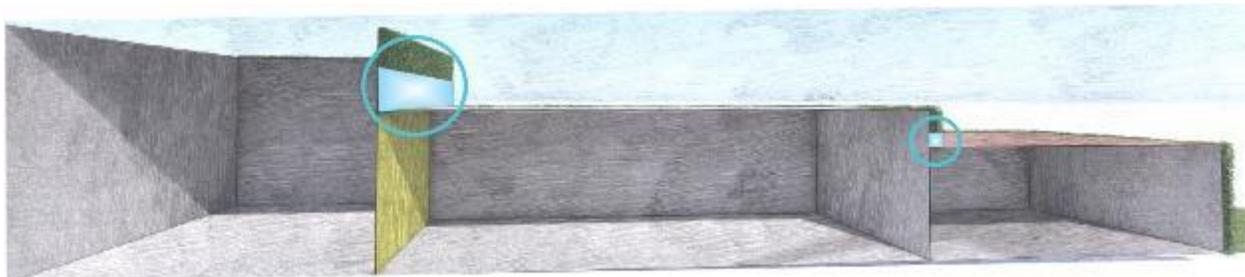
(Martínez, 2015)



*Figura 35. Criterios de aplicación del Caso 4
Fuente: Elaboración propia.*

Criterio de aplicación N°6: Aberturas de vanos en diferencias de alturas.

El volumen que conforma el auditorio presenta diferencia de niveles subdivididos en tres bloques y se aprovecha la diferencia de alturas para generar vanos que faciliten la ventilación y para reforzar, junto a jardines verticales.



*Figura 36. Criterios de aplicación del Caso 4
Fuente: Elaboración propia.*

Criterio de aplicación N° 7: Techo plantado

El edificio cuenta con una cubierta verde en los tres bloques de difusión cultural del edificio que fueron diseñados de tal manera que reduzca las altas temperaturas exteriores y facilite la ventilación natural en el interior. (Martínez, 2015)



Figura 37. Criterios de aplicación del Caso 4
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 8: Sombreado de la arborización cercana a la edificación

El proyecto está en un parque zonal de la comuna de Puente alto (Santiago de Chile) por lo que la arborización propuesta en el diseño de la edificación y la existente del parque, son aprovechadas para refrescar los espacios interiores mediante el sombreado que produce la vegetación. (Martínez, 2015)



Figura 38. Criterios de aplicación del Caso 4
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 9: Abertura de vanos en caras opuestas

El proyecto presenta vanos contrapuestos en los tres bloques principales como también en la primera planta, que otorgan ventilación cruzada en el interior de los ambientes, que generan espacios ventilados naturalmente. (Martínez, 2015)

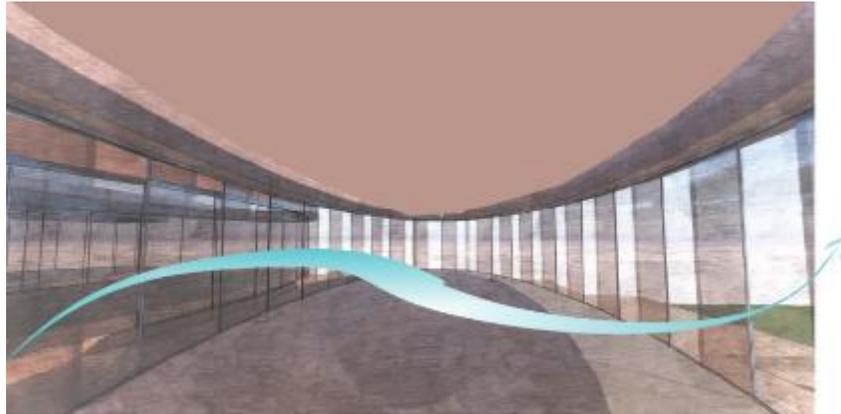


Figura 39. Criterios de aplicación del Caso 4
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 11: Vidrios dobles en fachadas con mayor incidencia solar

Al ser un proyecto destinado al uso comunitario se tuvieron en cuenta materiales tradicionales aislantes en la envolvente como el vidrio doble y la piedra que por su capacidad térmica facilita el enfriamiento en el interior. (Valencia, 2015)

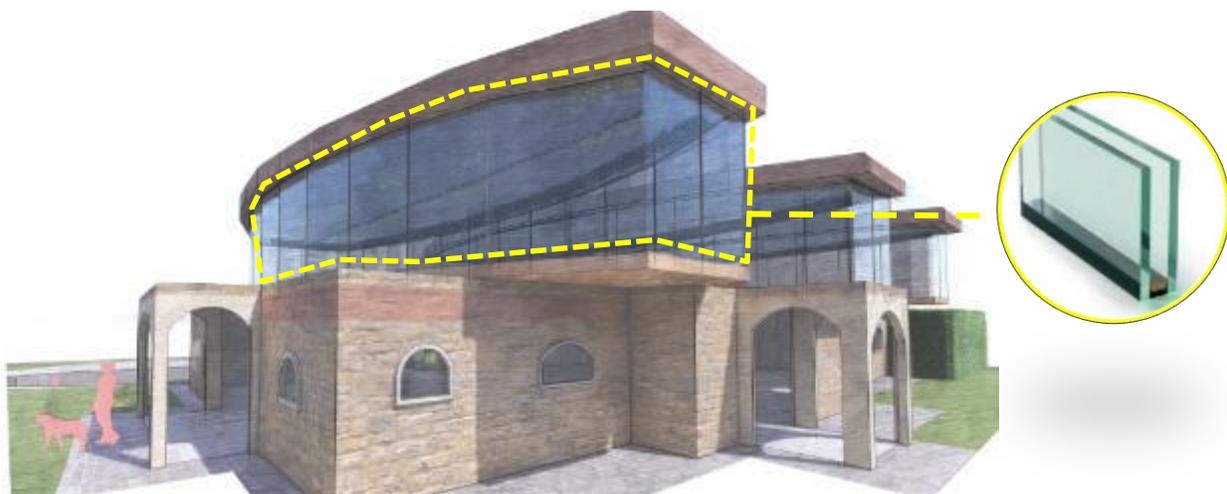


Figura 40. Criterios de aplicación del Caso 4
Fuente: Elaboración propia.

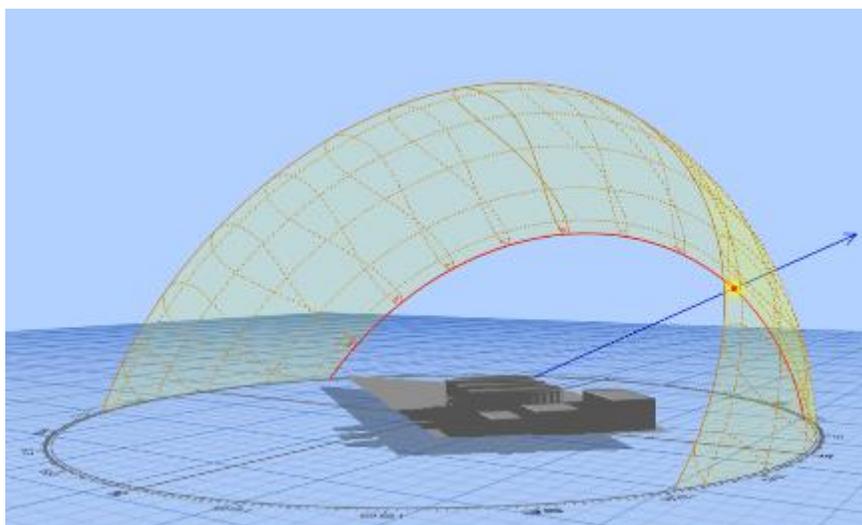
Criterio de aplicación N° 12: Volúmenes euclidianos orientados con relación al recorrido solar.

El proyecto consta con dos volúmenes que se conectan mediante un acceso peatonal y están diseñados teniendo en cuenta el recorrido solar para garantizar la protección solar de los ambientes exteriores e interiores.



*Figura 41. Criterios de aplicación del Caso 4
Fuente: Elaboración propia.*

Debido a la orientación de volúmenes, como se muestra en la figura tomada a las 9:00am., el ángulo de inclinación de la geometría solar no repercute de manera negativa en las fachadas del edificio, dando confort en el interior de los espacios.



*Figura 42. Criterios de aplicación del Caso 4
Fuente: Andrewmarsh.com*

3.1.5. Caso N° 5 Centro Cultural El Tranque

Tabla N° 6

Ficha de análisis del caso arquitectónico 5

IDENTIFICACIÓN

Nombre del proyecto: Centro Cultural El Tranque

Nombre del arquitecto:
BIS Arquitectos

Ubicación: Santiago de Chile, Chile

Fecha de construcción:
2015

Naturaleza del edificio: ...

