

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

MAESTRÍA EN ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO

***CONDICIONES DE HABITABILIDAD AMBIENTAL
PARA AULAS DE APRENDIZAJE PREESCOLAR EN CLIMA CÁLIDO SECO-
EXTREMOSO***

T E S I S

para obtener el grado de

MAESTRA EN ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO

presenta

ANA TERESA SOBERANES LÓPEZ

Director de tesis

DR. GONZALO BOJÓRQUEZ MORALES

Co-director de tesis

DR. VÍCTOR FUENTES FREIXANET

Mexicali, B.C, junio de 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO

CONDICIONES DE HABITABILIDAD AMBIENTAL PARA ALULAS DE APRENDIZAJE PREESCOLAR EN CLIMA CÁLIDO SECO-EXTREMOSO

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN ARQUITECTURA, URBANISMO Y
DISEÑO

PRESENTA

ANA TERESA SOBERANES LÓPEZ

Correo electrónico UABC: teresa.soberanes@uabc.edu.mx

Correo personal: teresasoberanes19@gmail.com

Identificador ORCID: 0000-0002-6657-7035

Director de tesis: Dr. Gonzalo Bojórquez Morales

Identificador ORCID: 0000-0001-9303-9278

Co-director de tesis: Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet

Identificador ORCID: 0000-0002-7426-2391

Co-tutor: Dr. José Francisco Armendáriz López

Identificador ORCID: 0000-0001-6705-4028

Mexicali, B.C, junio de 2023

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Declaro que la tesis que se presenta contiene material original que no ha sido presentado para la obtención de un grado académico o diploma en esta u otra institución de educación superior. Asimismo, declaro que hasta donde yo sé, no contiene material previamente publicado o escrito por otra persona, excepto donde se reconoce como tal a través de las citas.

Mexicali, Baja California a 12 de junio de 2023



ANA TERESA SOBERANES LÓPEZ

Nombre y firma del estudiante

AVAL DE TERMINACIÓN DE TESIS

Fecha: 06 de junio de 2023

DR. ALEJANDRO JOSÉ PEIMBERT DUARTE
Director de la Facultad de Arquitectura y Diseño
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Presente. -

Para dar cumplimiento al artículo 106 del ESTATUTO ESCOLAR DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA, en su TÍTULO CUARTO DE LOS TÍTULOS PROFESIONALES, GRADOS ACADÉMICOS Y DIPLOMAS, CAPÍTULO ÚNICO, sobre los requisitos para la obtención del grado de **Maestra en Arquitectura, Urbanismo y Diseño**, como director de tesis en la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento de Arquitectura y Medio Ambiente de la Facultad de Arquitectura y Diseño, Se emite el presente documento que avala que la estudiante:

ANA TERESA SOBERANES LÓPEZ

Ha concluido su tesis de grado titulada:

**CONDICIONES DE HABITABILIDAD AMBIENTAL PARA AULAS DE APRENDIZAJE PREESCOLAR
EN CLIMA CÁLIDO SECO-EXTREMOSO**

Lo anterior en virtud de que se realizaron las correcciones y recomendaciones del comité tutorial, por lo que ha sido aprobada para el proceso de presentación de examen de grado.

DIRECTOR DE TESIS

DR. GONZALO BOJÓRQUEZ MORALES

FIRMA

C.c.p. Estudiante.
C.c.p. Expediente.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

MAESTRÍA EN ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO

CONDICIONES DE HABITABILIDAD AMBIENTAL PARA AULAS DE APRENDIZAJE PREESCOLAR EN CLIMA CÁLIDO SECO- EXTREMOSO

T E S I S

Que para obtener el grado de Maestra en Arquitectura, Urbanismo y Diseño presenta:

ANA TERESA SOBERANES LÓPEZ

Aprobada por:

Dr. Gonzalo Bojórquez Morales
Director De Tesis

**Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet
López**

Codirector de tesis

Dr. José Francisco Armendáriz

Miembro del Comité tutorial

Fecha: 06 de junio de 2023

DEDICATORIA

A mamá, Ma. Teresa López González, y a papá, Fco. Javier Soberanes Espinoza,
Por ser mi gran ejemplo de amor y perseverancia.
Por nunca soltarme la mano.

A mi abuelo, Marco Antonio López Medina †,
quien siempre tuvo fe en su nieta, la aguiluchilla.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por todas sus bendiciones. A mis padres, por todo su apoyo; sus palabras de aliento, sus consejos y su ayuda en cada proceso de este trabajo, así como en mi crecimiento como persona. A mi mentor, Dr. Gonzalo Bojórquez Morales, de la Universidad Autónoma de Baja California, quien ha sido mi guía para mi crecimiento profesional y quien me ayudó a comprender que un arquitecto va más allá de la construcción. Al Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet, de la Universidad Autónoma Metropolitana, por instruirme y compartir sus conocimientos en Arquitectura bioclimática, para el desarrollo de este trabajo. A los doctores, Hiram Eduardo Urías Barrera y José Francisco Armendáriz López, por su disponibilidad y aportaciones para llevar a cabo este trabajo. A la Dra. Cristina Sotelo Salas, por todo su apoyo en la búsqueda de unidades de análisis para esta investigación. A los doctores y maestros, Verónica Jiménez, Aníbal Luna, Daniel Olvera, Osvaldo Leyva, Ramona Romero y Elisa Garay, por sus enseñanzas y consejos, su paciencia y entrega, para guiarme y formarme como investigadora. A los psicólogos Suez Betzabeth García y Saúl Adrián Esqueda, por su disponibilidad y asesoría para la realización del trabajo con enfoque en la primera infancia. A todos los amigos y colegas que apoyaron y fueron parte importante en el desarrollo de la investigación: Cristina Olivarría, Adriana Moreno, Laura Castillo, Paulina Chavira, Gabriela López, Verónica López, Catalina Sambrano, Renato Landeros, Alberto Ramírez, Carlos Zamora, Dayanna Santillanes, Esteban Magaña, Alejandra Mendoza, Martín Espericueta, Montserrat Gómez y Ricardo Rico. A los directivos, administrativos, personal de intendencia y maestros de las instituciones de educación preescolar, para la realización del trabajo de campo. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por todo el apoyo económico para este proyecto. A la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma de Baja California, por el préstamo de sus instalaciones, así como de sus instrumentos de medición ambiental para llevar a cabo este proyecto. A la Universidad Autónoma Metropolitana, por aceptarme y recibirme en sus instalaciones como parte de la estancia de investigación.

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
INTRODUCCIÓN.....	14
RESUMEN.....	18
ABSTRACT	19
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	22
1.2.1 DESARROLLO FISIOLÓGICO DEL INFANTE	23
1.2.1.1 PROCESO NEURONAL	23
1.2.1.3 DESARROLLO DEL ÓRGANO VISUAL.....	24
1.2.1.5 DESARROLLO DEL SISTEMA RESPIRATORIO.....	24
1.2.1.6 TERMORREGULACIÓN	25
1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	26
1.4 HIPÓTESIS.....	26
1.5 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	27
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES	28
1.7 ANTECEDENTES	30
1.7.1 ESTADO DEL ARTE	30
1.7.1.1 ARQUITECTURA Y PEDAGOGÍA	30
1.7.1.1.1 AMBIENTES DE APRENDIZAJE	31
1.7.1.1.2 ARQUITECTURA Y PSICOLOGÍA.....	32
1.7.1.1.2.1 PSICOLOGÍA AMBIENTAL	32
1.7.1.1.2.2 INFANTE Y PERCEPCIÓN DEL ENTORNO	33
1.7.2 CASOS ANÁLOGOS	34

1.7.2.1 ESTUDIOS SOBRE FACTORES TÉRMICOS:	35
1.7.2.2 ESTUDIOS SOBRE FACTORES LUMÍNICOS:	42
1.7.2.3 ESTUDIOS SOBRE CALIDAD DEL AIRE:	43
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	47
2.1 HABITABILIDAD.....	47
2.2 FACTORES AMBIENTALES.....	49
2.2.1 TÉRMICO.....	49
2.2.2 LUMÍNICO	52
2.2.3 CALIDAD DEL AIRE	53
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	55
3.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	56
3.1.1 RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	58
3.2 LOCALIZACIÓN Y CLIMA	59
3.3 MUESTREO.....	59
3.3.1 DELIMITACIÓN DEL CASO ESTUDIO	59
3.3.2 UNIDADES DE ANÁLISIS	60
3.5 MONITOREO AMBIENTAL	67
3.5.1 PROCESO DE TRABAJO DE CAMPO	67
3.6 INSTRUMENTACIÓN.....	70
3.6.1 VARIABLES	73
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	75
4.1 ANÁLISIS HIGROTÉRMICO.....	75
4.1.1 NIVEL DEL DISCONFORT.....	75
4.1.2 MÉTODO ADAPTATIVO.....	80
4.1.3 ZONA DE CONFORT.....	84
4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	89
4.2.1 VARIACIÓN DE TEMPERATURA DE BULBO SECO	89
4.2.1.1 PREESCOLAR A	91
4.2.1.2 PREESCOLAR B.....	107
4.2.2 CORRELACIÓN ENTRE TEMPERATURA DE BULBO SECO Y DÍOXIDO DE CARBONO.....	123
4.3 ILUMINANCIA.....	133
4.3.1 CURVAS ISOLUX PREESCOLAR A	135

<i>4.3.2 CURVA ISOLUX PREESCOLAR B</i>	137
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....	141
BIBLIOGRAFÍA.....	153
ANEXOS.....	165
ANEXO A: PRUEBAS PILOTO, FASE 1.....	165
<i>A.1 ESTRATEGIAS DE MONITOREO PARA ESPACIOS OCUPADOS POR INFANTES</i>	170
<i>A.2 ERRORES DE MEDICIÓN</i>	173
ANEXO B: PRUEBAS PILOTO, FASE 2.....	177

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema metodológico.....	56
Figura 2 Preescolar A, sector privado.....	61
Figura 3 Imagen ilustrativa de planta arquitectónica de preescolar A.....	63
Figura 4 Interior del aula de aprendizaje, Preescolar A.....	64
Figura 5 Exterior del aula de aprendizaje, Preescolar A.....	64
Figura 6 Preescolar B, sector público.....	65
Figura 7 Imagen ilustrativa de planta arquitectónica de preescolar B.....	67
Figura 8 Interior del aula de aprendizaje, Preescolar B.....	68
Figura 9 Proceso en trabajo de campo.....	70
Figura 10 División de trabajo de campo.....	71
Figura 11 Esquema en relación a usuarios e interior y exterior.....	74
Figura 12 Esquema en relación al análisis comparativo.....	75
Figura 13 Molestias térmicas locales por diferencia de temperaturas verticales en preescolar A.....	77
Figura 14 Molestias térmicas locales por diferencia de temperaturas verticales en preescolar B.....	79
Figura 15 Ventilación natural y mecánica en gráfico de regresión lineal.....	82
Figura 16 Confort adaptativo en preescolar A.....	83
Figura 17 Confort adaptativo en preescolar B.....	84
Figura 18 Método gráfico para determinar la zona de confort en preescolar A.....	88
Figura 19 Método gráfico para determinar la zona de confort en preescolar B.....	89
Figura 20 Análisis del día 01 de julio, preescolar A.....	92
Figura 21 Análisis del día 02 de julio, preescolar A.....	94

Figura 22 Análisis del día 03 de julio, preescolar A.....	96
Figura 23 Análisis del día 04 de julio, preescolar A.....	98
Figura 24 Análisis del día 05 de julio, preescolar A.....	100
Figura 25 Análisis del día 06 de julio, preescolar A.....	102
Figura 26 Análisis del día 07 de julio, preescolar A.....	104
Figura 27 Análisis del día 08 de julio, preescolar A.....	106
Figura 28 Análisis del día 22 de junio, preescolar B.....	108
Figura 29 Análisis del día 23 de junio, preescolar B.....	109
Figura 30 Análisis del día 24 de junio, preescolar B.....	111
Figura 31 Análisis del día 25 de junio, preescolar B.....	113
Figura 32 Análisis del día 26 de junio, preescolar B.....	115
Figura 33 Análisis del día 27 de junio, preescolar B.....	117
Figura 34 Análisis del día 28 de junio, preescolar B.....	119
Figura 35 Análisis del día 29 de junio, preescolar B.....	121
Figura 36 Diagrama de dispersión lineal, julio 01, preescolar A.....	125
Figura 37 Diagrama de dispersión lineal, julio 02, preescolar A.....	126
Figura 38 Diagrama de dispersión lineal, julio 03, preescolar A.....	128
Figura 39 Diagrama de dispersión lineal, junio 23, preescolar B.....	130
Figura 40 Diagrama de dispersión lineal, junio 24, preescolar B.....	131
Figura 41 Cuadrícula de puntos de medición y curvas de isolux en preescolar A.....	136
Figura 42 Monitoreo continuo en preescolar A.....	137
Figura 43 Cuadrícula de puntos de medición y curvas de isolux en preescolar B.....	139
Figura 44 Monitoreo continuo en preescolar B.....	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de los enfoques de investigación.....	57
Tabla 2 Sistemas Constructivos del aula preescolar A.....	61
Tabla 3 Sistemas Constructivos del aula preescolar B.....	65
Tabla 4 Instrumentos de medición ambiental.....	71
Tabla 5 Variables seleccionadas para la investigación.....	73
Tabla 6 Registro de TBS máxima y mínima en diferencias de temperaturas por día en preescolar A.....	77
Tabla 7 Registro de TBS máxima y mínima en diferencias de temperaturas por día en preescolar B.....	79
Tabla 8 Comparativa de métodos utilizados para determinar zonas de confort....	86

INTRODUCCIÓN

El quehacer arquitectónico, va más allá de la estética y el proceso constructivo. Un concepto clave que debe estar presente al momento de diseñar para construir, es el de la habitabilidad. Visto desde la perspectiva normativa, se define como una serie de condiciones que presenta un espacio construido en relación a factores humanos, y es aquí, donde aparece la característica interdisciplinaria, al tratar temas en relación a la Arquitectura, en los ámbitos psicológicos, pedagógicos, normativos y ambientales.

Por lo tanto, la habitabilidad se determina en un espacio, de acuerdo al usuario y sus necesidades. Dichas necesidades dependen del tipo de usuario y las actividades que realiza. El tipo de usuario puede ser clasificado de acuerdo a su edad, en referencia a las etapas del ciclo de la vida, que abarca desde el periodo prenatal, del nacimiento hasta los dos años de edad, la primera infancia, que abarca desde los dos años hasta los seis años de edad, la segunda infancia, que abarca a partir de los seis años hasta los doce años de edad, la adolescencia, juventud y madurez, hasta la vejez (Delgado, 2015).

El objetivo de este trabajo, es destacar la importancia de la relación entre la habitabilidad y la primera infancia, por medio de la búsqueda de determinar los criterios para el estudio de las condiciones ambientales para aulas preescolares, y de esta manera, contribuir a futuras actualizaciones en criterios de diseño en edificios de nivel preescolar, que logren satisfacer de manera eficiente las necesidades del usuario, en este caso, el infante.

Para lograr el objetivo, se hizo una evaluación de las condiciones ambientales en las aulas de aprendizaje y enseñanza, de los espacios educativos preescolares, en relación a cinco factores ambientales: temperatura de bulbo seco, temperatura radiante, humedad relativa, dióxido de carbono e iluminancia, por medio de un monitoreo con instrumentos de medición ambiental, por tiempo limitado, durante el periodo crítico de verano, dentro de los horarios de actividades escolares.

Posteriormente, se realizaron observaciones descriptivas y fenomenológicas, sobre los factores térmicos, lumínicos y de calidad del aire, por medio de análisis térmicos, sobre el nivel de discomfort, método adaptativo y zona de confort, análisis estadístico, sobre la variación de temperatura de bulbo seco y la correlación entre temperatura de bulbo seco con dióxido de carbono, así como el análisis en los niveles de iluminancia, dentro del recinto educativo.