Función del edificio: ...

AUTOR

Nombre del Arquitecto: BIS Arquitectos

DESCRIPCIÓN

Área Techada: 1 400m²

VARIABLE DE ESTUDIO

El caso se diseñó para otorgar ambientes con una temperatura adecuada mediante la implementación de un patio central interior y elementos que otorgan enfriamiento pasivo.

RELACIÓN CON LOS CRITERIOS DE APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1. Fachadas ventiladas.	Posee vanos de piso a techo que generan el efecto de fachada ventilada. (Figura 43)
2. Muros verdes en las fachadas ubicadas al este y oeste.	-
3. Protectores solares.	La fachada principal posee protectores solares. (Figura 44)
4. Vanos con dirección a los vientos predominantes.	Las ventanas del edificio están orientadas hacia los vientos predominantes. (Figura 45 y 46)
5. Madera, piedra o ladrillo de arcilla en la envolvente.	-
6. Aberturas de vanos en las diferencias de alturas.	-
7. Techo plantado	Posee techo verde de la zona administrativa del proyecto. (Figura 47)
8. Sombreado de la arborización cercana a la edificación.	-
9. Abertura de vanos en caras opuesta.	Posee ventilación cruzada en todos los ambientes del proyecto. (Figura 48)
10. Chimeneas solares o ductos de ventilación con efecto chimenea.	-
11. Vidrios dobles en fachadas con mayor incidencia solar.	Uso de vidrios dobles en fachada este y oeste (Figura 49)
12. Volúmenes euclidianos orientados al recorrido solar.	Los volúmenes apilados se encuentran orientados respecto al Norte. (Figura 50, 51 y 52)

Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 1: Fachadas ventiladas

Se hace uso de fachadas ventiladas mediante la abertura de vanos de piso a techo en todo el volumen para facilitar la ventilación en el interior de los espacios. (BiS Arquitectos, 2017)

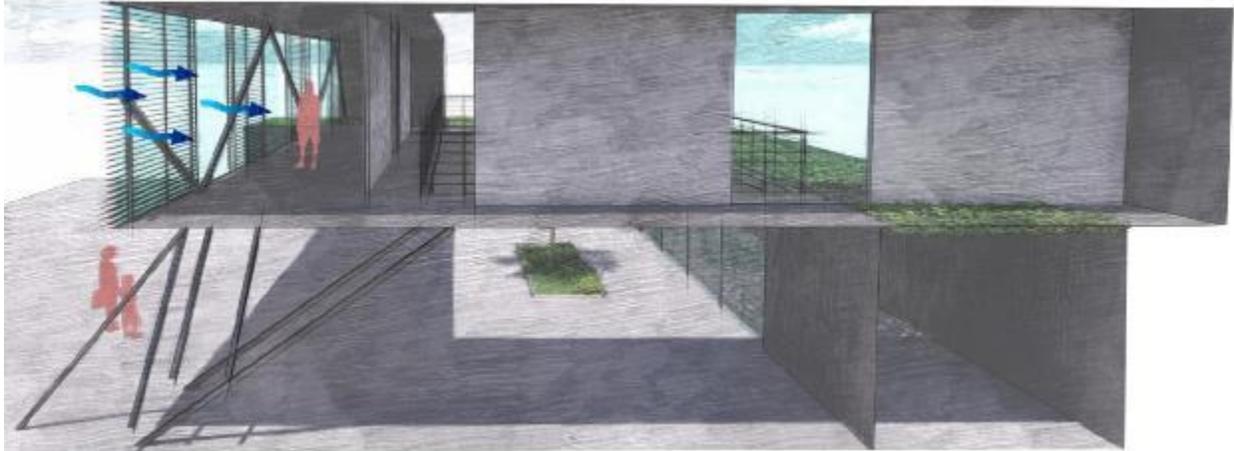


Figura 43. Criterios de aplicación del Caso 5
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 3: Protectores solares

Este proyecto hace uso de cortasoles, así mismo volados, para reducir la sensación térmica en el interior de los ambientes mediante la sombra proyectada. (BiS Arquitectos, 2017)

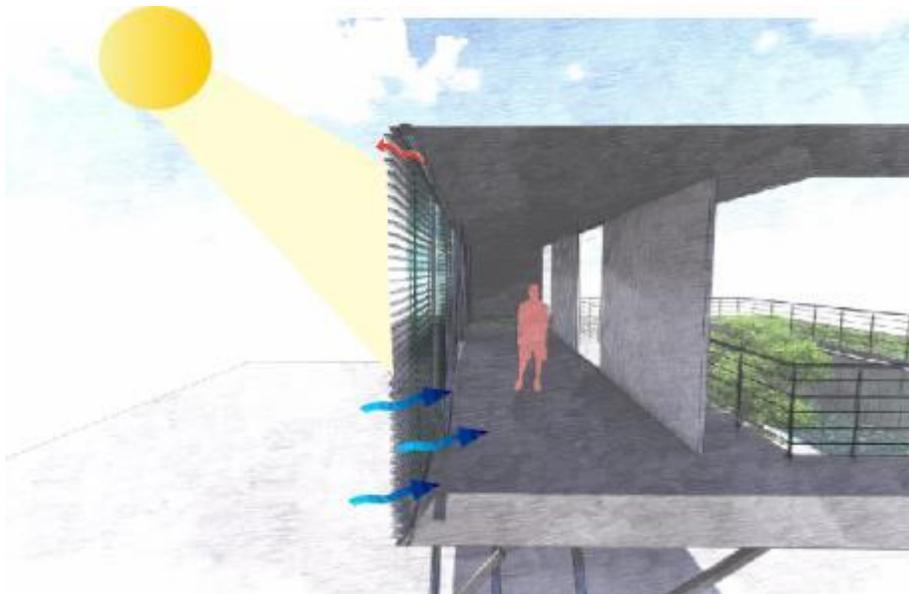
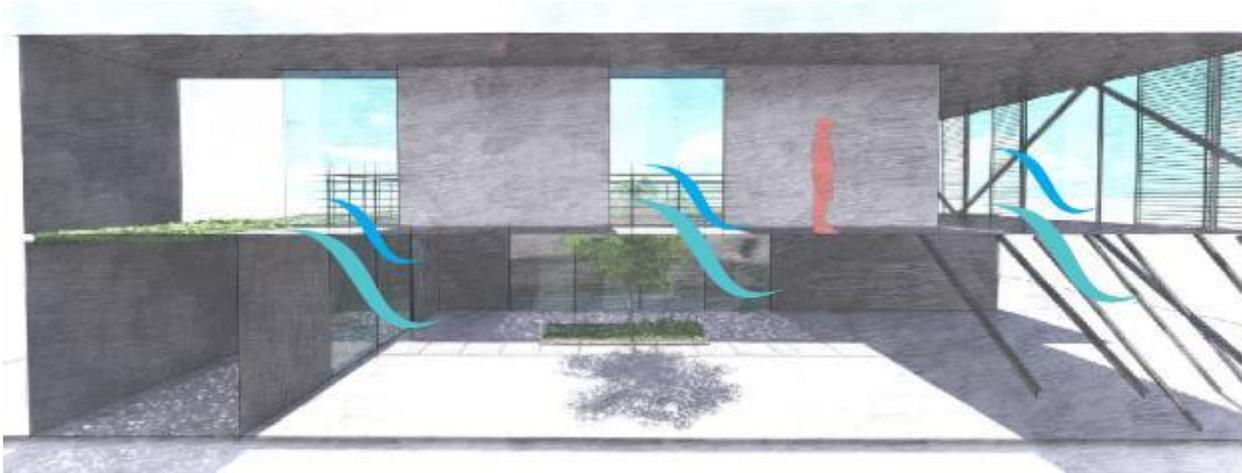


Figura 44. Criterios de aplicación del Caso 5
Fuente: Elaboración propia.