Sin embargo, debido a la situación de emergencia sanitaria de la COVID-19, causado por el virus SARS-COV-2, los tiempos permitidos para el trabajo de campo, fueron limitados, por lo que no se pudieron realizar bitácoras que complementaran los datos de monitoreo, para obtener información que permitieran conocer de manera precisa, las situaciones causales del comportamiento del edificio, en referencia a los resultados obtenidos.

La localización del estudio, fue en la ciudad de Mexicali, Baja California, México, con características climáticas de tipo cálido seco-extremoso, en dos unidades de análisis; un instituto educativo del sector privado, con un programa educativo de tres niveles de educación básica (preescolar, primaria y secundaria), y un instituto educativo del sector público, con sólo un programa educativo de educación básica (preescolar). La selección de estas unidades de análisis, fue en base a la disponibilidad de acceso, debido a la emergencia sanitaria.

Los resultados mostraron que, durante el proceso de trabajo de campo, fue necesario realizar ajustes para obtener datos precisos, en relación a usuarios de la primera infancia, por medio de adaptaciones en relación a las alturas, distancias y posicionamiento de los instrumentos de medición. Por lo anterior, fue necesario crear estrategias que facilitaran el proceso del trabajo de campo, con ayuda del personal docente, para evitar la manipulación de sensores por los infantes y personal del instituto educativo.

En relación a los resultados obtenidos en el análisis higrotérmico, del 0% al 1% se presentó la posibilidad de molestias térmicas locales, sólo en días inhábiles para el preescolar B. Dentro del método adaptativo, el preescolar A logró entrar dentro de los límites de aceptabilidad del 80% sólo durante dos días, mientras que, en preescolar B, todos los días permanecieron dentro de los límites de aceptabilidad, a excepción de los dos días inhábiles.

Dentro del mismo análisis higrotérmico y el análisis estadístico, la zona de confort y variación de temperatura de bulbo seco, estuvieron estrechamente relacionadas, al coincidir el grado de dispersión de la temperatura de bulbo seco, con respecto a la permanencia de los datos en las zonas potenciales de confort, tanto del método de Dochery y Szokolay como de ASHRAE-2017. Con estos primeros cuatro análisis, el recinto educativo del preescolar B, presentó un mejor comportamiento que el preescolar A, en el ámbito higrotérmico.

Para el análisis estadístico de correlación entre temperatura de bulbo seco y dióxido de carbono, se presentaron correlaciones negativas para el preescolar A y correlaciones positivas para el preescolar B, de las cuales, sólo las negativas, por los días inhábiles, se obtuvieron valores de r de -0.94 y -0.85.

Y, en referencia al análisis de iluminancia, los niveles de iluminancia mantenida requerida por la norma de 300 lx, fueron alcanzados por la iluminancia media del preescolar A, por lo que se cumplió con la norma, a diferencia de preescolar B, cuyo valor de iluminancia media, fue inferior a la iluminancia mantenida, requerida de 300 lx.

La presente tesis, tiene por contenido, un total de cinco capítulos y dos anexos, que describen lo siguiente: el planteamiento de la investigación en el capítulo uno, el cual abarca el planteamiento del problema, justificación, preguntas de investigación, hipótesis, objetivos, alcance y limitaciones, antecedentes y casos análogos.

El capítulo dos, que comprende el marco teórico, con los temas de habitabilidad, factores ambientales y recolección y análisis de datos. La metodología en el capítulo tres, el cual define el diseño de la investigación, localización y clima, muestreo, monitoreo ambiental, la instrumentación y variables.

Para el capítulo cuatro, se muestran los resultados obtenidos, en base al análisis higrotérmico, estadístico y de iluminancia, para finalizar con el capítulo cinco, por medio de las conclusiones. Posteriormente, se desglosan los anexos, que describen las estrategias implementadas para la evaluación de un espacio cuyos usuarios son infantes, errores de medición y sus respectivas correcciones, divididos en A, el cual describe las pruebas piloto fase 1, y B, el cual describe las pruebas piloto fase 2.

RESUMEN

En el diseño de las aulas de aprendizaje a nivel preescolar, deben considerarse factores ambientales que estimulen de manera positiva el desarrollo integral del infante. Ya que en ésta etapa se ha demostrado que el desarrollo cerebral se presenta a una velocidad irreplicable, y el cual posibilita el aprendizaje y la base estructural de su proceso cognitivo-conductual y senso-motor, las condiciones de habitabilidad que presente un espacio educativo preescolar, juegan un papel importante en la intervención del desarrollo integral del infante. El objetivo de ésta investigación fue determinar los criterios para el estudio de la habitabilidad térmica, lumínica y de calidad del aire, en las aulas de espacios educativos preescolares, con base a las necesidades de los infantes de dos a seis años de edad, por medio de un monitoreo con instrumentos de medición ambiental, y comparación con los requerimientos mínimos de los espacios, establecidos por estándares internacionales y estudios especializados. Se obtuvo como resultado, el análisis higrotérmico, estadístico y de iluminancia, de dos preescolares; uno del sector público y otro del sector privado, así como la definición de criterios para la evaluación de un espacio preescolar.

Palabras Clave: Habitabilidad ambiental, Primera Infancia, Confort ambiental.

ABSTRACT

In the design of learning classrooms at the preschool level, environmental factors that positively stimulate the integral development of the infant must be considered. Since in this stage it has been shown that brain development occurs at an unrepeatable speed, and which enables learning and the structural basis of its cognitive-behavioral and sensory-motor process, the habitability conditions that a preschool educational space presents, play an important role in the intervention of the integral development of the infant. The objective of this research was to determine the criteria for the study of thermal, light and olfactory habitability in the classrooms of preschool educational spaces, based on the needs of infants from two to six years of age, through monitoring with environmental measurement instruments, and comparison with the minimum requirements of the spaces, established by international standards and specialized studies. The hygrothermal, statistical and illuminance analysis of two preschoolers was obtained as a result; one from the public sector and another from the private sector, as well as the definition of criteria for the evaluation of a preschool space.

Keywords: Environmental habitability, Early Childhood, Environmental comfort.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

En éste capítulo se abordan los apartados de planteamiento del problema, justificación, preguntas, objetivos e hipótesis, con el fin de dar a conocer el tema en cuestión.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Instituciones americanas como la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire acondicionado (ASHRAE, por sus siglas en inglés), la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) y Cuidando a Nuestros Niños (CFOC, por sus siglas en inglés), establecen una serie de estándares en relación al diseño del espacio, para evitar condiciones de riesgo que conlleven a situaciones de morbilidad y mortalidad en estancias infantiles.

Sin embargo, se encuentran elaboradas en base a usuarios y contexto generalizados, es decir, no atienden de manera específica a niños en etapa infante, en edades de dos a seis años de edad, quienes presentan condiciones especiales que necesitan satisfacerse por medio del entorno en el que se desenvuelven.

Un ejemplo de ello, presenta ASHRAE (2018), el cual establece una guía para mejorar o crear un espacio educativo con el objetivo de generar una eficiencia energética, promoviendo una serie de recomendaciones, las cuales van dirigidos a una amplia gama de estudiantes; K-12 (edades de cero a 12 años, de acuerdo al sistema educativo de EUA), mismo que se fundamenta con estándares proporcionado por la misma asociación, que de igual manera, se encuentran dirigidos para población adulta bajo situaciones y actividades específicas.

Otro ejemplo se puede encontrar en la normatividad técnica mexicana, el Instituto de Infraestructura Física y Educativa (INIFED, 2020), los cuales proponen una serie de consideraciones de diseño, que, en el mismo sentido, se encuentran dirigidos a todos los niveles de educación básica, que trata puntos generalizados en temas de habitabilidad sin fundamento base para la interrogante ¿Por qué un infante debe desarrollarse bajo éstas características del espacio físico?

Se ha demostrado por diversos estudios, que la etapa infante del ser humano presenta una condición irrepetible, el cual debe ser aprovechada. Tal y como explican Fandakova y Hartley (2020) y El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF, 2019), ocurre un proceso neuronal, que es de vital importancia debido a que consolida la base del desarrollo posterior, el cual se ve fuertemente influenciado por las condiciones del entorno en el que se desenvuelven.

Por lo tanto, si dichas condiciones no se encuentran en el estado óptimo, trae como consecuencia un retroceso en el desarrollo integral del infante, causando enfermedades que lo afectan de manera temporal hasta convertirse en problemas crónicas, perjudicándolo a lo largo de su vida.

Como ejemplo de ello, en los niveles de iluminación y acústica muy elevados o muy bajos del rango óptimo, que llegan a causar fatiga visual, falta de productividad y rendimiento escolar, así como daño y pérdida de la audición, lo cual provoca la disminución del entendimiento del idioma e interferencia en el desarrollo del lenguaje que lo afecta el resto de su vida.

En el caso de la habitabilidad térmica, explican cómo la cognición del niño se ve afectado cuando los espacios escolares presentan niveles muy elevados o muy bajos de temperatura y humedad, que, por consecuencia, desencadenan otras problemáticas como la calidad del aire en los ambientes interiores, por ejemplo, con el exceso de humedad que provoca agentes biológicos causantes de irritación en ojos, nariz y garganta.

EPA (2022), explica cómo diversos estudios demuestran que los niveles de polución en los ambientes interiores llegan a niveles de dos, cinco y en ocasiones hasta 100 veces más alto que los niveles de polución en ambientes exteriores, que provocan daños en la salud a corto y largo plazo, llegando a condiciones letales por intoxicación debido a una mala ventilación del espacio.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La Federación Española de Asociaciones de Profesionales de atención Temprana y la Asociación Americana de Pediatría en conjunto con otras asociaciones como la CFOC (2019), se han encargado de crear estándares generales para estancias infantiles, para cumplir con las necesidades básicas de los infantes, como son la calidad de aire, temperaturas, humedad, acústica y confort visual como la iluminación.

Y cómo, el no considerar dichos factores ambientales pueden traer consecuencias irreversibles en el aprendizaje, crear situaciones de estrés, padecimientos visuales, auditivos y respiratorios, hasta llegar a condiciones letales.

En un contexto climático como el de Mexicali, cuyas temperaturas alcanzan niveles de 45 a 50 grados Celsius en periodos de verano, y de hasta cinco grados Celsius en periodos de invierno, es necesario tomar en cuenta los infantes son más propensos a padecer situaciones de morbilidad como golpes de calor e insolación, agotamiento y calambres por calor (Children's Hospital Colorado, 2021).

Si en un aula de aprendizaje-enseñanza, no cumple con las condiciones de diseño ideales con respecto a factores ambientales, como en éste caso la temperatura, para realizar sus actividades diarias, el desarrollo integral del niño se ve afectado; desde aspectos en el aprendizaje por baja productividad, hasta padecimientos que pueden volverse crónicos o llegar a situaciones mortales de no tratarse oportunamente.

De igual manera, establecer la importancia de la intervención temprana en infantes, por medio de la Arquitectura, que incentive su desarrollo integral, es considerado una inversión rentable, ya que se evita en un futuro gastos mayores por tratamientos hacia la salud y se consolidan las bases para formarse como adultos saludables, capaces y productivos para ellos mismos y la sociedad (Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social, 2016).

1.2.1 DESARROLLO FISIOLÓGICO DEL INFANTE

Con la finalidad de comprender la importancia del desarrollo integral del infante, se presenta de forma breve, los procesos fisiológicos en esta etapa, con relación a los factores ambientales evaluados en este estudio.

1.2.1.1 PROCESO NEURONAL

El ser humano se desarrolla en base a diferentes etapas de maduración. Estas etapas se encuentran dentro de un proceso denominado ciclo vital, en el cual, la etapa denominada primera infancia, que abarca las edades de dos a seis años de edad, tiene la característica de presentar atributos biológicos irrepetibles, debido a la condición de máxima plasticidad cerebral dentro del sistema nervioso, que impulsa el desarrollo cognitivo, conductual y motriz del infante (Delgado, 2015; UNICEF, 2019).

Por lo tanto, durante el progreso de sus capacidades físicas y psicológicas, requiere de estimulaciones sensoriales y un ambiente apropiado que motiven de manera positiva su desarrollo integral.

1.2.1.3 DESARROLLO DEL ÓRGANO VISUAL

En ésta disciplina, áreas especializadas como la oftalmología pediátrica, explican cómo cuidar de la vista de un niño en los primeros 8 años de vida, es de vital importancia, ya que, de no hacerlo, se puede provocar un retroceso en el desarrollo cognitivo del infante, perjudicándolo el resto de su vida, en dónde, dentro del rango de tres a seis años de edad, es el periodo óptimo para solucionar problemas de visión (Sánchez, 2013).

Como ejemplo, la agudeza visual es la capacidad que tiene el mismo sistema visual de un individuo, para discriminar los detalles en un objeto observado. Para detectar esto, se deben tener en cuenta, tanto las estructuras anatómicas que participan en todo el proceso visual como la captación, enfoque, transmisión e interpretación de los estímulos visuales, los cuales varían entre un niño y un adulto, como de factores externos que involucran el proceso de agudeza visual como la cantidad de iluminación que tiene un ambiente dado, la intensidad luminosa, el contraste y su color (Merchán, Acosta, Gonzales y Cortés, 2010).

1.2.1.5 DESARROLLO DEL SISTEMA RESPIRATORIO

Se denomina como frecuencia respiratoria, a la cantidad de respiraciones que tiene un individuo por minuto. Tanto la velocidad, como el patrón y profundidad al respirar, indican cómo funciona el cuerpo para suministrar el oxígeno a los órganos y tejidos. En la pediatría, la frecuencia respiratoria de un infante es de 22 a 34 respiraciones por minuto, mientras que, en un adulto, tiene una frecuencia de entre 12 y 20 respiraciones por minuto (Lockett y Nunez, 2022).

Lo anterior, es una de las razones por las cuales los niños sufren más los efectos de contaminación del aire, porque absorben más los contaminantes que un adulto (OMS, 2018).

Según Parrales y Román (2019), los factores ambientales influyen en el desarrollo de enfermedades respiratorias como tos, gripe, alergia, asma, bronquitis, entre otras, por lo que es imprescindible, tomar medidas preventivas para evitar que se deteriore el correcto desarrollo del infante.

1.2.1.6 TERMORREGULACIÓN

Para la cuestión del proceso de termorregulación en infantes, Pinacho (2014) explica como los neonatos, lactantes e infantes son más propensos a sufrir situaciones de morbilidad y llegar a situaciones de mortalidad, asociadas a las altas temperaturas ambientales presentadas en regiones desérticas.

Aunado a actividades en un ambiente sin aire acondicionado, ventilación apropiada o ropa adecuada, debido a que su mecanismo termorregulador se encuentra en fase inmadura, y generan mayor calor metabólico que los adultos. Esto quiere decir que el infante, gasta más energía y produce mayor calor que un adulto, lo que facilita el aumento en su temperatura corporal. Además, su proceso de adaptación al calor es más lento que una persona adulta; el infante requiere el doble de tiempo que un adulto. (Aragón, 2013).

En éste mismo estudio, Pinacho (2014) explica que, en los estados como Sonora y Baja California, se registra la mayor mortalidad por golpe de calor, y se espera que aumenten las temperaturas hasta 2 grados Celsius en los próximos veinte años, por lo que es indispensable, desarrollar estrategias de prevención y protección para los grupos vulnerables, como los infantes.

1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

PREGUNTA GENERAL:

¿Cómo se determinan los criterios para el estudio de la habitabilidad ambiental en los espacios de educación preescolar en un clima desértico?

PREGUNTAS ESPECÍFICAS:

- ¿Cuáles son las condiciones de habitabilidad térmica, lumínica y de calidad del aire, en un espacio preescolar?
- ¿Cómo son las condiciones de habitabilidad térmica, lumínica y de calidad del aire, en el espacio educativo preescolar, que se requieren para optimizar el desarrollo integral del infante, de acuerdo a normativas internacionales?
- ¿De qué manera es posible aplicar las normativas internacionales, con respecto a la habitabilidad ambiental, en los espacios educativos preescolares para un clima desértico?

1.4 HIPÓTESIS

La evaluación de los espacios educativos preescolares, específicamente en las aulas de aprendizaje y enseñanza, con respecto a las condiciones ambientales, como la temperatura de bulbo seco, humedad relativa, iluminancia y niveles de dióxido de carbono, que presenta el espacio en periodos críticos, dentro de un contexto climático cálido seco-extremoso, contribuye a determinar los criterios para el estudio de la habitabilidad ambiental con énfasis en la población infantil, conforme a estándares internacionales y estudios especializados.

1.5 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

Como parte de las directrices para generar el tema de investigación, se desglosan los objetivos. El objetivo general, parte como panorama global del tema en cuestión, para llegar a objetivos específicos que ayuden a determinar la precisión del trabajo.

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los criterios para el estudio de las condiciones de habitabilidad ambiental, para las aulas de aprendizaje preescolar, con base en las necesidades del infante.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer un análisis crítico de la normatividad internacional y estudios especializados en referencia a la habitabilidad térmica, lumínica y de calidad del aire, de los espacios educativos y estancias infantiles.
- Definir las condiciones de habitabilidad ambiental, por medio de un diagnóstico y monitoreo de las variables de temperatura de bulbo seco, humedad relativa, dióxido de carbono e iluminancia, en las aulas de aprendizaje y enseñanza de los espacios educativos preescolares, en base al análisis de la normatividad y estudios especializados.

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES

Se determinan de acuerdo a las necesidades de la investigación. Como alcances, se describen los elementos previstos para el estudio:

- **Cédulas de registro para el enfoque cualitativo:** en los cuales se anotan los aspectos de distribución, mobiliario, dimensionamiento, colores y diseño arquitectónico en general del aula preescolar.

- **Instrumentos de medición ambiental:** se utilizan cuatro sensores para monitoreo ambiental para evaluar las condiciones de habitabilidad integral dentro del aula preescolar. De acuerdo a Testo SE & Co (2021) y Escobar (2014), los tipos de instrumento y su función a considerar son:

- **Medidor de Temperatura ambiente y Humedad relativa:** instrumento de medición que permite medir los rangos de temperatura en el ambiente. Su unidad de medida son Celsius, Fahrenheit y Kelvin.

Los seres humanos son sensibles ante las variaciones de temperatura, en especial los niños. Al utilizar éste aparato, es necesario tomar en cuenta que no haya fuentes de frío o calor. Los componentes a considerar al utilizar éste aparato, son las sondas de medición para temperatura de aire y el sensor de temperatura ambiente.

- **Medidor de CO_2 :** instrumento de medición que permite medir el nivel de la calidad del aire interior en base a los gases de combustión. Los aspectos a considerar para la elección de éste instrumento son: un registrador de datos para un modelo estacionario o portátil; condiciones ambientales (el polvo fino y la humedad pueden influir en los resultados).

- **Luxómetro:** instrumentos de medición que permiten medir el nivel de iluminación de un espacio de manera real y no subjetiva. Su unidad de medida es el lux.

Existen dos fuentes básicas de iluminación a evaluar; la luz natural, suministrada por la luz diurna, con ventajas predominantes a la luz artificial, pero con desventajas de ser variable su intensidad a lo largo del día. Y, la luz artificial, suministrada por fuentes de luz como lámparas, que dependen de su colocación o distribución para una correcta iluminación.

Los aspectos importantes a considerar son sus componentes de: Tipo de sensor (debe percibir la luz ambiental como lo hace el ojo humano); Curva v-lambda (se refiere a la curva fotópica que evalúa la intensidad de la iluminación); Manejo (que contenga un menú de medición bien estructurado).

Como limitaciones, se describen las situaciones por las cuales, la investigación puede verse interrumpida, y con la necesidad de ajustes:

- **Escuelas preescolares:** la selección de aulas de aprendizaje se considera por la facilidad de acceso al espacio educativo, por la disponibilidad del personal administrativo del espacio educativo y por la seguridad para evitar daños o robo de los instrumentos de medición ambiental.

- **Periodos para la evaluación de las aulas preescolares:** debido a que, en el sector de educación básica, el ciclo escolar se divide anualmente, y la investigación es en referencia a las temporadas críticas que presenta el clima de la ciudad de Mexicali, la evaluación de los factores ambientales dentro del aula, se adapta al de regreso del personal administrativo y de los infantes del periodo vacacional de invierno (mes de enero) y antes de concluir el ciclo escolar e iniciar el periodo vacacional de verano (mes de junio), de acuerdo al calendario descrito por la Secretaría de Educación Pública.

1.7 ANTECEDENTES

Con la intención de presentar evidencia de estudios en relación al tema en cuestión, y a su vez, mostrar la importancia de continuar con investigaciones relacionadas a la habitabilidad en la Arquitectura y el desarrollo integral del infante, en este capítulo se abordan los antecedentes por medio de dos puntos principales: el Estado del arte con las disciplinas relacionadas a la Arquitectura y los casos análogos de investigaciones relacionadas al tema de investigación.

1.7.1 ESTADO DEL ARTE

Como se ha hecho mención, para poder satisfacer las necesidades del infante, y hacer la aportación arquitectónica que ayude a potencializar el crecimiento adecuado del niño, es necesario que la Arquitectura se apoye de otras disciplinas que ayuden a comprender: cómo el usuario final del espacio educativo preescolar se manifiesta durante ésta etapa, cómo se desenvuelve dentro de un espacio, cómo adquiere conocimiento, qué lo motiva y cuáles son sus condiciones físicas y psicológicas que presenta mientras alcanza otros grados de madurez.

1.7.1.1 ARQUITECTURA Y PEDAGOGÍA

El primer enlace, en referencia a disciplinas que coadyuvan a la Arquitectura, para comprender mejor la importancia de su relación, es la Pedagogía, de los cuales derivan los ambientes de aprendizaje.

1.7.1.1.1 AMBIENTES DE APRENDIZAJE

Son definidos como los espacios que engloban toda una serie de características que influyen de manera significativa a un estudiante para adquirir nuevos conocimientos. Aunque puede referirse un ambiente de aprendizaje en cualquier grado académico, para este estudio se hace referencia únicamente al ambiente de aprendizaje para la etapa preescolar, en el cual, como se ha hecho mención, repercuten de manera significativa en el infante para su desarrollo integral, misma que definirá su crecimiento en posteriores etapas de madurez.

Un ambiente de aprendizaje puede ser definido desde la interacción social y humana, por medio de diversas actividades que estimulen el cómo relacionarse con las personas, y de igual manera, puede ser definido por la interacción físico-sensorial, gracias a la manera en la que está diseñado el espacio en el cual se presentan factores ambientales, de los cuales el infante tiene percepción del color, la luz, las texturas, el mobiliario, los sonidos, entre otros.

En el mismo sentido, con un punto de vista arquitectónico, cuando se toma en cuenta estos aspectos ambientales en el espacio donde se concentran actividades de aprendizaje-enseñanza, le ofrecen al infante un ambiente atractivo y confortable que lo ayudan a potenciar sus capacidades en base a sus intereses y necesidades (García-Chato, 2014).

El autor García-Chato (2014), puntualiza siete aspectos importantes que el arquitecto debe considerar al momento de diseñar espacios para preescolares:

1. Instalaciones para el desarrollo social como patios, áreas de juegos, etc.
2. Mobiliario que facilite la ubicación de materiales.
3. Diseño de diferentes espacios que ayuden al contraste como cambios de iluminación.
4. Espacios que promuevan la motivación, que permita la exhibición de los trabajos realizados por los alumnos.

5. Espacios que promuevan actividades de aprendizaje, es decir, que el espacio se adapte a la realización de distintas actividades escolares.

6. Mobiliario ergonómico que se adapte a la antropometría del infante para facilitar su postura.

7. Adaptaciones arquitectónicas para infantes con necesidades especiales.

Con lo anterior, un ambiente de aprendizaje bien diseñado que proporcione la iluminación, la acústica, un diseño climático, ventilación, sentido de propiedad, flexibilidad y altos niveles de estimulación visual, impulsan el desarrollo académico de los niños. Y, en caso contrario, un entorno mal diseñado, que carece de los recursos mencionados, puede causar incomodidad y afectar la capacidad de desempeño académico (Perry, Adi-Japha y Spektor-Levy, 2023).

1.7.1.2 ARQUITECTURA Y PSICOLOGÍA

La segunda relación de disciplinas, aunque no se abordan de manera específica dentro del análisis de datos para la investigación, se describen a continuación de manera general para comprender la importancia de su enlace, al tener un enfoque con la primera infancia.

1.7.1.2.1 PSICOLOGÍA AMBIENTAL

Dentro de la disciplina de la Psicología, coexisten dos áreas que juegan un papel fundamental que relaciona a la Arquitectura y a la Psicología en función de la primera infancia; La Psicología Ambiental, que se encarga de estudiar la relación entre el espacio o ambiente físico y la conducta humana.

Baldí y García (2006), citan a Aragonés y Amérigo (1998) para explicar su definición, como la disciplina que estudia la interacción entre las conductas de las personas en relación con el ambiente “socio-físico”, ya sea natural o construido, tomando como base los procesos de adaptación, es decir, los estudios se basan en los procesos psicológicos por las cuales las personas atraviesan para adaptarse al ambiente físico que lo rodea.

1.7.1.2.2 INFANTE Y PERCEPCIÓN DEL ENTORNO

Según explica Delgado (2015), las teorías de aprendizaje como las experiencias vividas en el entorno aportan al desarrollo del aprendizaje, por lo tanto, los estímulos que se encuentran en el ambiente, son factores claves que describen las conductas del niño de acuerdo a cómo percibe su entorno.

Canova (2007) explica a Piaget, sobre cómo durante el proceso de desarrollo, el niño percibe su entorno, toma un papel fundamental para el desenvolvimiento mental, por medio de percepciones auditivas, visuales, táctiles, entre otras; *“Al tratar de captar lo que ve, y de ver lo que oye, el niño en éste periodo se forma una idea del universo que lo rodea, coordinando las diversas percepciones, y con esto favorece la estructuración del propio ‘yo’”* (Canova, 2007).

Los sentidos, pueden definirse por dos situaciones; la genética y el aprendizaje, que, a su vez, tienen como intermediario la maduración del individuo. Por lo tanto, la fisiología de los órganos de percepción depende de factores genéticos determinados por la evolución, y la maduración de los sistemas de percepción dependen de esta parte genética, aunado al historial de exposición que tenga el individuo con el ambiente circundante (Cabrera, 2017, et. al. 35, en Gibson, 1966)

1.7.2 CASOS ANÁLOGOS

Dentro de la revisión de la literatura, se encuentran casos de estudio en términos de habitabilidad ambiental, sobre los factores térmicos, lumínicos y de calidad del aire, que se han desarrollado en distintos contextos.

Hernández (2010) realizó un análisis sobre la bibliografía nacional e internacional, con el objetivo de proponer un marco operativo para el desarrollo de indicadores que permitieran medir la habitabilidad educativa de las escuelas en México, resaltando ocho dimensiones a evaluar en un espacio educativo, en los cuales podemos destacar el confort físico en el aula y el espacio educativo en términos de amplitud, versatilidad y apariencia estética.

En éstas dimensiones, el autor desglosa ocho aspectos: el confort térmico, acústico, lumínico, de ventilación y de calidad del mobiliario, así como las dimensiones, la forma y la estética del aula, y explica, por medio de bibliografía especializada, la influencia positiva y negativa que conllevan éstas variables para medir las condiciones de la infraestructura y equipamiento escolar.

Y concluye que, en México, Instituciones como la Secretaría de Educación Pública y el Instituto de Nacional de Infraestructura Física Educativa, han intentado hasta cierto punto medir las condiciones de habitabilidad de las escuelas, sin llegar a satisfacer correctamente las necesidades de los usuarios debido a la falta de criterios en los contextos de diversidad climática, sociocultural y socioeconómica.

Diversos estudios entorno a la evaluación de espacios educativos, utilizan como base las dimensiones planteadas por el autor. En éste sentido, Arizmendi (2018), realizó un diagnóstico de escuelas a nivel primaria en el estado de Guerrero, en referencia a la habitabilidad, con el objetivo de conocer las condiciones de los espacios escolares; sus necesidades y potenciales, para llevar a cabo una propuesta de mejoramiento.

La metodología empleada fue en base a una recaudación de datos gráficos descriptivos, así como un análisis crítico y comparativo, en los cuales, describe cómo las dependencias encargadas de la educación en México, se centran en mejorar programas académicos, sin tomar en cuenta los aspectos arquitectónicos, de confort físico y del bienestar de sus habitantes, que influyen de manera implícita en el aprendizaje, bienestar y rendimiento de los alumnos.

En éste estudio, es posible tomar como referencia las dimensiones que engloban las variables de una habitabilidad integral, como son los indicadores planteados por el autor Hernández y la metodología empleada por el autor Arizmendi, así como tomar en cuenta algunas de las propuestas de mejoramiento, los cuales pueden ser adaptados a un contexto educacional de nivel básico preescolar.

1.7.2.1 ESTUDIOS SOBRE FACTORES TÉRMICOS:

Ré, Filippín y Blasco (2019) realizaron un estudio en dos edificios escolares ubicados en el Área Metropolitana de San Juan, Argentina. En un clima caracterizado por ser árido-seco, el objeto del estudio fue evaluar las condiciones de confort térmico de las aulas escolares.

Como metodología, emplearon técnicas de observación directa, análisis de documentos especializados y monitoreo en periodo de primavera, por 19 días en los meses de julio y agosto, y periodo de invierno por 14 días, en el mes de noviembre. Se tomó como referencia durante los periodos de monitoreo para el análisis, los días críticos.

Se utilizaron registradores de datos tipo *data loggers* (HOBOS U12) con mediciones en intervalos cada 15 minutos. Los datos exteriores, se registraron por medio de una estación meteorológico tipo DAVIS, ubicada en el techo del Instituto de Energía Eléctrica de la Facultad de Ingeniería. Además, se elaboró una encuesta a 459 alumnos en edades de nueve a 11 años, durante los periodos mencionados.

Como resultados, se obtuvieron que las condiciones de confort térmico en las aulas se ven afectados por distintos factores: la densidad de ocupación, los niveles de vestimenta, y las actividades de los usuarios en relación al salto térmico interior-exterior.

De igual manera, se especifica la importancia de contar con datos bioambientales de la localidad, así como la tipología de los edificios para definir claramente los rangos de confort, ya que las normas internacionales, son elaboradas bajo otras costumbres y condiciones ambientales.

En este caso de estudio, es importante recalcar la metodología empleada para la obtención de datos ambientales. Se excluye la aplicación de encuestas, por necesitar, en el desarrollo de ésta tesis, una adaptación para niños en edades de 3 a 6 años. Otro punto importante a destacar, es la generalización de la normatividad internacional en el contexto climático.

Quiña (2018) realizó un estudio en Ecuador, cuyo objeto, fueron las condiciones de infraestructura, equipamiento y servicios de las instituciones educativas del Distrito Metropolitano de Quito. Utilizó como metodología, herramientas de registro de datos, observación y aplicación de encuestas y cuestionarios. Obtuvo como resultados que los aspectos de habitabilidad e infraestructura, existen deficiencias en las escuelas, aunado a que los criterios de diseño y normatividad implementada son deficientes, por carecer de visión y son limitados al no extenderse a la gran variedad de requerimientos que deben poseer las instituciones educativas.

En el mismo sentido, Sánchez (2016), realiza un análisis en aulas de escuelas primarias en Nayarit, México, con el fin de hacer propuestas para lograr el confort térmico. Las técnicas e instrumentación utilizadas para éste estudio, son la observación directa (a las aulas y usuarios), la revisión documental (fuentes bibliográficas, telemáticas, audiovisuales y archivísticas) y cuestionarios.

En éste estudio se destaca que, el espacio educativo, no llega al confort térmico ideal, el cual fue definido por medio de distintas etapas de análisis: el estudio de su sitio y su entorno; para conocer el medio natural y artificial, y el estudio de su climatología; para definir los factores que determinan las condiciones térmicas de las aulas.