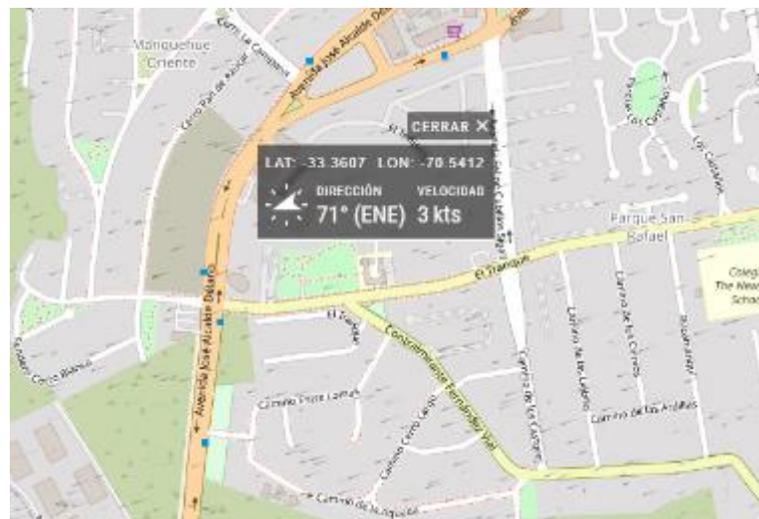
Criterio de aplicación N° 4: Vanos con dirección a vientos predominantes

El edificio cuenta con vanos orientados a los vientos predominantes de la zona y además posee un patio central que optimiza la ventilación natural.



*Figura 45. Criterios de aplicación del Caso 5
Fuente: Elaboración propia.*

El viento predominante de la ciudad de Lo Barnechea, Santiago de Chile proviene del este durante casi 9 meses, por lo que el edificio posee una ubicación adecuada hacia los vientos predominantes garantizando ventilación natural óptima. (Cedar Lake Ventures INC., 2019)



*Figura 46. Criterios de aplicación del Caso 5
Fuente: Elaboración propia.*

Criterio de aplicación N° 7: Techo plantado

El edificio cuenta con una cubierta verde encima de la zona administrativa del edificio que en la segunda planta es transitable que fue diseñado para la interacción con el público, pero proporciona a la vez enfriamiento al interior de los ambientes. (BiS Arquitectos, 2017)



Figura 47. Criterios de aplicación del Caso 5
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 9: Abertura de vanos en caras opuestas

El proyecto presenta vanos contrapuestos en la volumetría en el bloque superior izquierdo y el bloque inferior derecho, de tal manera que se logra ventilación cruzada que facilita el enfriamiento de los ambientes interiores.



Figura 48. Criterios de aplicación del Caso5
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 11. Vidrios dobles en fachadas con mayor incidencia solar.

Desde el diseño inicial del proyecto, se tomó en cuenta el uso de elementos que garanticen la protección solar de los ambientes facilitando el confort térmico en el interior de los ambientes por lo cual se utilizó vidrios dobles en los frentes más importantes del proyecto.



Figura 49. Criterios de aplicación del Caso 5
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de aplicación N° 12: Volúmenes euclidianos orientados con relación al recorrido solar.

Desde el diseño inicial del proyecto, se tomó en cuenta la orientación correcta de la volumetría para poder optimizar la protección solar teniendo en cuenta las altas temperaturas de verano.

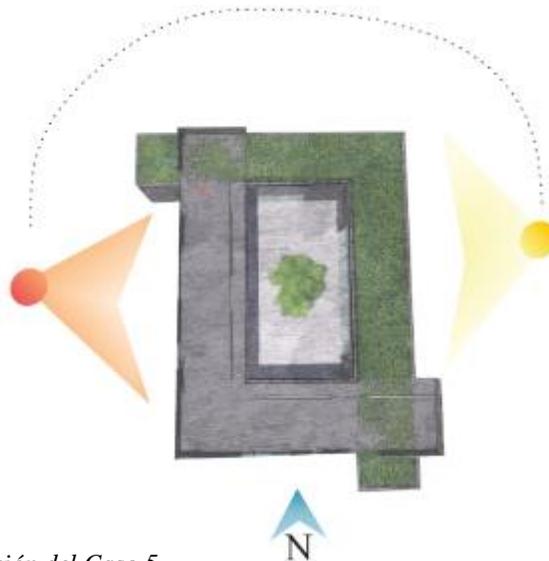


Figura 50. Criterios de aplicación del Caso 5
Fuente: Elaboración propia.

Para poder reducir la incidencia solar, se generó una fachada totalmente compacta que facilita la protección de la incidencia solar, como se muestra en la figura que fue tomada a las 9:00am. donde se verifica como las paredes evitan el contacto directo con el sol.

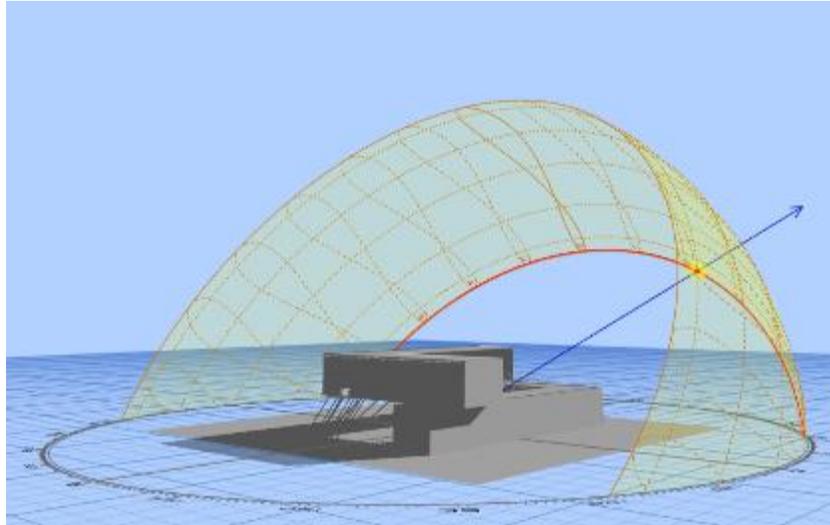


Figura 51. Criterios de aplicación del Caso 5
Fuente: Andrewmarsh.com

El proyecto a las 3:00pm., posee incidencia solar en la fachada oeste por lo que también se ratifica mediante el software utilizado que los protectores solares utilizados cumplen su rol eficientemente.

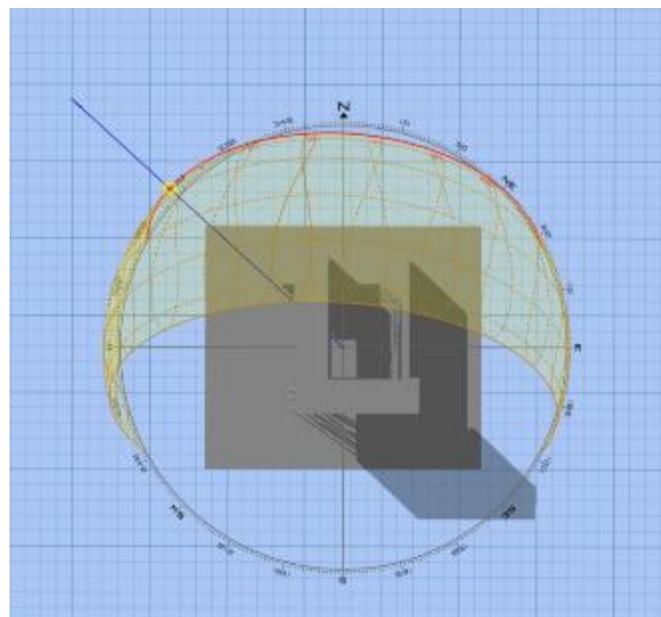


Figura 52. Criterios de aplicación del Caso 5
Fuente: Andrewmarsh.com

Tabla 7. Ejemplo de tabla de comparación de casos para la variable *estrategias de enfriamiento pasivo*

Dimensión	Criterios de aplicación de la variable	Empresa de Desarrollo Urbano	Edificio Terry Thomas	Oficina de Ventas Vankes	Centro Cultural Alcalde Juan Estay	Centro Cultural El Tranque
Ventilación natural	Aplicación de fachadas ventiladas de tipo ortogonal en dirección a los vientos predominantes.		X	X		X
	Uso de vanos con dirección a los vientos predominantes con forma ortogonal regular.	X	X		X	X
	Uso de aberturas de vanos en las diferencias de alturas mediante la secuencia de volúmenes					X
	Utilización de abertura de vanos en caras opuestas a manera de ventilación natural cruzada.	X	X	X	X	X
	Utilización de chimeneas solares o ductos de ventilación con efecto chimenea orientados de manera perpendicular a los vientos predominantes.	X	X			
Vegetación como técnica pasiva	Aplicación de muros verdes en las fachadas ubicadas al este y oeste compuesto por plantas trepadoras.				X	
	Aplicación de techo plantado apoyado en las superficies de mayor incidencia solar.	X		X	X	X
	Aprovechamiento del sombreado de la arborización cercana a la edificación en el exterior e interior.	X	X	X	X	
Protección solar	Aplicación de protectores solares como voladizos, cortasoles y volados mediante la suspensión del volumen orientados de forma vertical u horizontal.	X	X	X	X	X
	Uso de la madera, piedra o ladrillo de arcilla en la envolvente como aislantes térmicos.		X		X	X
	Uso de vidrios dobles en las fachadas con mayor incidencia solar como material tradicional aislante.		X	X	X	X
	Adecuación de volúmenes euclidianos orientados con relación al recorrido solar.	X	X		X	X

Elaboración propia.