En éstas dos etapas, el autor destaca el análisis de la temperatura, la radiación solar, la humedad, precipitación y viento, aunado a un análisis paramétrico con la herramienta denominada Bioclimatic Analysis Tool.

Gracias a éstos datos obtenidos y al análisis bioclimático, se determinó el rango de confort térmico para la ciudad de Tepic, concluyendo que se encuentra entre los 21.4 a 26.4 grados Celsius con una humedad relativa de entre el 30% al 70%, y no los rangos de 18 a 25 grados Celsius con humedad relativa del 50%, como establecen los requerimientos de INIFED.

Concluye que, éstos requisitos sólo cumplen funciones universales, que, por consecuencia, no cumplen con los rangos de confort térmico necesarios para los usuarios de los espacios educativos de ésta ciudad.

Con el análisis de los casos anteriores, es posible observar cómo las dependencias de gobierno, enfocadas a crear criterios o lineamientos de diseño para espacios educativos, se emplean de manera generalizada, es decir, no están desarrollados bajo contextos climáticos específicos o por rango de edades específicos del usuario final, quienes son los estudiantes, por lo que es necesario, considerar plantear nuevas estrategias que complementen las existentes, con el fin de enriquecer los lineamientos y criterios que realmente logren satisfacer las necesidades del usuario.

Teli, Jentsch, James y Bahaj (2012) realizaron un estudio en Reino Unido, cuyo objeto fue el confort térmico en niños de entre siete a once años de edad. La metodología empleada, fue una evaluación de las condiciones térmicas del aula en temporada de calefacción, la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa en intervalos de 5 minutos en los meses de marzo a agosto.

De igual manera, se realizaron encuestas a los alumnos de acuerdo a la norma ISO 7726 para adultos, adaptado a niños con ayuda de personal docente, con los siguientes puntos: a) Voto de sensación térmica, basado en ASHRAE de siete puntos de escala de sensación térmica, b) Voto de preferencia térmica, basado en siete puntos de escala, c) Sensación de comodidad, d) Información sobre la ropa, e) Sensación de cansancio y d) Actividad del encuestado antes de la aplicación de la encuesta.

Como resultados, destacan que los modelos actuales de confort térmico, se basan en estudios con sujetos adultos en oficinas, y esto no es garantía que puedan ser aplicados a niños, ya que los resultados finales sugieren que los niños son más sensibles a temperaturas más altas que los adultos con temperaturas de confort aproximado de 4 °C y 2 °C más bajas que las predicciones del modelo de Confort adaptativo (PMV).

El autor Fabbri (2013), describe como aplicó los requisitos para cuestionario establecidos por la ISO 10551 adaptados para niños de preescolar en edades de 4 y 5 años con la ayuda de pedagogos y educadores para realizar correcciones comunicativas y poder interpretar las respuestas de los infantes.

El estudio fue realizado en Italia, en la ciudad de Reggio Emilia, en el cual, para un enfoque cuantitativo, se hicieron mediciones del microclima interior del aula de preescolar por medio de instrumentación con registrador de datos, sobre variables de temperatura de bulbo húmedo, temperatura ambiente, humedad relativa y velocidad del aire.

Debido a que el infante fue el principal involucrado, la metodología para colocar la instrumentación y no ser dañado por los mismos infantes fue colocar registradores de datos (*data loggers*) a una altura de 1.30 m y cuya ubicación no se encontraba al centro geométrico del espacio.

Como resultados, se obtuvo que el confort térmico del infante, supera la percepción de los adultos, y se atribuyó a factores fisiológicos, psicológicos y físicos como la temperatura media radiante, debido a que los infantes se encuentran más cercanos al suelo, y como la humedad relativa, debido a que los infantes tienen un mayor cociente respiratorio.

Después tenemos a los autores Yun, Nam, Kim, Yang, Lee, y Sohn, (2014) realizaron un estudio en Corea del Sur, en diez jardines de infantes seleccionadas al azar, cuyo objeto de estudio fue el confort térmico y los parámetros relevantes para niños en edad infante en aulas con ventilación natural. Las variables estudiadas fueron la temperatura de bulbo seco, la humedad relativa y la velocidad del aire.

El sujeto de estudio fueron infantes de entre cuatro y cinco años de edad. La metodología empleada fue una encuesta a 119 niños, en base a ISO con escala de siete puntos, el cual fue adaptado con ayuda de personal docente para obtener precisión en las respuestas. De igual manera, se hicieron mediciones ambientales por medio de instrumentación para medición ambiental (Testo 480 y Testo 175H1) colocados a una altura de un metro según la norma ISO 7726 y de manera que no perturbaran las actividades diarias.

Los resultados obtenidos, sugieren que los modelos de PMV tienen limitaciones en predecir el confort térmico en el contexto de los niños, ya que ellos tienen una sensación térmica más cálida que los adultos y prefieren temperaturas más bajas. Lo anterior se atribuye a las altas tasas metabólicas por peso corporal de los niños, lo que llevo a la percepción del confort térmico a un rango más bajo.

La aportación de éstos estudios va más allá de un análisis del espacio físico; el usuario final (el niño en etapa infante) es el principal involucrado en el estudio. Para realizar una investigación que realmente contribuya de manera positiva en el mejoramiento del espacio en el cual se desarrolla integralmente, es necesaria una intervención directa en el aula preescolar, así como el sujeto principal del estudio.

Por lo que tomar como referencia el trabajo empelado por los autores, de manera que pueda ser integrado como estudios pilotos, puede ayudar a contribuir a replicar un estudio doctoral bajo un contexto climático diferente, tomando en cuenta otras pedagogías alternativas que faciliten la comunicación entre sujeto-investigador.

Teli, Bourikas, James, y Bahaj, (2017) con el análisis realizado por Teli, et al (2012), desarrollaron otro estudio en Reino Unido, en cuatro edificios escolares de diferentes edades y características en su tipología arquitectónica, con el objeto de estudio sobre el rendimiento térmico del edificio, tomando como referencia la metodología de la encuesta de campo para adquirir la sensación térmica de los niños.

La metodología empleada se dividió en tres partes: a) desarrollo de un modelo de confort que asocia la temperatura de confort de los niños al clima exterior y b) la evaluación del desempeño térmico de cuatro escuelas construidas en 1894, 1929, 1978 y 2013, con un monitoreo ambiental de temperatura cada cinco minutos durante el periodo de primavera-verano, basado en la norma EN 1525.

Como resultados, obtuvieron que no hay un sobrecalentamiento en las escuelas cuando las temperaturas del aula se evalúan con una metodología basado en el adulto, mientras que, al utilizar un modelo basado en niños, se identificó un sobrecalentamiento en tres de las cuatro escuelas estudiadas.

El estudio anterior toma relevancia, la metodología empleada, así como los criterios tomados en cuenta para la selección de los espacios educativos, sin embargo, la limitante principal para el estudio en ésta tesis, es la flexibilidad que presentan los administrativos de las escuelas preescolares, para obtener el acceso completo a las instalaciones en los periodos de análisis.

Backlin, Lindberg, Thorsson, Rayner y Wallenberg, (2021) realizaron un estudio en Gotemburgo, Suecia, en el cual, su objeto fue el estrés por calor. La metodología empleada fue una serie de entrevistas a maestros de preescolar y un modelado de las condiciones térmicas al aire libre con un software especializado SOLWEIG v2019a, utilizando como variable la temperatura radiante media como indicador, durante el periodo de verano.

Los resultados obtenidos, fueron que, de los 440 patios preescolares modelados, tienen más del 50% del área del patio expuesta a un fuerte estrés térmico durante un día de verano, por lo que las actividades de juego se veían afectados. Las entrevistas, arrojaron que las condiciones de calor excesivo, en los patios de juego, producían cansancio, somnolencia y sobrecalentamiento.

Una de las principales características que distinguen a éste trabajo de tesis, es el contexto climático en el cual se desarrolla, por lo que el estudio elaborado por Backlin et al, tiene relevancia al estudiar los preescolares con la variable principal de radiación media. La metodología empleada como la aplicación de entrevistas a docentes, es un punto importante para tomar como referencia en la búsqueda de un intermediario entre el sujeto y el investigador, con el objetivo de sólo hacer una evaluación al espacio físico.

1.7.2.2 ESTUDIOS SOBRE FACTORES LUMÍNICOS:

Los autores Mei Yiw y Bava Mohidin (2021), realizaron un estudio basado en los factores de iluminación y ventilación en dos tipologías arquitectónicas comunes en Malasia; vivienda y lote de tienda convertidas en jardín de niños. El enfoque del estudio fue de carácter cualitativo por medio de recopilación de datos y la observación, con el objetivo de tener una visión completa del entorno de aprendizaje de los jardines infantiles ya establecidos, e identificar la mejor opción para el desarrollo de los infantes.

En el estudio se concluye que, en el factor de iluminación, la tipología tipo vivienda obtuvo mejores resultados, ya que las aulas contaban con una combinación de luz natural y artificial más cómoda y adecuada para el uso de la enseñanza y el aprendizaje. Situaciones como voladizos y controles externos de protección solar, ayudaron a que el deslumbramiento fuera menor.

Pagliero, y Piderit, (2017) realizaron un estudio en Chile, cuyo objeto de estudio fue la evaluación y percepción de la iluminación natural en escuelas preescolares. Se escogieron como unidad de análisis, dos escuelas preescolares: una actualizada con intenciones arquitectónicas con orientación consciente, y bajo pedagogías contemporáneas como Montessori y Reggio Emilia, y otra antigua, con orientación resultantes bajo pedagogía tradicional.

La metodología empleada, fue por medio de dos evaluaciones: una por medio de simuladores como Ecotec, para el asoleamiento anual de los edificios, mapas de falso color para obtener los datos de luminancia, iluminancia y niveles de luz, vinculadas al confort visual, así como el modelado de las aulas en el software SketchUp.

Además, se realizó un estudio In Situ por medio de fotografía digital de alto rango dinámico y por medio de luxómetros.

Como resultados, se obtuvo que al aplicar las tres herramientas fue posible hacer un análisis más completo, que dan como resultado la falta de recomendaciones que faciliten un diseño consciente con la luz natural como parte del espacio para infantes, en donde sea posible la recreación de brillos, transparencias, reflejos y constantes en el espacio.

Con los estudios anteriores, es posible crear una relación entre la Arquitectura y la pedagogía, al relacionar la habitabilidad integral con el tipo de pedagogía para la enseñanza y las tipologías arquitectónicas presentadas en la evaluación del espacio físico.

Actualmente, existen espacios construidos con un propósito y que han sido adaptados para cumplir la función de espacio educativo, y espacios construidos sólo con el propósito de fungir como espacio educativo. La influencia de éstas características del espacio, es relevante al momento de realizar una intervención en la búsqueda de mejorar las condiciones del espacio educativo.

1.7.2.3 ESTUDIOS SOBRE CALIDAD DEL AIRE:

Lovec, Premrov, y Leskovar (2021), realizaron un análisis de la calidad del aire interior, la temperatura ambiental y la humedad relativa en ocho jardines de niños de diferentes tipologías arquitectónicas ubicadas en Eslovenia, durante la temporada invernal, mediante un proceso de monitoreo por 125 días totales. Tomaron como principal variable la emergencia sanitaria actual de la COVID-19, para realizar una comparación de las condiciones de habitabilidad olfativa y térmica antes y durante la pandemia.

Como conclusión, se demostró que la calidad del aire interior, tuvo una mejora significativa del 30% sobre la concentración media diaria de CO_2 gracias a los protocolos sanitarios establecidos para evitar los contagios del virus SARS-COV-2. En relación al confort térmico, no hubo un riesgo por pérdidas de calor o gastos adicionales por calefacción por las estrategias de ventilación.

Los infantes, estuvieron expuestos a una mejor calidad del aire interior del aula preescolar, lo cual, de manera intrínseca, afecta de manera positiva en su salud y bienestar.

Tanto para la situación actual, como para futuras emergencias sanitarias, es importante que, como arquitectos, podamos responder a las necesidades del usuario en un espacio construido, sin que éste sea perjudicado por acontecimientos mundiales pandémicos. El estudio anterior, sirve como referencia para crear estrategias que, en conjunto con protocolos sanitarios, sea posible diseñar espacios educativos que respondan de manera eficaz el desarrollo integral del infante y su salud.

Choo, Jalalidin, Hamedon, y Adam, (2015) realizaron un estudio en Selangor, Malasia, cuyo objeto fue una evaluación completa de la calidad del aire interior de las escuelas preescolares en áreas urbanas, suburbanas y rurales, así como los síntomas respiratorios de que presentaron niños en edad preescolar.

En el estudio, se reclutó un total de 630 niños de entre cuatro y seis años de edad, de un total de 39 centros preescolares. La metodología empleada fue por medio de un monitoreo ambiental durante un periodo de entre tres a cuatro horas durante las actividades normales en el preescolar, utilizando un monitor Q-trak Plus modelo 8554 para la medición de CO_2 , CO, temperatura y HR, monitor DustTrak DRX para PM2.5 y PM10, monitor portátil de COV para COV y TSI Velocicalc Plus Modelo 8386 para la velocidad del aire.

La instrumentación fue colocada entre 60 centímetros a 1.5 metros de altura para tomar en cuenta la respiración de los niños. Como resultados, se obtuvo que las concentraciones de CO, PM10, PM2.5 y VOC fueron significativamente más altas en las escuelas preescolares en zonas urbanas debido a su ubicación cerca de las principales vías de tránsito, por lo que estas exposiciones fueron los causantes de un informe de incremento de síntomas respiratorios como la tos.

Posteriormente, Rahman, Awang, Mustafa, Yusop, Mohd, Musa, Mohd, Faridahanim y Nuramidah (2019), realizaron un monitoreo ambiental en escuelas preescolares ubicadas en Malasia. Su objeto de estudio fue el factor ambiental de la calidad del aire, evaluando las variables de temperatura, humedad y niveles químicos de CO_2 , CO, NO_2 , HCHO, PM y VOC.

La metodología empleada fue un monitoreo cada 30 minutos por un periodo de ocho horas, por medio de instrumentación para medición ambiental (Kanomax IAQ Monitor Model 2212, Graywolf Formaldehyde Multimode Monitor Model FM801, Graywolf Toxic Gas Model TG502).

Como resultados obtuvieron una concentración de contaminantes químicos (CO_2 , PM y VOC) excediendo los límites aceptables de acuerdo al comparativo con la normatividad seleccionada del Código de prácticas industriales sobre la calidad del aire interior, establecido por el departamento de Seguridad y Salud del trabajo en Malasia.

En los casos anteriores, al ser su unidad de análisis un espacio educativo preescolar, es posible considerar la metodología empleada para evaluar la calidad del aire, sin necesidad de adaptaciones por diferencia de niveles educativos; el ajuste principal es la aplicación del contexto climático característico en la presente tesis.

Oh y Song (2021) realizaron un estudio en Corea del Sur, en una estancia infantil, para evaluar la calidad del aire (CO_2 , PM10 y PM2.5), la temperatura y la humedad relativa para observar las características operativas en tiempo real del Sistema de ventilación para recuperación de energía (ERV por sus siglas en inglés), durante periodo invernal (periodo de calefacción).

La metodología empleada fue por diferentes etapas de monitoreo ambiental por medio de sensores, colocados a un punto representativo de 1.6 metros sobre el piso, de acuerdo a ASHRAE 55 e ISO 7726, con una frecuencia de 10 minutos, en los meses de enero a marzo.

Como resultados, se obtuvieron que las concentraciones más altas de CO_2 y PM10 se redujeron en un 51.4% y un 29.5% respectivamente durante las horas de ocupación del espacio, cuando el sistema ERV se encontraba en funcionamiento, además, se observó que las frecuencias de confort se presentaban durante las horas desocupadas del espacio, mientras que las frecuencias de malestar como *demasiado caliente*, se presentaban en las horas de ocupación del espacio.

Del estudio anterior, es importante destacar las estrategias empleadas por sistemas como el ERV, para mejoras en la eficiencia energética del edificio. La metodología empleada y las adaptaciones realizadas para elaborar el estudio, son posibles de tomar como referencia para la evaluación de los factores ambientales que repercuten en el gasto energético.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Los temas de Habitabilidad y factores ambientales térmicos, lumínicos y de calidad del aire, se consideran para esta investigación, los ejes rectores que determinan los objetivos del mismo.

2.1 HABITABILIDAD

El término de habitabilidad, puede ser tratado en diferentes disciplinas, cuyo significado puede tener variación de acuerdo al tema que se requiere tratar. Incluso dentro de una misma disciplina como la Arquitectura, presenta diversos enfoques.

Un ejemplo de ello, es lo que describen los autores Cervantes y Maya, citados por Ziccardi (2015), quienes describen lo habitable, como una cualidad que deriva de la interacción entre el envolvente físico de la vivienda (también denominado como continente) y el espacio que contiene la actividad del habitante (también denominado como contenido), y dicha cualidad, es parte de un proceso de interacciones dadas entre tiempo y espacio, continente y contenido, que a su vez, forman otro proceso de adaptación y construcción entre el espacio y el usuario.

En el mismo sentido, los autores Arcas, Pagés y Casals (2011), describen que, un espacio es considerado como habitable o no habitable “en función de si reúne los requerimientos establecidos por la normativa de habitabilidad vigente en cada ámbito geográfico” (Arcas et al, 2011). Como ejemplo, en términos de vivienda, la habitabilidad se define a partir de las legislaciones que se encargan de hacer efectivo el derecho a una vivienda digna, cuyas condiciones del espacio deben cumplir una serie de parámetros mínimos de acuerdo a la legislación correspondiente.

Lo mismo ocurre con Villagrán, citado por Sulbirán y Rangel (2018), quién lo describe como una de las partes de la forma arquitectónica, donde el espacio edificado, por un lado, es el construido por lo material, y, por otro lado, lo habitable, referente al espacio que ocupa el ser humano.

Gómez-Azpeitia y Gómez (2016), explican al término habitabilidad como “un fenómeno complejo” que alcanza grandes dimensiones. Para ellos el espacio habitable es el vínculo entre factores humanos y factores ambientales, en el cual se lleva a cabo un proceso de “adecuación-adaptación”, como resultado de la interacción entre un modo de vida y las condiciones ambientales del entorno.

De igual manera, explican la forma errónea en la que se concibe la Arquitectura, al juzgarla como un elemento artístico de pintura y escultura, olvidando que el enfoque principal de la disciplina es su vacío transformado en un espacio habitable.

Para el enfoque de ésta investigación, se tomará el término habitable “Desde el punto de vista técnico con enfoque normativo” (Organista, 2019). De ésta manera, la habitabilidad es referente a las cualidades que presenta un espacio que permite al usuario realizar sus actividades cotidianas en términos de confort.

En el mismo sentido, Organista (2019), describe que la habitabilidad, como el término amplio que se caracteriza, se puede interpretar de dos maneras; en relación al confort ambiental, cuyo objetivo es procurar las condiciones aceptadas por la normatividad, con respecto a factores lumínicos, acústicos y térmicos, y en relación a factores ambientales asociados a aspectos físico-espaciales y psicosociales, como la percepción, lo que conlleva a evaluar el espacio de acuerdo a las capacidades que presenta para satisfacer las necesidades de los usuarios.

Se toma como punto de partida las descripciones de los autores anteriores, en función al objetivo de ésta investigación, y se hace referencia a la habitabilidad ambiental, como el conjunto de condiciones que presenta el espacio construido en relación a factores humanos, como la sensación y la percepción en el ámbito psicológico, y ambientales, en términos de confort visual, auditivo y térmico, en el ámbito normativo, que satisfacen las necesidades del usuario final.

2.2 FACTORES AMBIENTALES

Así como el término de habitabilidad depende del contexto en el que se desarrolla, definir a cualquier tipología arquitectónica su cualidad y calidad de habitable, depende de tres puntos principales: el objeto o espacio, el medio ambiente y el usuario. Para el autor Fuentes (2017), éstos tres puntos son denominados como definidores, los cuales se destacan para éste estudio, los definidores referentes al medio ambiente y al usuario.

2.2.1 TÉRMICO

Para ésta parte de la habitabilidad térmica, es la relación con la temperatura del aire, y las condiciones de bienestar del usuario. En relación al confort térmico, la normatividad internacional, se define como “la condición mental en la que se expresa satisfacción con el ambiente térmico” (ISO 7730, 2006)

El autor Ordoñez (2021), explica que, cuando hablamos de la temperatura como factor ambiental, es considerada una de las más importantes, al tener una mayor influencia en el confort del ser humano. Para los campos de meteorología y análisis energético/ambiental de las edificaciones, se consideran las siguientes tipologías:

- Temperatura de bulbo seco: también denominada temperatura seca, se refiere a la temperatura del aire, sin considerar otros factores ambientales como son la radiación, humedad, o movimiento del aire. Los tipos de termómetros que sirven para medir la temperatura de bulbo seco son:

- Termómetro de resistencia: En el cual, la resistencia eléctrica de los materiales que lo componen, cambia con la temperatura. Los materiales son óxidos de metales transitorios, como pueden ser el magnesio, el cobalto, el níquel o el cobre.

- Termómetro de gas: Se basa en las variaciones de presión, por medio de determinados gases, en base a la temperatura.

- Termómetro de lámina bimetálica: se compone por dos láminas enrolladas con coeficientes de dilatación distintos, los cuales sufren de una expansión diferencial debido a la temperatura.

- Termopar: se compone de dos metales distintos, soldados, de tal manera que al aumentar la temperatura, se genera una fuerza electromotriz.

- Termómetro digital: se compone de un microchip que se encuentra incorporado a un circuito cerrado, el cual es sensible a las variaciones de la temperatura.

- Temperatura radiante media: se define de manera simple como “la representación del calor emitido en forma de radiación por los elementos del entorno” (Ordóñez, 2021).

Cuando se define la temperatura radiante media, se hace referencia a un supuesto que describe que, si en un recinto, de negro ideal, estuvieran todas las superficies a una misma temperatura de manera uniforme, se produciría el mismo equilibrio de calor radiante neto, que el entorno considerado con diversas temperaturas superficiales, es decir, se produciría en las personas, las mismas pérdidas o ganancias de calor que el recinto real.

El término “media” hace referencia al promedio de calor emitido por todas las superficies que conforman el recinto. (Ordóñez, 2021; Chávez del Valle, 2002).

Debido a la complejidad que puede significar la medición de éste tipo de temperatura, se realiza de una manera aproximada, a partir de tres elementos: la temperatura de bulbo seco, la temperatura de globo y la velocidad relativa del aire.

La temperatura del globo, hace referencia a la temperatura obtenida por medio de un termómetro que contiene una esfera color negro mate, ubicada al sensor de temperatura, como el bulbo de un termómetro de mercurio, un termopar o una sonda de resistencia.

El valor obtenido por éste tipo de instrumento, representa el balance entre el calor ganado o perdido por radiación y convección. (ISO 7726, 2006; Ordóñez, 2021).

Para propósitos de éste estudio, los dos tipos de temperatura explicados con anterioridad, son las que se toman en cuenta como variables evaluadas en referencia a las condiciones de habitabilidad ambiental del aula preescolar. Como parte informativa, se describen de manera breve tres tipos de temperatura adicionales, de acuerdo a Ordóñez (2021):

- Temperatura de bulbo húmedo: también denominada como temperatura húmeda, se refiere al nivel de humedad ambiental y efectos en el proceso de enfriamiento evaporativo, es decir, se mide el calor mediante la interacción de un gas y un vapor (aire y agua).

- Temperatura de rocío: también denominada como punto de rocío, se refiere a la temperatura del aire en la cual ocurre la condensación, gracias al vapor de agua que contiene, y que por consecuencia genera partículas de agua en forma de rocío.

- Temperatura operativa: hace referencia a la representación del valor medio entre la temperatura de bulbo seco y la temperatura radiante media.

En relación a la humedad ambiental, que refiere a la presencia de vapor de agua en el aire, se describen dos tipos de humedad, según Ordóñez (2021) e ISO 7726 (2006):

- Humedad absoluta: la cual indica la cantidad total de vapor de agua que contiene un volumen de aire con una temperatura y presión determinadas. La humedad absoluta del aire se tiene en cuenta al determinar la transferencia de calor por evaporación de un sujeto. Una alta humedad del aire reduce la evaporación del sudor y por lo tanto constituye un estrés térmico para el sujeto.

- Humedad relativa: indica la relación entre la cantidad real y la cantidad posible de vapor de agua, expresada en porcentaje.

Los valores que dan la composición del aire en términos de vapor de agua en relación con la cantidad máxima que puede contener a una temperatura dada caracterizan la humedad relativa del ambiente.

La humedad relativa e es la relación entre la presión parcial de vapor de agua P_a , en aire húmedo y la presión de saturación de vapor de agua a la misma temperatura y la misma presión total.

2.2.2 LUMÍNICO

Hace referencia a las condiciones de iluminación en el espacio, y el confort lumínico. Cortés (2009) explica que, una iluminación correcta, permite realizar trabajos de manera más segura y productiva, al tener condiciones óptimas de confort visual.

Las unidades que son utilizadas para la técnica de iluminación, las cuales ayudan a valorar y comparar sus cualidades y efectos son:

- Flujo luminoso: definida como la velocidad de emisión de la luz o como la energía radiante que afecta la sensibilidad del ojo en la unidad de tiempo. Es la energía visible que se toma en cuenta por la capacidad del ojo para poder verla. Su unidad de medida es el Lumen.

- Intensidad luminosa: definida como la energía que viaja en una dirección determinada, O , la intensidad luminosa de una fuente de luz en una dirección determinada. Su unidad de medida es la Candela.

- Rendimiento luminoso: expresa el flujo que emite una fuente de luz por cada unidad de potencia eléctrica consumida.

- Iluminancia: definida como la relación entre el flujo luminoso que recibe la superficie y su extensión. Su unidad de medida es el lux, el cual se define como la iluminación que produce un lumen uniformemente repartido sobre una superficie de 1 metro cuadrado.

- Luminancia: se define como la luz que emite un objeto de cierto tamaño, o bien, la luz emitida por una superficie. Es la intensidad emitida por 1 metro cuadrado de superficie, por lo que su unidad de medida es la candela.

Es importante distinguir éstas dos últimas definiciones entre Iluminancia y Luminancia para efectos de ésta investigación. La Luminancia, por ejemplo, es el brillo del objeto, si es claro u oscuro, debido a que refleja y emite luz, mientras que la iluminancia, se trata de la iluminación, es decir la luz que cae sobre el objeto, o recibe el sitio donde está el objeto. (Cortés, 2009)

2.2.3 CALIDAD DEL AIRE

Es en referencia a la cantidad de partículas contaminantes en el aire, en este caso, del ambiente interior. La contaminación odorífera es en relación a cómo el ser humano percibe el aire.

Como principales fuentes de contaminantes, se distinguen como aquellos que pueden llegar al edificio, por medio de sistemas de renovación de aire o infiltraciones, así como la localización del edificio con respecto a su entorno, por su proximidad a zonas de tráfico intenso, vertederos, actividades agrícolas o instalaciones industriales. De igual manera, tienen su origen en el propio edificio, principalmente por la actividad de sus ocupantes (NTP 358, 1998).

El dióxido de carbono, es un gas inodoro e incoloro que en concentraciones altas resulta tóxico para el ser humano y asfixiante debido a la reducción de oxígeno, lo que puede causar dolores de cabeza, náuseas, somnolencia y problemas respiratorios, lo cual depende de la concentración y el tiempo de exposición (NTP 549, 2000).

Además, la NTP 549 explica, que el dióxido de carbono al ser un componente del exterior, los niveles habituales se concentran entre 300 y 400 PPM (partículas por millón), que puede llegar a 550 PPM en zonas urbanas, y explica que en el interior de los recintos como son las oficinas, escuelas y servicios en general, el nivel de concentración de dióxido de carbono puede tomarse como indicador de la carga de olor debido a sus ocupantes, si no hay otras fuentes contaminantes.

Por lo anterior, en interiores de recintos, a los 600 ppm los ocupantes del espacio más sensibles pueden comenzar a presentar molestias, por lo que no debe de sobrepasar los 1,000 PPM de dióxido de carbono para que el aire sea considerado aceptable por al menos el 80% de los ocupantes del recinto (NTP 549, 2000).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

En este apartado, se presentan las precisiones metodológicas utilizadas para el desarrollo de éste trabajo (Figura 1). Se aborda desde dos puntos; la descripción del método explicado por medio de autores como Hernández-Sampieri (2018) y Tamayo (2017), y la descripción del método aplicado por medio de normatividad nacional e internacional, así como por estudios especializados.

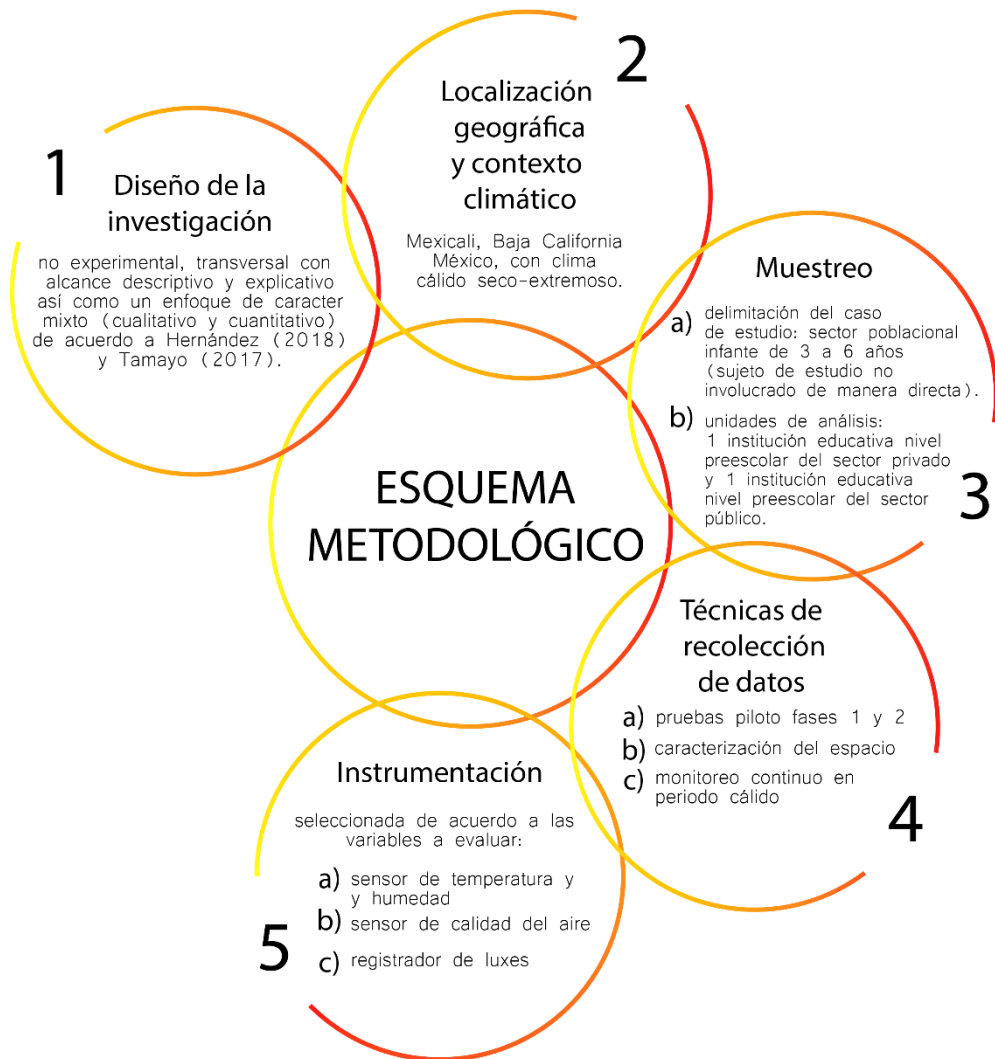


Figura 1. Esquema metodológico
Fuente: *Elaboración propia*

3.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Para abordar el primer punto, sobre la descripción del método en base a la revisión de autores, se describe al diseño de la investigación, de acuerdo a lo descrito por el autor Hernández-Sampieri(2018), como la estructuración de un plan que permita responder al planteamiento del problema, por lo que se define para ésta estudio, la aplicación de un diseño no experimental, al no realizar la manipulación de variables; es decir, se utiliza un método de observación de los fenómenos presentes dentro de su propio contexto natural.