A manera de conclusión del análisis de casos realizado, se evidencia la presencia de criterios de aplicación de la variable mediante la verificación de las dimensiones estudiadas:

Ventilación natural

- Se verifica en los casos 2, 3 y 5 el uso del criterio “aplicación de fachadas ventiladas de tipo ortogonal en dirección a los vientos predominantes”.
- Se verifica en los casos 1, 2, 4 y 5 la presencia del criterio “uso de vanos con dirección a los vientos predominantes con forma ortogonal regular”
- Se verifica en el caso 4 el uso del criterio “uso de aberturas de vanos en las diferencias de alturas mediante la secuencia de volúmenes”.
- Se verifica en los casos 1, 2, 3, 4 y 5 la “utilización de abertura de vanos en caras opuestas a manera de ventilación natural cruzada”.
- Se verifica en los casos 1 y 2 la presencia del criterio “utilización de chimeneas solares o ductos de ventilación con efecto chimenea orientados de manera perpendicular a los vientos predominantes”.

Vegetación como técnica pasiva

- Se verifica en el caso 4 el uso del criterio “aplicación de muros verdes en las fachadas ubicadas al este y oeste compuesto por plantas trepadoras”.
- Se verifica en los casos 1, 2, 3, 4 y 5 la presencia del criterio “aplicación de techo plantado apoyado en las superficies con mayor incidencia solar”.
- Se verifica en los casos 1, 2, 3, 4 y 5 el “aprovechamiento del sombreado de la arborización cercana a la edificación en el exterior e interior”.

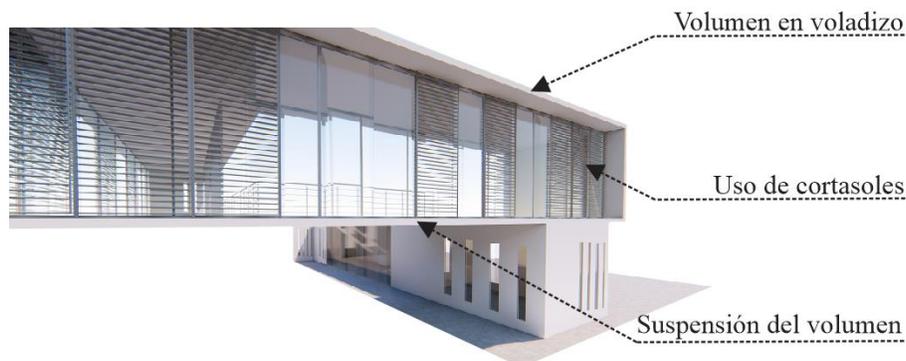
Protección Solar

- Se verifica en los casos 1, 2, 3, 4 y 5 la presencia del criterio “aplicación de protectores solares como voladizos, cortasoles y volados mediante la suspensión del volumen orientados de forma vertical u horizontal”.
- Se verifica en los casos 2, 4 y 5 el “uso de la madera, piedra o ladrillo de arcilla en la envolvente como aislantes térmicos”.
- Se verifica en el caso 2, 4 y 5 la presencia del criterio “uso de vidrios dobles en las fachadas con mayor incidencia solar como material tradicional aislante”.
- Se verifica en los casos 1,2 4 y 5 la presencia del criterio “volúmenes euclidianos orientados con relación al recorrido solar.”

3.2 Lineamientos del diseño

Lineamientos teóricos apreciables en un 3D

1. **Aplicación de protectores solares como voladizos, cortasoles y volados mediante la suspensión del volumen orientados de forma vertical u horizontal de este a oeste para otorgar sombra en las caras afectadas por el asoleamiento respecto a la geometría solar en los ambientes de formación cultural**



*Figura 53. Protectores solares
Fuente: Elaboración propia*

2. Uso de **abertura de vanos con dirección a los vientos predominantes con forma ortogonal regular** para aprovechar la velocidad de los vientos generando una ventilación natural óptima y lograr confort en el interior de los ambientes de manera eficiente en los ambientes del pull administrativo y ambientes de formación cultural.

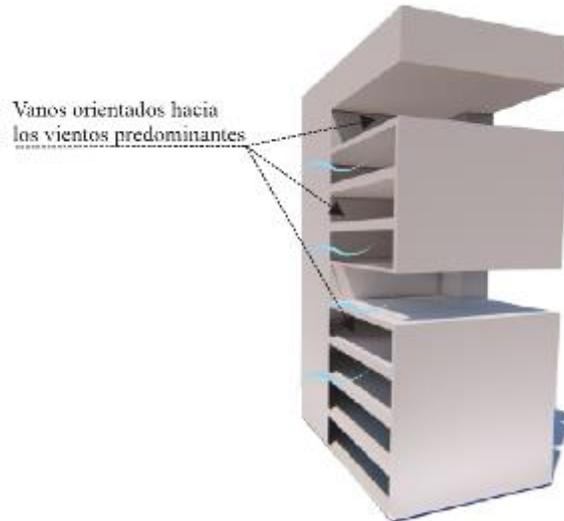


Figura 54. Vanos hacia vientos predominantes
Fuente: Elaboración propia

3. Aplicación de **techo plantado apoyado en superficies con mayor incidencia solar** para reducir la isla de calor contribuyendo al enfriamiento pasivo en los ambientes interiores y a la vez otorgar integración al entorno natural a los usuarios de los ambientes de formación cultural.



Figura 55. Techo plantado
Fuente: Elaboración propia

4. **Aprovechamiento** del **sombreado de la arborización cercana a la edificación** en el **exterior e interior** mediante explanadas culturales, para mejorar y reducir la sensación térmica según el recorrido solar del terreno.

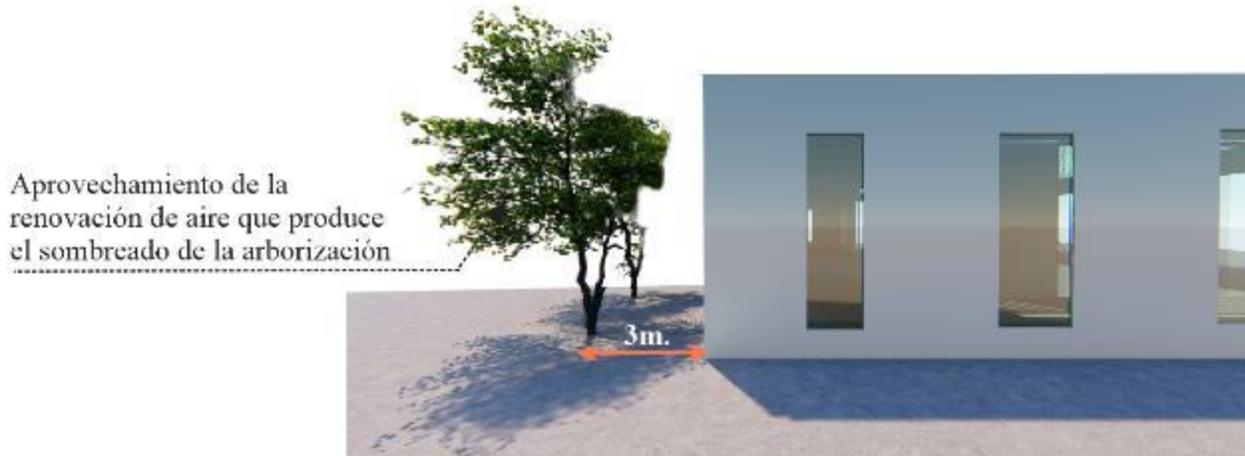


Figura 56. Sombreado de la arborización
Fuente: Elaboración propia

5. **Utilización de abertura de vanos en caras opuestas sin muros internos** a manera de **ventilación natural cruzada** para generar corrientes de aire natural constante dentro de los ambientes del objeto arquitectónico y a la vez reducir la temperatura interior.