Dentro de los tipos de diseño no experimentales, se destaca en éste estudio, el tipo transversal, al recolectar datos en un periodo de tiempo específico. El alcance de la investigación, de acuerdo a Tamayo (2014) y Hernández-Sampieri (2018), se inicia de carácter descriptivo, al comprender la descripción, registro, análisis e interpretación del estado natural actual y su composición o procesos de los fenómenos, y tiene como etapas principales:

- a) Descripción del problema
- b) Definición y formulación de la hipótesis
- c) Supuestos que se basan en la hipótesis
- d) Marco teórico
- e) Selección de técnicas de recolección de datos: Población y muestra
- f) Categorización de datos (para facilitar las relaciones)
- g) Verificación de validez de instrumentos
- h) Descripción, análisis e interpretación de datos (Tamayo, 2014)

Para, posteriormente, llegar a un alcance explicativo, al establecer las causas de los fenómenos estudiados, como son los factores ambientales térmicos, lumínicos y de calidad del aire, que repercuten en el desarrollo de actividades de los usuarios del espacio educativo.

El enfoque de la investigación es de carácter mixto, en el cual predominan estudios cuantitativos como cualitativos.

De acuerdo con Hernández-Sampieri (2018), existen ciertas características que definen los enfoques cuantitativos y cualitativos (Tabla 1)

Tabla 1. Características de los enfoques de investigación.

Enfoque Cuantitativo	Enfoque Cualitativo
a) Mide y estima magnitudes de los fenómenos.	a) Plantea un problema sin un proceso definido. Tanto sus planteamientos, como las preguntas de investigación, no se definen por completo.
b) Plantea un problema de estudio determinado, revisa la literatura, construye un marco teórico del cual deriva una hipótesis y lo somete a prueba con un diseño de investigación.	
c) La recolección de datos se fundamenta en la medición, efectuada por procedimientos estandarizados.	b) Se basa en métodos de recolección de datos no estandarizados. Utiliza técnicas como la observación no estructurada, entrevistas, revisión de documentos, evaluación de experiencias personales, etc.
d) Los datos se analizan con métodos estadísticos.	c) No pretende obtener muestras representativas de los resultados, ni que los estudios realizados se repliquen.
e) Investigación objetiva. Se sigue un patrón predecible y estructurado	d) Investigación subjetiva. Es interpretativo y trata de encontrar sentido a los fenómenos, en función de los significados que le otorgan las personas.

Fuente: Elaboración propia en base a Hernández-Sampieri (2018)

Por lo que, para esta investigación, se basa tanto en un enfoque cuantitativo, por el uso de métodos de recolección de datos estandarizados, para el análisis posterior de los mismos, con métodos estadísticos, al estudiar variables que requieren la medición y estimación de magnitudes (temperatura de bulbo seco, iluminancia y CO_2), para conocer el comportamiento del aula preescolar.

Y, de igual manera, se basa en un enfoque cualitativo, por el uso de métodos no estandarizados como la observación no estructurada, así como entrevistas al personal docente con la finalidad de encontrar las situaciones causales del fenómeno estudiado. Así como la necesidad de recurrir al regreso de etapas previas del diseño de investigación, por la inexistencia de una manipulación de la realidad, y la inmersión inicial al campo de estudio, con la finalidad de identificar la situación de la investigación en cuestión, para corroborar la factibilidad del estudio. (Hernández-Sampieri, 2018).

3.1.1 RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Para el desarrollo de la investigación, las técnicas de recolección de datos utilizadas se basan en lo descrito por Hernández-Sampieri (2018), Rendón-Macías, Villasís-Keeve y Miranda-Novales (2016).

- a)** Observación cualitativa, que abarca el ambiente físico, social y humano, las actividades y los artefactos que utiliza el sujeto.
- b)** Recolección de datos secundarios, que consiste en la revisión de documentos y trabajos especializados.
- c)** Entrevistas semiestructuradas, caracterizada por una guía de preguntas específicas con la libertad de introducir preguntas adicionales al entrevistado, ésta se define como una reunión para intercambiar información.
- d)** Utilización de instrumentos mecánicos y electrónicos, que implica un sistema de medición por sensores ambientales.
- e)** Estadística descriptiva, entendida como la rama de la estadística que establece las maneras de resumir información, por medio de medidas de tendencia central y de dispersión, cuadros, tablas y gráficas.

3.2 LOCALIZACIÓN Y CLIMA

El estudio fue realizado en la ciudad de Mexicali, ubicado en el estado de Baja California, México. Sus coordenadas geográficas son Latitud 32.6469, Longitud -115.446 norte, y su colindancia son al norte con Estados Unidos de América, al este con el estado de Sonora, Estados Unidos de América y el Golfo de California, al sur con el municipio de Ensenada y el Golfo de California y al oeste con los municipios de Tecate y Ensenada. Su extensión representa el 18% de la superficie del estado, y un 0.7% del país, con una superficie alrededor de 14, 541.4 km^2 (INEGI, 1996).

Como principal característica climatológica, la ciudad de Mexicali, presenta un clima cálido seco-extremoso, con temperaturas de 38° a 40° Celsius en verano, llegando a registrar temperaturas máximas de 52 °C, y una temperatura media anual de 23 °C a 27 °C. En el mes de enero se presenta el periodo frío con una media mensual de 12.7 °C a 15 °C (IMIP, 2007).

3.3 MUESTREO

Para el presente trabajo, de acuerdo al objetivo de la investigación, primero se hace una definición de las unidades análisis (unidades de muestreo). Según explica Hernández-Sampieri (2018), para un proceso cuantitativo, la muestra se define como un subgrupo de la población de interés, sobre la cual se recolectarán datos.

3.3.1 DELIMITACIÓN DEL CASO ESTUDIO

El sector poblacional en la cual se basa el estudio, hace referencia a la etapa del ciclo vital descrito por Delgado (2015), el cual desglosa a la etapa de la primera infancia, que abarca las edades de entre dos a seis años de edad.

De éste rango de edad, se sustrae las edades de tres a cinco años de edad, ya que, de acuerdo a la disposición oficial del gobierno de México, la edad mínima para ingresar a educación básica nivel preescolar, es de tres años (para primer grado), cuatro años (para segundo año) y cinco años (para tercer año).

Cabe recalcar, que el sujeto de estudio, no está involucrado directamente en la investigación, ya que el objeto de estudio, son las condiciones de habitabilidad del espacio físico del aula a nivel preescolar.

3.3.2 UNIDADES DE ANÁLISIS

Los estudios se realizaron en dos escuelas a nivel básico preescolar. La selección de las escuelas fue en base a la accesibilidad y disponibilidad de horarios del personal docente y administrativo. La primera escuela seleccionada (Preescolar A), es un instituto del sector privado, ubicado en una zona residencial al poniente de la ciudad. Su programa educativo cuenta con los niveles básicos de preescolar, primaria y secundaria (Figura 2).



Figura 2. Preescolar A, sector privado.
Fuente: Elaboración propia en base a Google earth (2018)

El diseño del edificio fue con intenciones educativas, con una tipología arquitectónica de data antigua, construida alrededor de 1950 y con posteriores remodelaciones hasta la fecha. El sistema constructivo del edificio se desarrolla en la siguiente tabla (Tabla 2).

Tabla 2. Sistema constructivo del aula preescolar A

Zona interior	Materiales	Otros
Techumbre	Losa de concreto reforzado con acabado de estuco y pintura blanca.	Ductos para sistema de enfriamiento, rejillas y retorno.
Muros	Sistema constructivo de mampostería, por medio de ladrillo y mortero, con revoque de cemento y revestimiento de yeso, con acabado de pintura blanca.	Muebles tipo gabinete empotrados y repisas de madera. Los muros al norte y al sur, contienen 2 ventanas corredizas de 1.10 m x 1.60 m
Firme	Losa de concreto reforzado con acabado de loseta cerámica color gris.	
Zona exterior	Materiales	Otros
Cubierta	Losa de concreto reforzado.	
Muros	Sistema constructivo de mampostería, por medio de ladrillo y mortero, con revoque de motero cemento-arena, y acabado de pintura color blanco.	Los muros al norte y al sur, contienen 2 ventanas corredizas de 1.10 m x 1.60 m protegidas por medio de malla metálica, pintadas de color rojo y amarillo.
Firme	Sistema constructivo de losa de concreto reforzado con acabado aparente.	

Fuente. Elaboración propia

El aula seleccionada como primera unidad de análisis, tiene una morfología cuadrangular de 9.72 m x 6.17 m, con un área total de 54 m² (Figuras 3). Ésta se encuentra orientada al norte y colinda con un aula al este y un patio de juegos al oeste. Al sur se encuentra un pasillo de servicio el cual colinda con un arroyo vehicular de la zona residencial y al norte con la explanada principal de la escuela cubierta con un elemento de malla-sombra (Figura 4 y 5).

El mobiliario dentro del aula lo componen alrededor de seis a ocho pupitres ergonómicos para infantes, un escritorio de cómputo y un escritorio para el trabajo general del docente, gabinetes empotrados debajo de las ventanas y tanto pizarrón convencional como electrónico, en conjunto con un cañón proyector y sistema de audio.

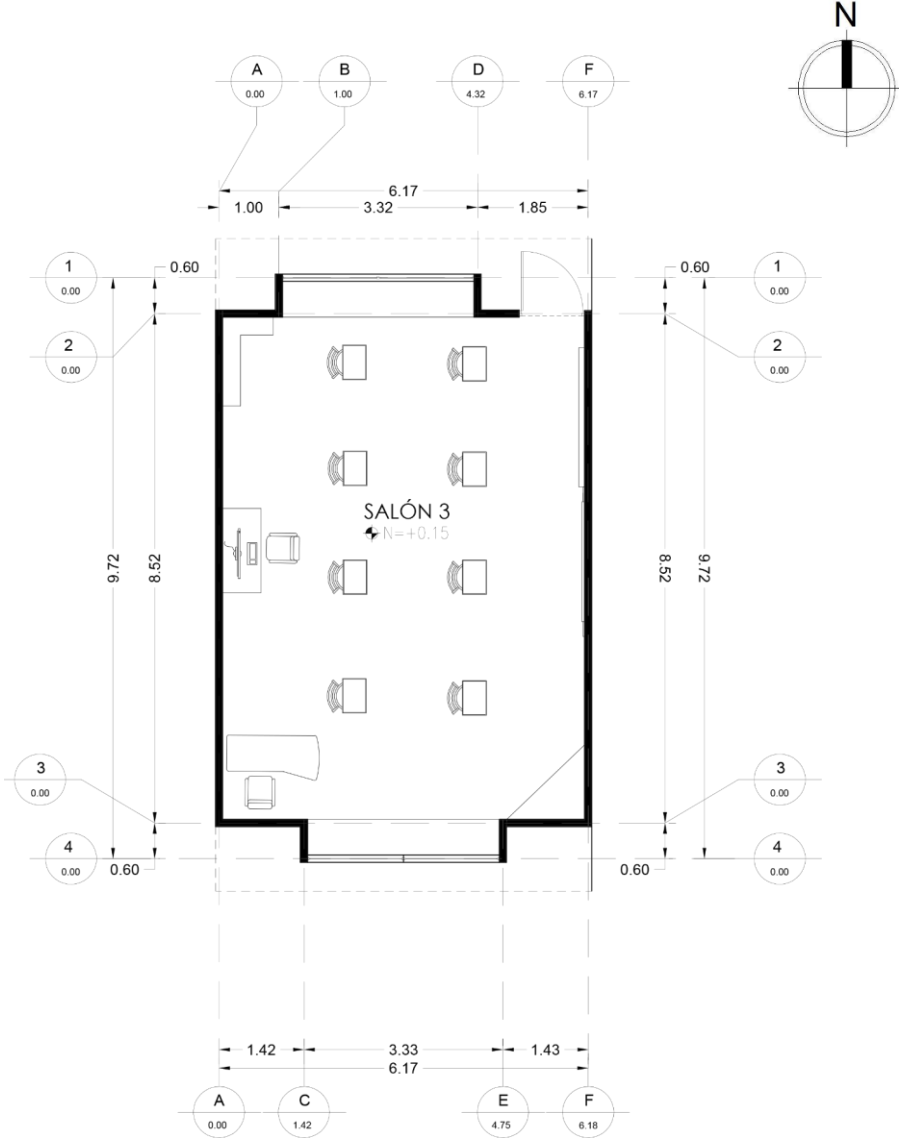


Figura 3. Imagen Ilustrativa de planta arquitectónica de Preescolar A.
Fuente: Elaboración propia



Figura 4 Interior del aula de aprendizaje, Preescolar A.
Fuente: Fotografía tomada por el autor.



Figura 5. Exterior del aula de aprendizaje, Preescolar A.
Fuente: Fotografía tomada por el autor.

La segunda escuela seleccionada (Preescolar B), es un instituto del sector público, ubicado en una zona transitada, dentro del complejo de predios de la Universidad Autónoma de Baja California, al oriente de la ciudad. Su programa educativo cuenta con sólo el nivel básico preescolar. (Figura 6).



Figura 6. Preescolar B, sector público
Elaboración propia en base a Google earth (2018)

El diseño del edificio sugiere que se encuentra dentro del modelo CAPFCE (Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas) como parte de un programa para la construcción de escuelas públicas, por medio de sistemas constructivos locales. Por lo que se describe el tipo de construcción en la siguiente tabla (Tabla 3).

Tabla 3. Sistema constructivo del aula preescolar B

Zona interior	Materiales	Otros
Techumbre	Entablonada de madera aparente.	
Muros	Estructura de metal y mampostería, por medio de block de concreto reforzado, con revoque de cemento y un acabado de pintura blanca.	Ductos para sistema de enfriamiento, rejillas y retorno. Muebles tipo gabinete y repisas de madera. El muro al norte contiene 2 ventanas corredizas de 1.10 m x 1.80 m, y 2 ventanas fijas de 1.10 m x 0.90 m. El muro al sur, contiene 4 ventanas de 0.90 m x 1.80 m y dos ventanas fijas de 0.90 x 0.90 m.
Firme	Losa de concreto reforzado con acabado de loseta cerámica color gris.	
Zona exterior	Materiales	Otros
Cubierta	Chapa trapezoidal.	
Muros	Estructura de metal y mampostería, por medio de block de concreto reforzado, con revoque de cemento y un acabado de pintura blanca.	El muro al norte contiene 2 ventanas corredizas de 1.10 m x 1.80 m, y 2 ventanas fijas de 1.10 m x 0.90 m y el muro al sur, contiene 4 ventanas de 0.90 m x 1.80 m y dos ventanas fijas de 0.90 x 0.90 m, protegidas por medio de una reja de metal pintada de color blanco.
Firme	Losa de concreto reforzado con acabado aparente.	

Fuente: Elaboración propia.

El aula seleccionada como segunda unidad de análisis, tiene una morfología cuadrangular de 8.00 m x 7.00 m, con un área total de 56 m² (Figura 7). Ésta se encuentra orientada al sur y colinda con un aula al oeste y el acceso principal al este.