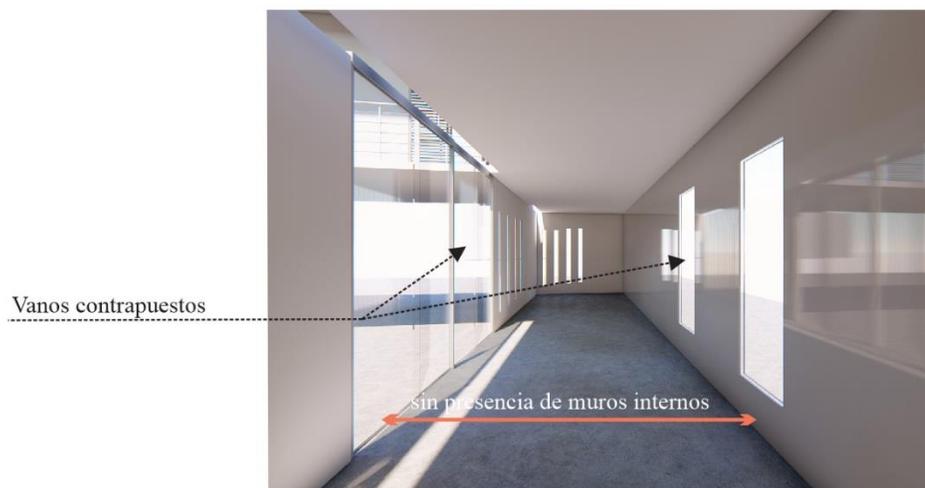


Figura 57. Vanos en caras opuestas
Fuente: Elaboración propia

6. Utilización de chimeneas solares o ductos de ventilación con efecto chimenea orientados perpendicularmente a los vientos predominantes y adosadas a plantas apiladas para facilitar la reducción de aire caliente que serán aspiradas por el ducto y a la vez, optimizar la ventilación en el interior de los ambientes del objeto arquitectónico.

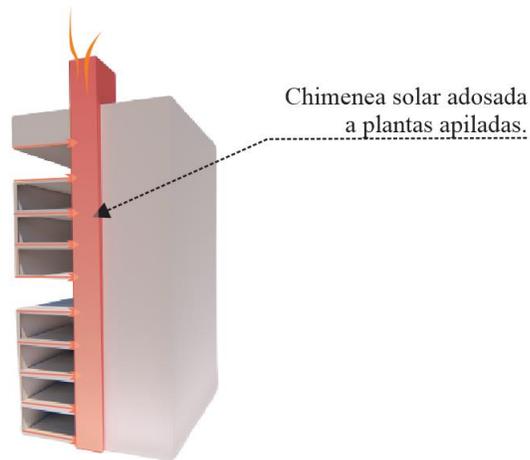


Figura 58. Vanos en caras opuestas
Fuente: Elaboración propia

7. Adecuación de volúmenes euclidianos de base regular e irregular orientados con relación al recorrido solar para reducir el impacto de los rayos del sol y a la vez generar un mayor número de fachadas que protejan los ambientes de la incidencia solar.



Figura 59. Volúmenes euclidianos
Fuente: Elaboración propia

8. Uso de aberturas de vanos en las diferencias de alturas mediante la secuencia de volúmenes para proporcionar ventilación natural cenital que facilite la eliminación del aire caliente producida en el interior de los ambientes.

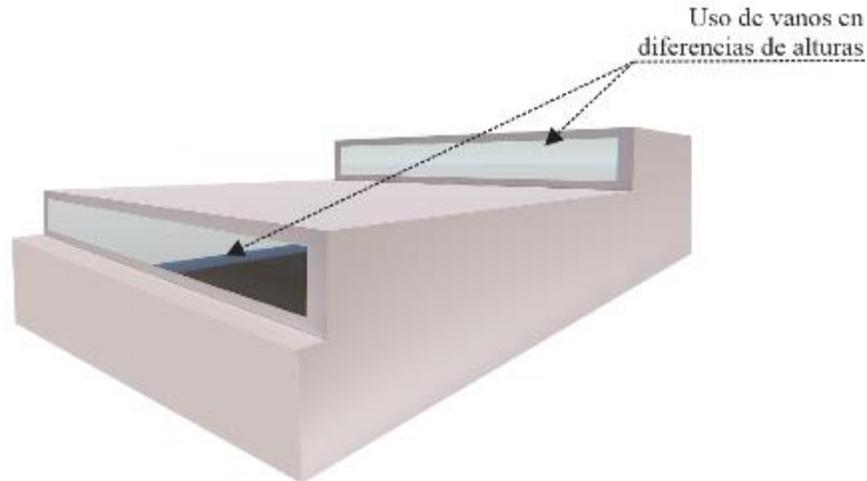


Figura 60. Vanos en diferencias de alturas
Fuente: Elaboración propia

Lineamientos teóricos apreciables en un gráfico de detalle

9. Aplicación de fachadas ventiladas con uso de vidrio doble de tipo ortogonal orientadas a los vientos predominantes para optimizar la ventilación de los ambientes de formación y difusión cultural mediante el intercambio de calor por convección natural del aire y a la vez proteger los ambientes respecto a la radiación solar existente.



Figura 61. Fachadas ventiladas
Fuente: Elaboración propia

10. Aplicación de muros verdes en las fachadas ubicadas al este y oeste compuesto por plantas trepadoras para reducir la temperatura interior y mejorar la sensación térmica mediante la sombra producida por la vegetación en el interior de los ambientes de formación cultural.

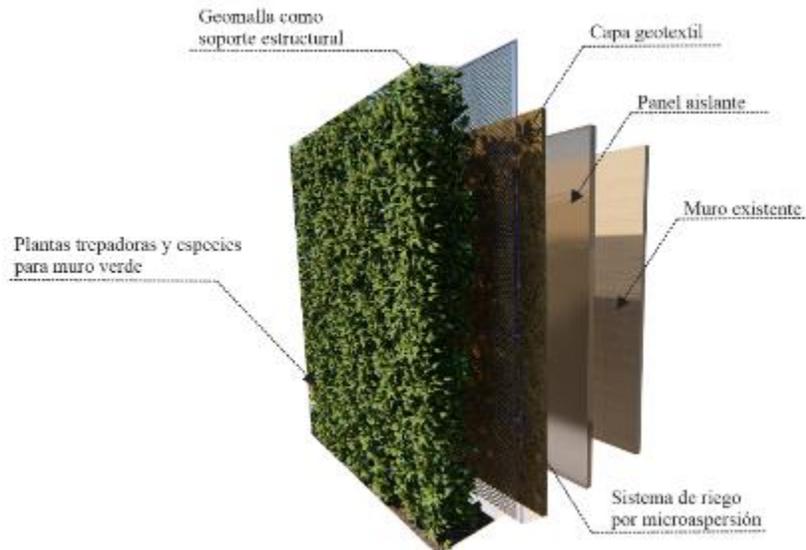


Figura 62. Muro verde
Fuente: Elaboración propia

Lineamientos teóricos correspondientes a materialidad

11. Uso de la madera en los espacios interiores como aislante térmico para brindar una mayor sensación de confort y reducir la isla de calor y mejorar la sensación térmica en el interior de los ambientes de difusión cultural.

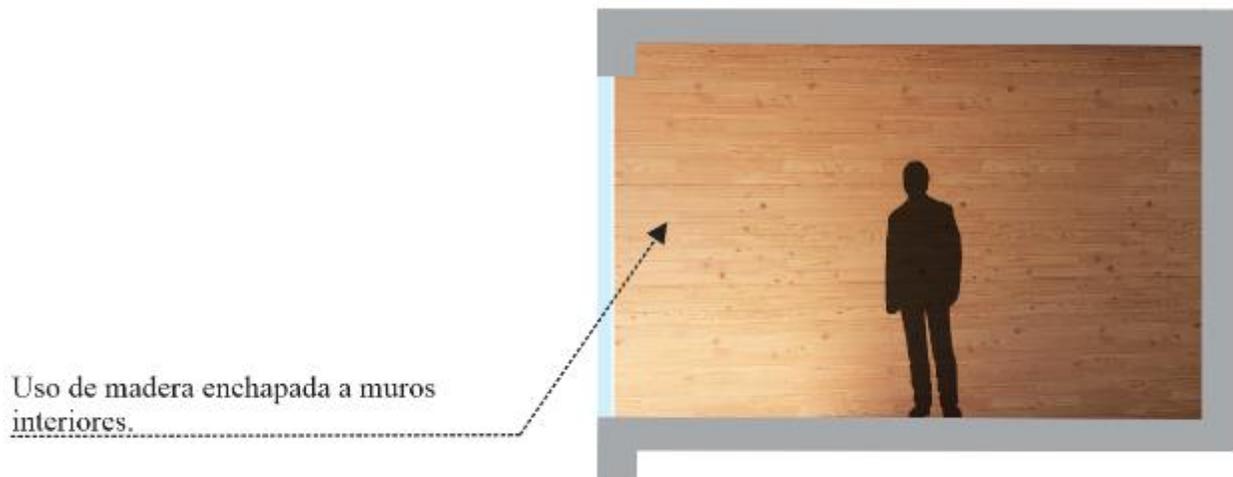


Figura 63. Uso de madera como aislante térmico
Fuente: Elaboración propia

12. Uso de ladrillos de arcilla en la construcción como material tradicional aislante para

disminuir la conductividad térmica y garantizar un efecto positivo en el confort interior de los ambientes.

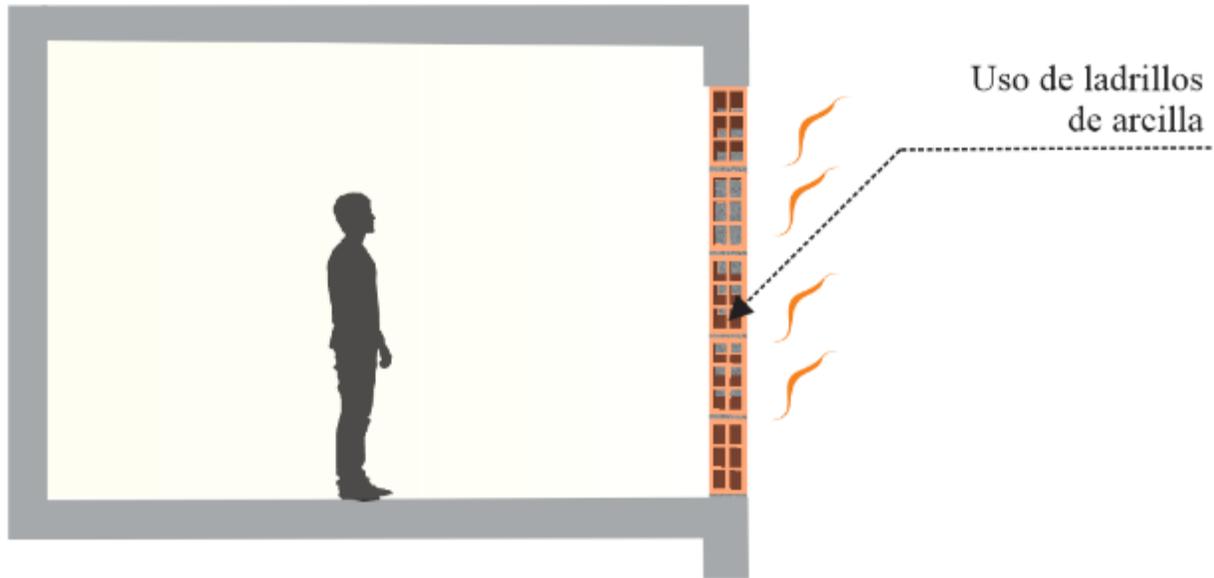


Figura 64. Uso de ladrillos de arcilla como aislante térmico
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE INVESTIGACIÓN

4.1 Conclusiones teóricas

Como resultado de la investigación desarrollada, se logró determinar de qué manera las estrategias de enfriamiento pasivo condicionan el diseño de los espacios arquitectónicos destinados a la formación y exposición cultural de un Centro Cultural en la provincia de Trujillo, a través del estudio exhaustivo de hechos arquitectónicos con pertinencia a la variable de estudio, así como también mediante la revisión sistemática demostrada en los antecedentes de la presente investigación. Por lo anterior, se elaboraron lineamientos de diseño que repercuten en la volumetría de los espacios, así mismo, lineamientos de diseño apreciables en un gráfico de detalle y finalmente lineamientos de diseño correspondientes a materialidad.

Con respecto a los lineamientos de diseño que influyen en la volumetría del objeto de estudio se destacó que, para otorgar ventilación natural en los espacios arquitectónicos, es imprescindible el uso de vanos orientados hacia los vientos predominantes, chimeneas solares o ductos de ventilación con efecto chimenea, aberturas en las diferencias de altura y vanos en caras opuestas que facilitan la ventilación cruzada. De la misma manera, el uso de vegetación como técnica pasiva mediante el sombreado de la arborización cercana a la edificación y, para garantizar la protección de los espacios frente a la incidencia solar y mejorar la temperatura interior, se destaca el uso de protectores solares como también la orientación adecuada de volúmenes con relación al recorrido solar.

Del mismo modo, se obtuvieron lineamientos de diseño apreciables en gráficos de detalle que orientan de qué manera el sistema constructivo puede beneficiar el enfriamiento pasivo de los espacios arquitectónicos; como el uso de fachadas ventiladas que, debido a la ventilación inducida por convección natural del aire, facilita la protección solar en la hoja exterior de la

fachada y adicionalmente, el uso de muros verdes compuesto por plantas trepadoras puesto que, gracias a la evapotranspiración de las plantas, logra mejorar y reducir la sensación térmica.

Y finalmente, con relación a los lineamientos de diseño correspondientes a la materialidad, se destacaron materiales que validan la variable de estudio de la presente investigación como, el uso de madera en los espacios interiores, puesto que garantiza el aislamiento térmico y facilita la reducción de la isla de calor debido a sus propiedades térmicas que se adaptan fácilmente en cualquier estación del año; y adicionalmente, el uso de muros de ladrillo de arcilla que reducen la conductividad térmica y garantizan el confort en el interior de los espacios arquitectónicos.

4.2 Recomendaciones para el proyecto de aplicación profesional

En futuras investigaciones sobre estrategias de enfriamiento pasivo en espacios arquitectónicos, se recomienda generar una nueva revisión documental de artículos científicos orientados específicamente de investigaciones experimentales, de tal manera que se pueda corroborar los datos teóricos de los artículos científicos analizados en la presente investigación. Así mismo, se recomienda en investigaciones futuras realizar un análisis de hechos arquitectónicos cercanos a la región en la cual se ha desarrollado la presente investigación, para garantizar la precisión en los datos teóricos pertenecientes a los criterios de aplicación de la variable y de igual manera, el estudio de casos de arquitectura veterana que logre recuperar técnicas ancestrales que se han omitido con el paso de los años.

En cuanto a los lineamientos de diseño apreciables en un 3D que caracterizan el aspecto formal de los espacios arquitectónicos, se recomienda investigar diferentes alternativas complementarias, que estén relacionadas con la variable de estudio en el planteamiento inicial del diseño, para otorgar indicaciones suplementarias al diseñador.

Respecto a los lineamientos de diseño apreciables en un gráfico de detalle, se recomienda extender la investigación con relación a los aspectos constructivos considerados en el objeto de

estudio, de tal manera, que garanticen la aplicación correcta de la variable mediante diferentes opciones en el aspecto constructivo en futuras investigaciones.

En cuanto a los lineamientos relacionados con la materialidad de los elementos que componen los espacios arquitectónicos, es recomendable ampliar el abanico de materiales eficientes con relación a la variable de la presente investigación, según la climatología predominante del lugar o según las características constructivas de la localidad, en la que se desarrollarán futuras investigaciones.

REFERENCIAS

- Ángel, H. (29 de mayo de 2016). *Edificio de la Empresa de Desarrollo Urbano de Medellín (EDU) renueva el Parque San Antonio*. [Mensaje en un blog]. SMART GREEN ARCHITECTURE. Recuperado de <http://arquitecturaverdeinteractiva.blogspot.com/2016/05/edificio-de-la-empresa-de-desarrollo.html>
- Arango, A. (2016). *Vista principal de la empresa de Desarrollo Urbano*. [Fotografía]. Recuperado de <https://www.archdaily.pe/pe/799457/el-edificio-que-respira-la-construccion-de-la-nueva-sede-de-empresa-de-desarrolllo-urbano-edu-en-medellin/582b2a44e58ece0af2000257-el-edificio-que-respira-la-construccion-de-la-nueva-sede-de-empresa-de-desarrolllo-urbano-edu-en-medellin-foto>
- Beltrán, M., García, J. y Dufrasnes, E. (2017). *Análisis de las estrategias bioclimáticas empleadas por Frank Lloyd Wright en la casa Jacobs I*. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6166011>.
- Blanco, A. (2016). *Hotel Westin Libertador Lima*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://docplayer.es/7885784-Hotel-westin-libertador-lima.html>
- Craig, S. (2016). *Nueva Sede de Desarrollo Urbano (EDU) – Empresa de Desarrollo Urbano*. Recuperado de <https://www.archdaily.pe/pe/799457/el-edificio-que-respira-la-construccion-de-la-nueva-sede-de-empresa-de-desarrolllo-urbano-edu-en-medellin>
- Domínguez Delgado, A., Durand, P. y Domínguez Torres, C. (2013). Estudio del enfriamiento pasivo por fachadas ventiladas en el Sur de España. *Acta del I Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones Ecoeficientes*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4389643>

FCHA (2015). *Vista principal de la Oficina de ventas de Vanke*. [Fotografía]. Recuperado de

https://www.archdaily.com/611310/vanke-sales-office-fcha/550a4b03e58eceb2700000a2-vanke_fcha_1-jpg

Flores, R., Esteves, A. y Filippin, C. (2014). Aportes de la orientación intermedia en el diseño solar pasivo de edificios. *Acta de la XXXVII Reunión de Trabajo de la Asociación*

Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 2, 2014. Recuperado de

<https://www.researchgate.net/publication/303836074> APORTES DE LA ORIENTACION INTERMEDIA EN EL DISENO SOLAR PASIVO DE EDIFICIOS.