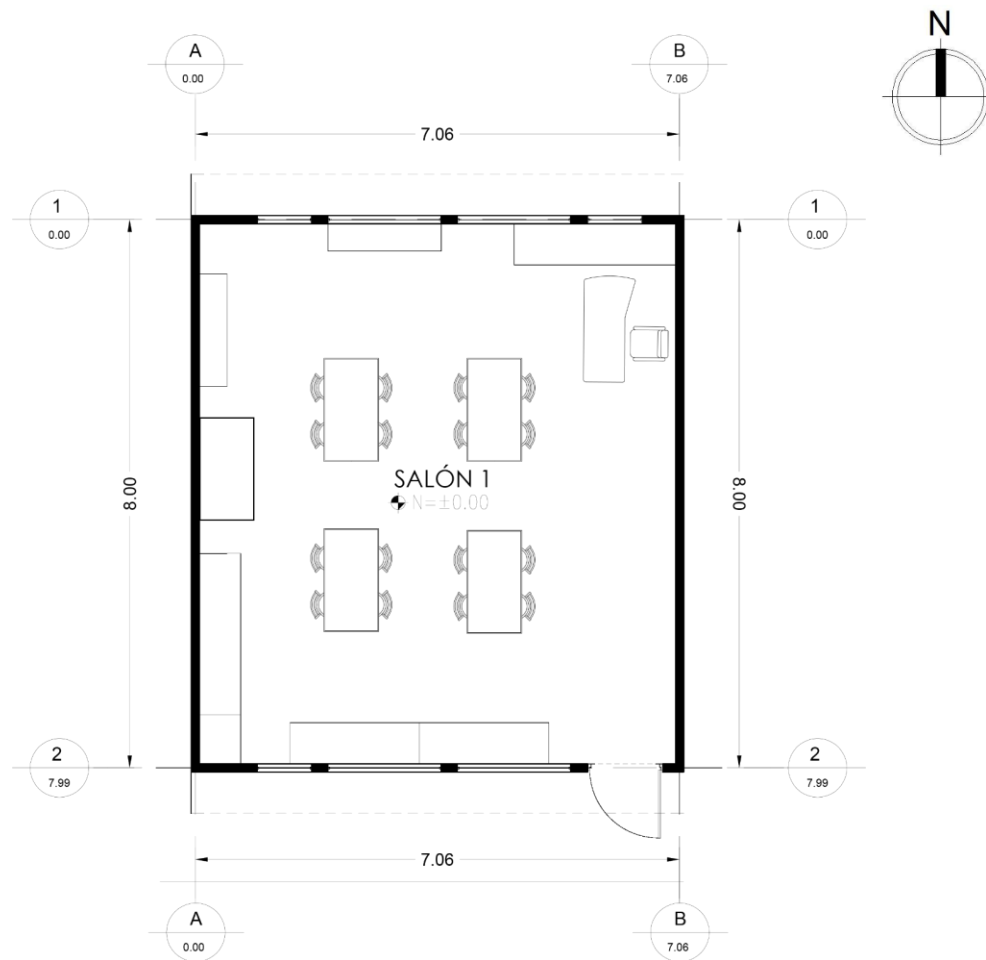


Figura 7. Imagen ilustrativa de plano de planta arquitectónica de Preescolar B.
 Fuente: *Elaboración propia.*

Al norte se encuentra un pasillo de servicio el cual colinda con un arroyo vehicular de la zona y al norte con áreas verdes y pasillos de circulación al aire libre. El mobiliario dentro del aula lo componen alrededor de 4 a 5 mesas con sillas ergonómicas para infantes, un escritorio para el trabajo general del docente, gabinetes instalados en tres de los cuatro muros del recinto, con el cuarto muro libre para un pizarrón convencional (Figura 8).



Figura 8. Interior del aula de aprendizaje, Preescolar B.
Fuente: Fotografía tomada por el autor.

3.5 MONITOREO AMBIENTAL

El monitoreo ambiental se realizó por medio de instrumentos de medición ambiental, del tipo registrador de datos (*Data loggers*). La frecuencia de muestreo se realizó en base a las normas internacionales, ASHRAE 55 (2017), UNE-EN ISO 7726 (2006), ISO 16000 (2017) y UNE-EN 12464-1 (2003) con ajustes de acuerdo a las necesidades Y condiciones presentadas durante el proceso.

3.5.1 PROCESO DE TRABAJO DE CAMPO

Las pruebas piloto se realizaron en dos partes. Como inicio de trabajo de campo, se realizó una prueba piloto en una sola unidad de análisis por cuestiones de accesibilidad a las instalaciones de los preescolares, derivado de la emergencia sanitaria.

Posteriormente, se realizaron pruebas piloto en las dos unidades de análisis seleccionadas durante el periodo cálido, con correcciones realizadas en base a errores de medición y ajustes resultantes de la primera prueba realizada. (Ver Anexo A: Pruebas Piloto, Fase 1 y Anexo B: Pruebas Piloto, Fase 2)

Posterior a las pruebas piloto, se realizó el monitoreo continuo en periodo cálido, y se tomó como referencia para comparativa de resultados, los días hábiles (durante actividades escolares de lunes a viernes), en relación al comportamiento del edificio con usuarios y los días inhábiles (sin actividades escolares de sábado a domingo), en relación al comportamiento del edificio sin usuarios, como parte de la caracterización del espacio.

Con los datos registrados, se realizó un análisis estadístico para su interpretación, así como un análisis comparativo entre las dos unidades de análisis, con la finalidad de conocer si cumplen con las condiciones de habitabilidad ambiental que dictan las normas internacionales, así como descubrir las deficiencias que la misma normativa presenta, al hacer un estudio en un espacio dirigido a usuarios en nivel preescolar (Figura 9).



Figura 9. Proceso en trabajo de campo
Fuente: *Elaboración propia*

Debido al mantenimiento, fallas y reemplazos de la instrumentación, así como accidentes menores provocados por las actividades escolares, seguimiento de protocolos para el acceso y seguridad de los infantes, la prueba piloto fase 2, así como el monitoreo continuo en conjunto con la caracterización del espacio en las unidades de análisis, se realizaron en diferentes etapas.

Se inició con el Preescolar B, por las probabilidades de cierre por la contingencia sanitaria, con el registro de datos del factor ambiental de iluminación que demandaba mayor trabajo debido al proceso de medición, para posteriormente replicar el ejercicio en el Preescolar A, el cual, al pertenecer al sector privado, había menos probabilidades de cierre comparado con el sector público.

Posteriormente, se realizó la instalación de pedestales y soportes para la instrumentación de las variables restantes (temperatura de bulbo seco, humedad relativa, dióxido de carbono y temperatura radiante) con las estrategias planteadas en el Anexo A, sección A.1, y se tomó en consideración los errores de medición presentados en la prueba piloto fase 1, expuesto en el Anexo A, sección A.2.

En relación al periodo de monitoreo continuo se redujo a ocho días, durante las horas de actividades escolares, con un inicio de 7:00 am a 5:00 pm durante el mes de julio para el preescolar A y 8:00 am a 12:00 pm en el mes de junio para el preescolar B (Figura 10).

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	1	2
3	4	5	6	7	8	9



Figura 10. División de trabajo de campo. *Preescolar B.* ■ *Preescolar A.* ■
Fuente: Elaboración propia.



3.6 INSTRUMENTACIÓN

Los instrumentos para realizar las mediciones ambientales, fueron seleccionados de acuerdo a la disponibilidad de recursos para su adquisición, las opciones de operatividad y de acuerdo a las variables requeridas para analizar en la investigación.

Por lo anterior, se consultó normatividad internacional como ANSI ASHRAE 55 (2017), UNE-EN ISO 7726 (2006), UNE-EN ISO 7730 (2006) y UNE EN 12464-1 (2022). En la tabla 4, se especifican los modelos de la instrumentación.

Tabla 4. Instrumentos de medición ambiental

Sensor de Temperatura del aire interior y Humedad relativa			
<i>Ilustración</i>	<i>Modelo</i>	<i>Características</i>	<i>Especificaciones</i>
	Elitech® RC-51H (<i>Temperature and Humidity Datalogger</i>)	Dimensiones: 0.154 x 0.154 x 0.03 m Peso: 81.6g	Tipo registrador de datos (<i>datalogger</i>) Rango en temperatura: -40°C 180°F Precisión en temperatura: ±0.-12.8°C Precisión en humedad: ±3% HR
	Elitech® RC-51 (<i>Temperature Datalogger</i>)	Dimensiones: 0.154 x 0.154 x 0.03 m Peso: 81.6g	Tipo registrador de datos (<i>datalogger</i>) Rango en temperatura: -40°C 180°F Precisión en temperatura: ±0.-12.8°C

Sensor de Temperatura del aire interior, Humedad relativa y Calidad del aire			
	<p>P20C Tamtop® (Elitech®)</p>	<p>Dimensiones: 0.175 x 0.066 x 0.03 m Capacidad de la batería: 3000 mAh. Voltaje de la batería: 3,7 VDC</p>	<p>Tipo registrador de datos (<i>datalogger</i>) Rango en temperatura: 0-50°C (32-122°F) Precisión: ±1°C (±1.8°F) Rango en Humedad Relativa: 0-90%RH Precisión: ±5%RH Sensor laser de material particulado Rango de Sensor de PM2.5: 0-999ug/m³ Resolución: 0.01 ug/m³(0- 9.99ug/m³) 0.1 ug/m³(10- 99.9ug/m³) 1 ug/m³(100- 999ug/m³) Rango de CO₂: 0- 5000 ppm Resolución: 1 ppm</p>
Registrador de Luxes			
	<p>Sper Scientific® 840022 (<i>Advanced Light Meter</i>)</p>	<p>Dimensiones: 0.197 x 0.070 x 0.032 m Peso: 283g</p>	<p>Tipo registrador de datos (<i>datalogger</i>) Rango: 40; 400; 4,000; 40,000; 400,000 Precisión: ±3% rdg + 0.5% F.S</p>

Fuente: Elaboración propia

3.6.1 VARIABLES

Las variables para la investigación fueron consideradas en base al objetivo del estudio y de la disponibilidad de herramientas, equipo y personal administrativo de las instituciones seleccionadas como unidad de análisis. En la tabla 5, se especifican las variables analizadas, y en las figuras 11 y 12, se relacionan las variables comparadas.

Tabla 5. Variables seleccionadas para la investigación

Variable	Símbolo de variable	Unidad de medida	Símbolo de unidad de medida
Temperatura de Bulbo Seco	TBS	Grados Centígrados	°C
Temperatura media radiante	T_r	Grados Centígrados	°C
Humedad Relativa	HR	Porcentaje	%
Iluminancia	E_v	Luxes	lx
Dióxido de Carbono	CO_2	Partículas por millón	PPM

Fuente: Elaboración propia

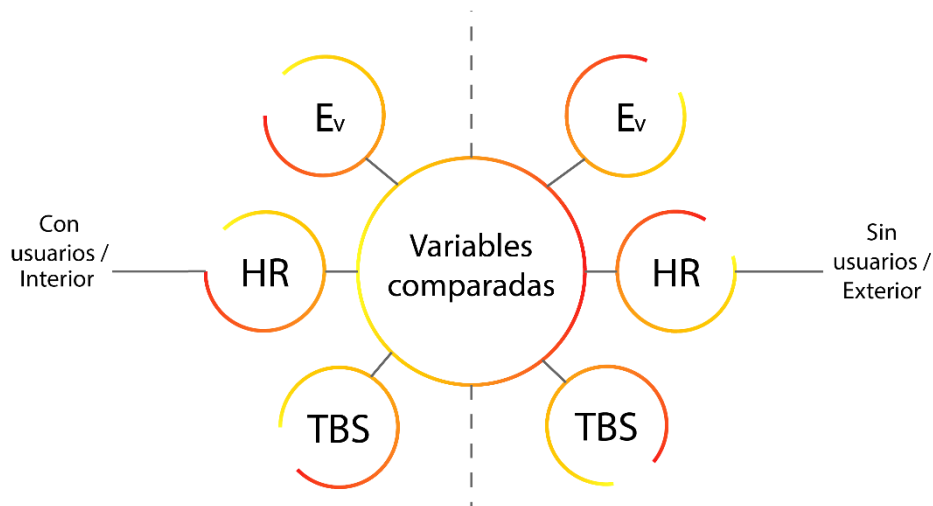


Figura 11. Esquema en relación a usuarios e interior y exterior

Fuente: Elaboración propia

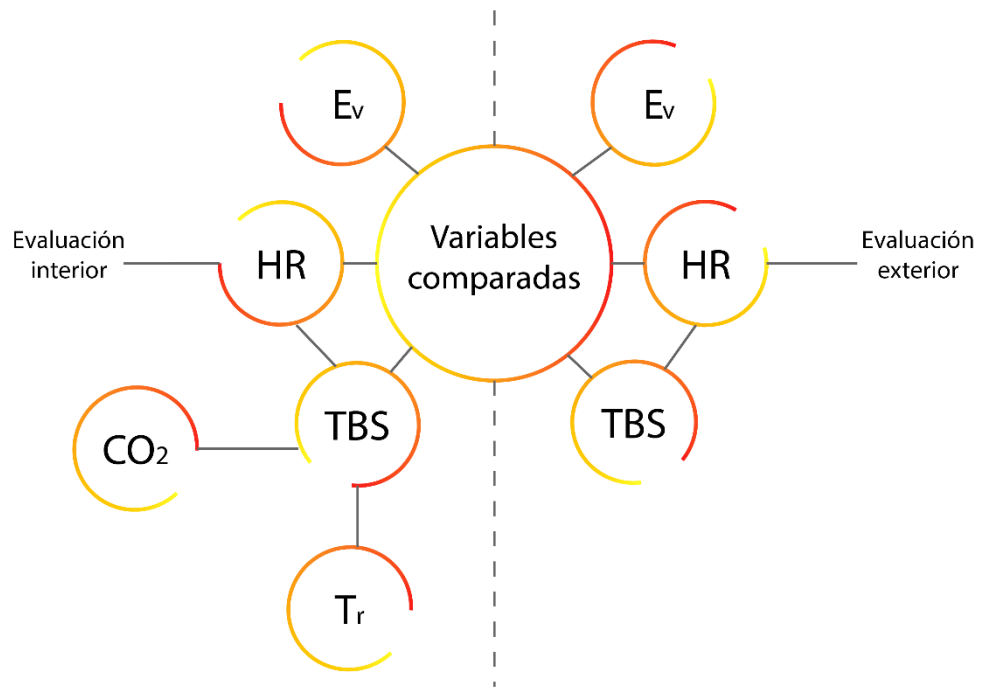


Figura 12. Esquema en relación al análisis comparativo
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En este apartado se muestran los resultados obtenidos por medio de análisis térmico y lumínico (TBS, T_r , HR, E_v) así como de un análisis estadístico en relación al intervalo de confianza (error estadístico) y correlacional (TBS y CO_2).

4.1 ANÁLISIS HIGROTÉRMICO

Los resultados obtenidos fueron procesados y catalogados de acuerdo a cada unidad de análisis. A continuación, se presentan la clasificación de datos de acuerdo a las variables estudiadas (TBS, T_r y HR) en función a un análisis del confort del espacio, método adaptativo y estimación de la humedad absoluta, de acuerdo a la norma ASHRAE 55 (2017) y autores como De Dear, Bragel y Cooper (1997).

4.1.1 NIVEL DEL DISCONFORT

Como se ha hecho mención, en esta investigación, el sujeto de análisis no se encuentra directamente involucrado, ya que el objeto de estudio, son las condiciones de habitabilidad del espacio físico del aula preescolar, por lo que, para realizar el estudio sobre el confort del espacio, se tomó como referencia las herramientas de análisis de la norma ASHRAE 55 (2017).

Se realizó un análisis de las molestias térmicas locales, para determinar el nivel de disconfort en función a las temperaturas verticales de pies a cabeza.

Según lo explica la norma ASHRAE 55 (2017), el fenómeno físico de la estratificación térmica, que hace referencia a las distintas densidades que presenta el aire en función de su temperatura.