Geetha, N. & Velraj, R. (2012). Passive cooling methods for energy efficient buildings with and without thermal energy storage a review. *Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research*. Recuperado de

<https://www.researchgate.net/publication/285851165> Passive cooling methods for energy efficient buildings with and without thermal energy storage - A review

Giraldo, W. y Herrera, C. (2017). *Ventilación pasiva y confort térmico en vivienda de interés social en clima ecuatorial*. Universidad del Valle. Recuperado de

<http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v35n1/2145-9371-inde-35-01-00077.pdf>.

González, S. (2011). Estudio experimental del comportamiento térmico de sistemas pasivos de enfriamiento en clima cálido-húmedo. Universidad Internacional de Andalucía, Sede Internacional de la Rábida, Huelva España. Recuperado de

<https://docplayer.es/62683971-Titulo-estudio-experimental-del-comportamiento-termico-de-sistemas-pasivos-en-enfriamiento-en-clima-calido-humedo-autora.html>

Hanson, G. (2018). *Vista principal del Edificio Terry Thomas*. [Fotografía]. Recuperado de

<http://www.arquitecturaenacero.org/proyectos/sustentable/edificio-terry-thomas-seattle>

- Herrera, L. (2014). Eficiencia de estrategias de enfriamiento pasivo en clima cálido seco. *Revista de Arquitectura*, vol. 16 (2014). Universidad Católica de Colombia Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1251/125138774010.pdf>.
- Martínez, C. (2015). *En octubre abrirá el Centro Cultural Juan Estay en Puente Alto, el más grande de la zona sur de Santiago*. Recuperado de <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2015/08/25/en-octubre-abrira-el-centro-cultural-juan-estay-en-puente-alto-el-mas-grande-de-la-zona-sur-de-santiago/>
- Mello et al. (2017). A importância de estratégias bioclimáticas aplicadas no projeto arquitetônico. *Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria*. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273452299002>.
- Mercado, M., Barea, G., Esteves, A. y Filippin, C. (2018). Efecto de la ventilación natural en el consumo energético bioclimático. Análisis y estudio mediante Energy plus. *Revista Hábitat Sustentable Vol. 8, N°. 1. ISSN 0719*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6492663>.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). Código técnico de construcción sostenible para el Perú. Recuperado de <http://msi.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2016/06/2016.11.4.-C%C3%B3digo-T%C3%A9cnico-de-Construcciones-sostenibles.pdf>
- Miranda, H. (11 de septiembre de 2019). Edificios verdes: La clave para ahorrar agua y luz. El Comercio. Recuperado de <https://elcomercio.pe/especial/perusostenible/pactos/edificios-verdes-clave-ahorrar-agua-y-luz-noticia-1994602>
- Muñoz, L. y Torres, R. (2013). Las fachadas verdes como herramienta pasiva de ahorro energético en el bloque administrativo de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional

Montería. *DEARQ - Revista de Arquitectura / Journal of Architecture*, núm. 13.

Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=341630942011>

Nicol, J. (2001). Characterizing occupant behavior in buildings: towards a stochastic model of occupant use of windows, lights, blinds heaters and fans. En: *Proceedings of the 7th International IBPSA Conference. Rio de Janeiro: Seven International IBPSA.*

Osuna, I., Herrera, C. y López, O. (2017). Techo plantado como dispositivo de climatización pasiva en el trópico. *Revista de Arquitectura*, vol. 19, núm. 1, 2017. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=341630942011>.

Ramírez, A. (2018). “Edificios que respiran”: un nuevo concepto de sostenibilidad. Recuperado de https://www.expoknews.com/edificios-que-respiran/?omhide=true&utm_source=08+de+Junio+2018&utm_campaign=24+de+Enero+2018&utm_medium=email

Valencia, N. (2015). *Vista principal del Centro Cultural Alcalde Juan Estay*. [Fotografía]. Recuperado de <https://www.archdaily.pe/pe/772617/60-percent-de-avance-presenta-construccion-de-centro-cultural-disenado-por-cazu-zegers-en-chile/55e0cedce58ece0313000015-60-percent-de-avance-presenta-construccion-de-centro-cultural-disenado-por-cazu-zegers-en-chile-foto>

Vargas, J. (2017). Vista principal del Centro Cultural El Tranque. [Fotografía]. Recuperado de <https://www.archdaily.pe/pe/873310/centro-cultural-el-tranque-bis-arquitectos>

Videla, J. (26 de abril de 2018). *Edificio Terry Thomas, Seattle. Arquitectura+acero*. Recuperado de <http://www.arquitecturaenacero.org/proyectos/sustentable/edificio-terry-thomas-seattle>

ANEXOS

Anexo 1. El Cultural



Anexo 2. Casa de la Emancipación



Anexo 3. Centro Cultural Víctor Raúl Haya de la Torre



Anexo 4. Tabla de análisis de datos

Tabla 1.

Artículos científicos seleccionados, relacionados con la variable estrategias de enfriamiento pasivo.

Nº	Título de artículo	Autores	Año	Enlace	Resumen	Bases teóricas	Conclusiones	Variables	Dimensiones
1	<i>Ventilación pasiva y confort térmico en vivienda de interés social en clima ecuatorial</i>	Giraldo, W. y Herrera, C.	2017	http://www.scielorg.org/doi/10.12145/s1135-9371inde-35-01-00077.pdf	Se revaluó un prototipo experimental en el que se tuvo en cuenta el confort térmico mediante el uso de chimeneas solares que mejoran la ventilación natural.	Utama, N. et al. (2014) "Passive Application Solar Induce Ventilation on sustainable Building in equatorial Hemisphere" <i>Procedia Environmental Sciences</i> , col. 20, pp. 126-130.	Las intervenciones arquitectónicas pasivas, mejoran las condiciones de confort. Las chimeneas solares, garantizan una renovación que brinda calidad de aire y remoción significativa de la carga térmica, mejoran si se proyectan en la dirección del viento.	Ventilación natural	Aislamiento térmico (materiales) y orientación correcta de volúmenes (chimeneas solares)
2	<i>A importância de estratégias bioclimáticas aplicadas no projeto arquitetônico</i>	Mello, M. et al.	2017	https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273452299002	Se identificaron estrategias bioclimáticas empleadas en un edificio en la ciudad de Itaara, Brasil. Se proporcionó ventilación cruzada sumado a la colocación de paredes dobles y doble acristalamiento.	Lamberts, R., Dutra, L., Pereira, F.O.R. <i>Eficiência Energética na Arquitetura – 3ª ed.</i> Rio de Janeiro, 201	La investigación aporta estrategias bioclimáticas que orientan al enfriamiento pasivo evaporativo y ventilación natural que aporta al confort ambiental y ahorro de energía.	Enfriamiento pasivo	Enfriamiento evaporativo, ventilación natural y orientación estrategia de volúmenes.

Elaboración propia.

Anexo 5. Tabla de análisis de datos

Tabla 2.

Artículos científicos seleccionados, relacionados con la variable estrategias de enfriamiento pasivo.

Nº	Título de artículo	Autores	Año	Enlace	Resumen	Bases teóricas	Conclusiones	Variables	Dimensiones
3	<i>Análisis de las estrategias bioclimáticas empleadas por Frank Lloyd Wright en la casa Jacobs I</i>	Beltrán, M., García, J. y Dufrases, E.	2017	https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6166011	Se realizó un análisis que cuantifique las ventajas de la calidad medioambiental y confort interior que suponen los principios bioclimáticos de la arquitectura.	La Casa Jacobs I de Frank Lloyd Wright. Un hito en la arquitectura bioclimática. En noveno congreso Nacional y Primero Internacional Hispanoamericano de Historia de la construcción (pp. 199-209). Segovia.	Las superficies acristaladas, son fundamentales en la calefacción natural y orientación adecuada que permite una ventilación óptima.	Ventilación natural y protección solar	Orientación adecuada de volúmenes, diseño de voladizos y materiales aislantes.
4	<i>Estudio del enfriamiento pasivo por fachadas ventiladas en el Sur de España</i>	Domínguez, A., Durand, P. y Domínguez Torres, C.	2013	https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4389643	Se estudia el enfriamiento pasivo por medio de fachadas ventiladas para conseguir confort en espacios interiores, este sistema se usa de manera efectiva cuando hay fuente radiación solar.	Ciampi M., Leccese F., Tuoni G. (2003). Ventilated facades energy performance in summer cooling of buildings.	Las fachadas ventiladas, presentan un mejor comportamiento respecto a la no ventilada en cuanto a la refrigeración del edificio. Reduce la ganancia de calor hacia el interior del edificio.	Enfriamiento pasivo	Protección solar, ventilación por convección natural y fachadas ventiladas.
5	<i>Aportes de la orientación intermedia en el diseño solar pasivo de edificios</i>	Flores, R., Esteves, A. y Filippin, C.	2014	https://www.researchgate.net/publication/303836074_APORTES_DE_LA_ORIENTACION_INTERMEDIA_EN_EL_DISENO_SOLAR	El uso de sistemas solares pasivos y la conservación de energía, son estrategias que se deben potenciar en climas adecuados para lograr confort térmico y ambiental, utilizando también energía no renovable.	Mercado, M., Esteves, A. (2004) Arquitectura sustentable, estudio térmico y técnico económico de la incorporación de aislación térmica. Rev. ERMA vol.15	Incorporar superficies colectoras en cada fachada, resulta mejor que solo considerarlas al norte y este. Contar con superficies a 90°, permite la posibilidad de mejora a las vistas y contar con asoleamiento en la mañana y en la tarde.	Sistema solar pasivo, refrigeración pasiva	Masa térmica para el enfriamiento pasivo, orientación intermedia y superficies colectoras.

6	<i>Eficiencia de estrategias de enfriamiento pasivo en clima cálido seco</i>	Herrera Sosa, L.	2014	https://www.redalyc.org/pdf/1251/125138774010.pdf	Se presenta los resultados de la evaluación de la eficiencia de enfriamiento con la aplicación de techo estanque mediante seis técnicas pasivas de enfriamiento. El módulo se comparó con un módulo de control con las mismas características de dimensión y orientación.	González, E. (1997b). Técnicas de enfriamiento pasivo. Resultados experimentales en el clima cálido y húmedo de Maracaibo, Venezuela. CIT, Información Tecnológica, 8(5), 99-103.	En climas cálido secos, evaporar agua es una técnica de enfriamiento eficiente. La cubierta estanque, pierde calor por emisión de radiación. El aislamiento reduce el paso de flujo de calor, pero no por sí solo. No fue suficiente el espesor del agua contenida para lograr el enfriamiento radiactivo nocturno.	Enfriamiento pasivo	Enfriamiento evaporativo directo, enfriamiento radiactivo nocturno mediante el aislamiento térmico de materiales y masa térmica.
7	<i>Efecto de la ventilación natural en el consumo energético bioclimático. Análisis y estudio mediante energy plus.</i>	Mercado, M., Barea, G., Esteves, A. y Filippin, C.	2018	https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6492663	El enfriamiento pasivo a través de la ventilación natural, persigue evitar riesgos de sobrecalentamiento y reducir la necesidad de equipos mecánicos. Esta investigación, evalúa la influencia de la ventilación natural diurna y nocturna.	LIPING, Wang y HIEN, Wong Nyuk. The impacts of ventilation strategies and facade on indoor thermal environment for naturally ventilated residential buildings in Singapore. Building and Environment, 2007, vol. 42, nº 12,	El uso de la masa térmica (inercia térmica) en climas templados continentales aumenta la calidad de las condiciones térmicas de los espacios, sobre todo en verano. La ventilación natural nocturna permite el descenso de la temperatura de la madrugada.	Ventilación natural	Ventilación cruzada, envolvente tradicional, ventilación natural diurna y nocturna
8	<i>Las fachadas verdes como herramienta pasiva de ahorro energético en el bloque administrativo de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Montería</i>	Muñoz, L. y Torres, R.	2013	https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=341630942011	La investigación se centró en el papel de la vegetación como técnica pasiva de ahorro de energía en el edificio de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Montería, debido a su influencia positiva en la sostenibilidad y ahorro energético pues: disminuye el efecto de calentamiento, es similar a las fachadas ventiladas y modifica el ambiente térmico interior.	Carrera, A. "Sistemas vegetales verticales: estudio de la integración arquitectónica de sistemas vegetales verticales y propuestas de uso como técnica pasiva de ahorro de energía en el clima continental mediterráneo" Tesis Máster Sistemas de la edificación, 2011.	Las fachadas verdes, tienen humedades relativas altas y bajas, lo que mejora la sensación térmica por el sombreado. Todas las temperaturas de aire son mejores con una fachada verde.	Enfriamiento pasivo	Fachadas ventiladas vegetales y sombreado que mejora la sensación térmica.

9	<i>Techo plantado como dispositivo de climatización pasiva en el trópico</i>	Osuna Motta, I., Herrera Cáceres, C. y López Bernal, O.	2017	https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6291245	Se determina el comportamiento térmico de un prototipo experimental de techo plantado sobre cubiertas onduladas de fibrocemento, resultaron ser muy beneficiosos en zonas calidas para el enfriamiento pasivo.	González García, S. (2011). Estudio experimental del comportamiento térmico de sistemas pasivos de enfriamiento cálido-húmedo (Tesis de maestría). Universidad Internacional de Andalucía, España.	Los sistemas de techo plantado propuestos logran una muy buena reducción de la temperatura interior durante los momentos más calientes del día y que, adicionalmente, evitan la excesiva pérdida de temperatura durante la noche, al evitar el enfriamiento evaporativo hacia la bóveda celeste por la cubierta.	Enfriamiento pasivo	Techo plantado, protección solar, evapotranspiración de las plantas distribuidas según orientación solar, sombreado que reduce la temperatura
---	--	---	------	---	--	--	--	---------------------	---

Elaboración propia.

Anexo 6. Modelo de la ficha utilizada para el análisis de casos

Tabla n.

Ficha de análisis del caso arquitectónico...

IDENTIFICACIÓN

Nombre del proyecto: ...

Nombre del arquitecto: ...

Ubicación: ...

Fecha de construcción: ...

Naturaleza del edificio: ...

Función del edificio: ...

AUTOR

Nombre del Arquitecto: ...

DESCRIPCIÓN

Área Techada: ...

Área no techada: ...

Área total: ...

Otras informaciones para entender la validez del caso: ...

VARIABLE DE ESTUDIO

RELACIÓN CON LOS CRITERIOS DE APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1. Aplicación de fachadas ventiladas con uso de vidrio doble de tipo orientadas a los vientos predominantes.
2. Aplicación de muros verdes en las fachadas ubicadas al este y oeste compuesto por plantas trepadoras.
3. Aplicación de protectores solares como voladizos, cortasoles y volados mediante la suspensión del volumen orientados de forma vertical u horizontal de este a oeste.
4. Uso de vanos con dirección a los vientos predominantes con forma ortogonal regular.
5. Uso de la madera en espacios interiores como aislante térmico.
6. Uso de aberturas de vanos en las diferencias de alturas mediante la secuencia de volúmenes.
7. Aplicación de techo plantado apoyado en superficies con mayor incidencia solar.
8. Aprovechamiento del sombreado de la arborización cercana a la edificación en el exterior e interior.
9. Utilización de aberturas de vanos en caras opuestas a manera de ventilación cruzada.
10. Utilización de chimeneas solares o ductos de ventilación con efecto chimenea de tipo ortogonal adosadas a plantas apiladas.
11. Uso de vidrios dobles en las fachadas con mayor incidencia solar como material tradicional aislante.
12. Adecuación de volúmenes euclidianos de base regular e irregular con relación al recorrido solar.

Elaboración propia.

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Arq. Mauro Brunelli, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Arquitectura y Diseño, Carrera profesional de Arquitectura y Diseño de Interiores, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo del proyecto de investigación del estudiante:

- Valeria Mercedes Varas Vega

Por cuanto, **CONSIDERA** que el proyecto de investigación titulado: Influencia de estrategias de enfriamiento pasivo en el diseño de un Centro Cultural en la provincia de Trujillo 2020 para aspirar al título profesional por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al interesado para su presentación.

Arq. Mauro Brunelli

Asesor