Lo que se sugiere, una división en capas; el aire de mayor densidad tiene menor temperatura, por lo que tiende a bajar a nivel del piso, y el aire de menor densidad tiene mayor temperatura, por lo que tiende a subir lo más lejano al nivel del piso. Donde la temperatura del aire al nivel de cabeza tiende a ser más cálido que al nivel de tobillo, puede generar molestias térmicas.

Dichas molestias ocurren cuando haya una diferencia donde la temperatura de bulbo seco excede los 3 °C entre nivel de cabeza y nivel de tobillos para personas sentadas, y cuando haya una diferencia donde la temperatura excede los 4 °C para personas de pie.

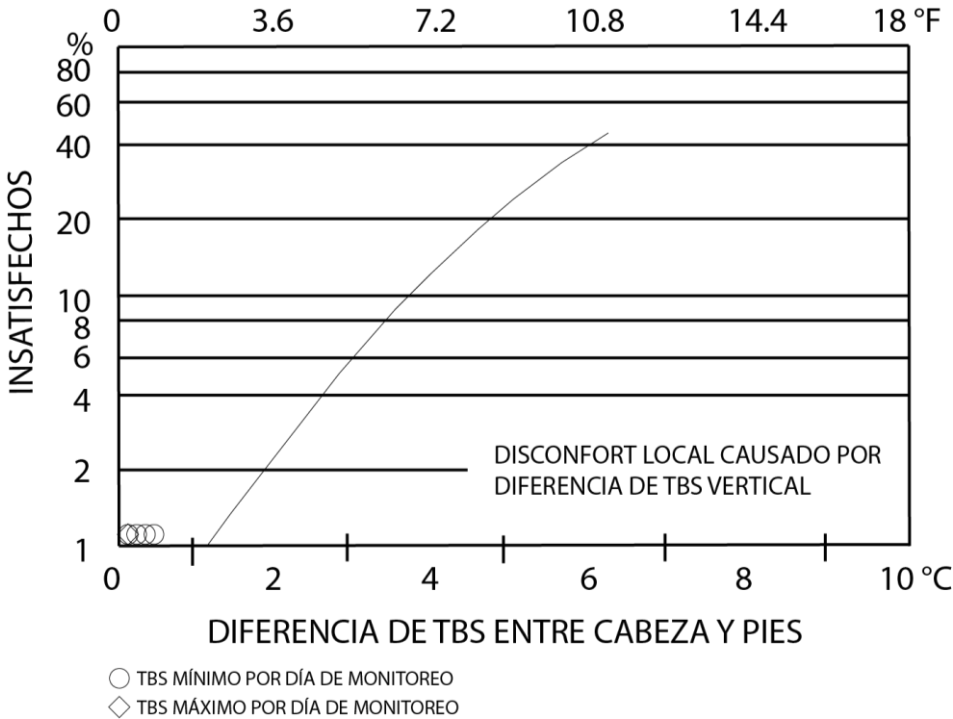


Figura 13. Molestias térmicas locales por diferencia de temperaturas verticales en preescolar A.

Fuente: Elaboración propia en base a ASHRAE 55 (2017)

En el caso del preescolar A (Figura 13), los días de monitoreo fueron del 01 al 08 de Julio, 2022, en los horarios de 7:00 am a 5:00 pm. Se registraron las temperaturas cada 0.5 h, por lo que se tomaron las máximas y mínimas por día para trabajar de manera eficiente los datos obtenidos (Tabla 6).

Tabla 6. Registro de TBS máxima y mínima en diferencias de temperaturas por día en preescolar A.

Fecha	TBS Máxima	TBS Mínima
Julio 01, 2022	0.4 °C	0.1 °C
Julio 02, 2022	0.2 °C	0 °C
Julio 03, 2022	0.2 °C	0 °C
Julio 04, 2022	0.1 °C	0 °C
Julio 05, 2022	0.1 °C	0 °C
Julio 06, 2022	0.1 °C	0 °C
Julio 07, 2022	0.3 °C	0 °C
Julio 08, 2022	0.1 °C	0 °C

Fuente: Elaboración propia

En el caso del preescolar B, se registraron diferencias de temperatura mayores que en el preescolar A, con variación de hasta 1 °C como se muestra en la figura 14.

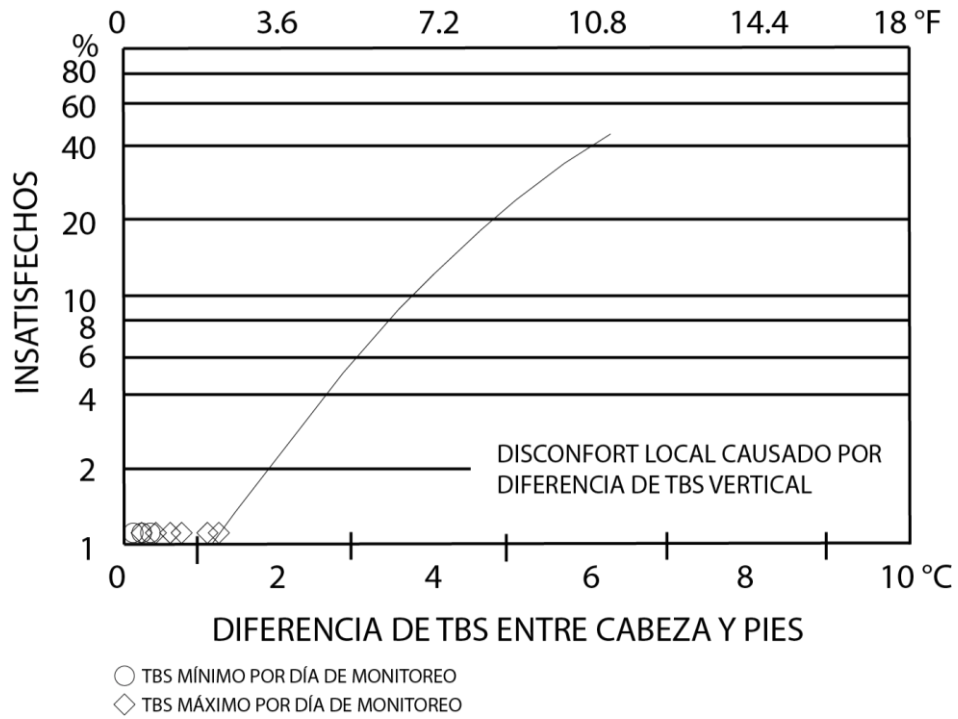


Figura 14. Molestias térmicas locales por diferencia de temperaturas verticales en preescolar B.

Fuente: Elaboración propia en base ASHRAE 55 (2017)

Los días de monitoreo fueron del 22 al 30 de junio 2022, en los horarios de 7:00 am a 1:00 pm. De igual manera, el registro de datos se consideró cada 0.5 h, por lo que, al igual que en el preescolar A, se tomó como referencia, las diferencias de temperatura máximas y mínimas registradas, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7. Registro de TBS máxima y mínima en diferencias de temperaturas por día en preescolar B.

Fecha	TBS Máxima	TBS Mínima
Junio 22, 2022	0.7 °C	0 °C
Junio 23, 2022	0.5 °C	0 °C
Junio 24, 2022	0.4 °C	0 °C
Junio 25, 2022	1.4 °C	0.1 °C
Junio 26, 2022	1.2 °C	0.2 °C
Junio 27, 2022	0.8 °C	0.2 °C
Junio 28, 2022	0.7 °C	0.2 °C
Junio 29, 2022	0.5 °C	0.2 °C
Junio 30, 2022	0.6 °C	0.2 °C

Fuente: Elaboración propia

En éste análisis, tanto en el caso del preescolar A, como el preescolar B, durante los días de monitoreo continuo en las horas de actividades escolares, las diferencias de temperaturas entre nivel de tobillos a nivel de cabeza no excedieron de los 3°C, y se registraron diferencias no mayores a 1.4°C, por lo que, el porcentaje de insatisfechos que pudieron registrarse fueron de 0 a 1%.

De los 8 días de monitoreo, los días 02 y 03 de julio, del preescolar A, y los días 25 y 26 de junio, del preescolar B, fueron días inhábiles. Por esta razón, el sistema de enfriamiento electromecánico se encontraba apagado, lo que consecuentemente, se registraran diferencias máximas de temperatura de entre 1.2 °C a 1.4 °C, sin embargo, estas diferencias sólo se mostraron en una sola unidad de análisis (Preescolar B).

Cabe recalcar, que la misma norma especifica que el análisis puede ser aplicado, si se cumplen con dos requisitos: tener un aislamiento de ropa inferior a los 0.7 clo y realizar una actividad física con tasas metabólicas por debajo de 1.3.

De acuerdo a Fabbri (2013), en su estudio para determinar la tasa metabólica de un infante, sugiere una estandarización, en donde el valor de la energía metabólica del infante es 1.21 veces mayor que el de los adultos, de acuerdo con la fórmula especificada en la norma UNE-EN ISO 8996 (2005).

Por lo anterior, la ASHRAE 55 (2017) establece, que con mayores tasas metabólicas o de aislamiento de ropa, las personas son menos sensibles térmicamente, y, en consecuencia, el riesgo de las molestias locales es menor, situaciones que deben considerarse al hacer un estudio que no va dirigido a adultos, sino a infantes en edades de entre 3 a 6 años, lo que explicaría los resultados obtenidos en relación al discomfort local.

4.1.2 MÉTODO ADAPTATIVO

En relación a este método, se tomó en consideración el proyecto de confort adaptativo de De Dear, et. al. (1997) con el proyecto ASHRAE RP-884, el cual consistió en investigaciones en relación a la respuesta adaptativa de las personas en ambientes interiores.

Se creó una base de datos sobre experiencias relacionadas al confort térmico en distintas partes del mundo, con una clasificación de los edificios entre aquellos con un sistema de ventilación mecánica y ventilación natural, cuyos datos a considerar son la temperatura media efectiva exterior (ET) y la temperatura operativa neutral interior (To).

Con lo anterior se describe una tendencia: la temperatura de neutralidad térmica aumenta a medida que la temperatura exterior aumenta. Esta tendencia se representa por medio de gráficas de regresión lineal (Figura 15) de la temperatura de confort interior frente a la temperatura efectiva exterior (Godoy, 2012).

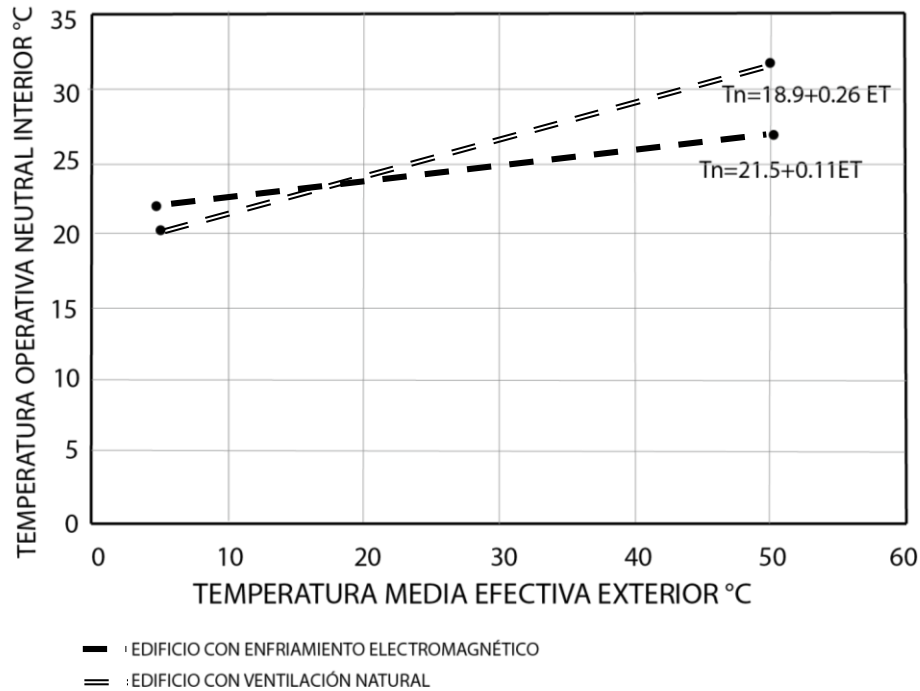


Figura 15. Ventilación natural y mecánica en gráfico de regresión lineal
Fuente: Elaboración propia en base a Godoy (2012)

Debido a que el presente estudio se realizó en periodo cálido, las aulas preescolares se encontraban con sistema de enfriamiento electromecánico, encendida durante las actividades escolares.

Por lo anterior, se tomó como base la ecuación propuesta por De Dear, et. al (1997) para determinar las condiciones térmicas aceptables en un edificio ventilado de manera mecánica con sistema de enfriamiento.

En el caso del preescolar A, los datos mostrados en el gráfico pertenecen a las temperaturas registradas con un intervalo de 0.5 h durante el periodo de monitoreo de 8 días del mes de julio, en el cual es posible observar que sólo los datos de las temperaturas en los días 01 y 07 de julio, entran dentro de los límites de aceptabilidad (Figura 16).

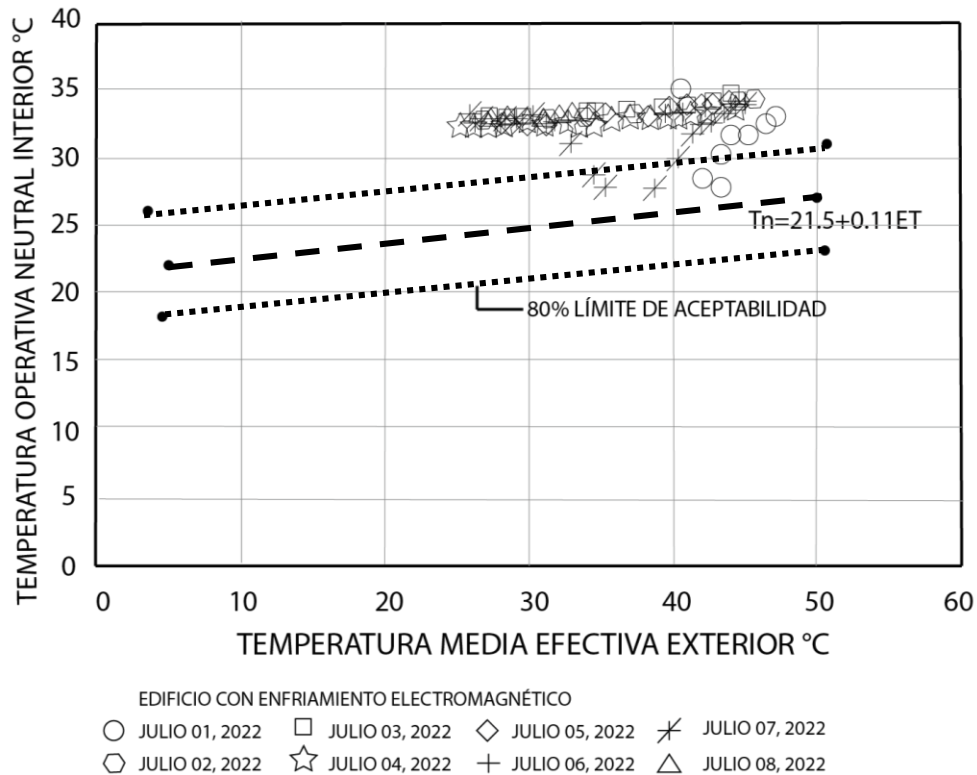


Figura 16. Confort adaptativo en preescolar A
Fuente: Elaboración propia en base a ASHRAE 55 (2017)

Al igual que en el preescolar A, los datos mostrados en el gráfico del preescolar B, pertenecen a las temperaturas registradas con un intervalo de 0.5 h, en este caso, durante el periodo de monitoreo de nueve días del mes de junio, en el cual, se puede observar una diferencia en el confort adaptativo en comparación entre ambos preescolares, en dónde los datos de las temperaturas de todos los días de monitoreo, a excepción de los días 25 y 26 de junio, entran dentro de los límites de aceptabilidad (Figura 17).

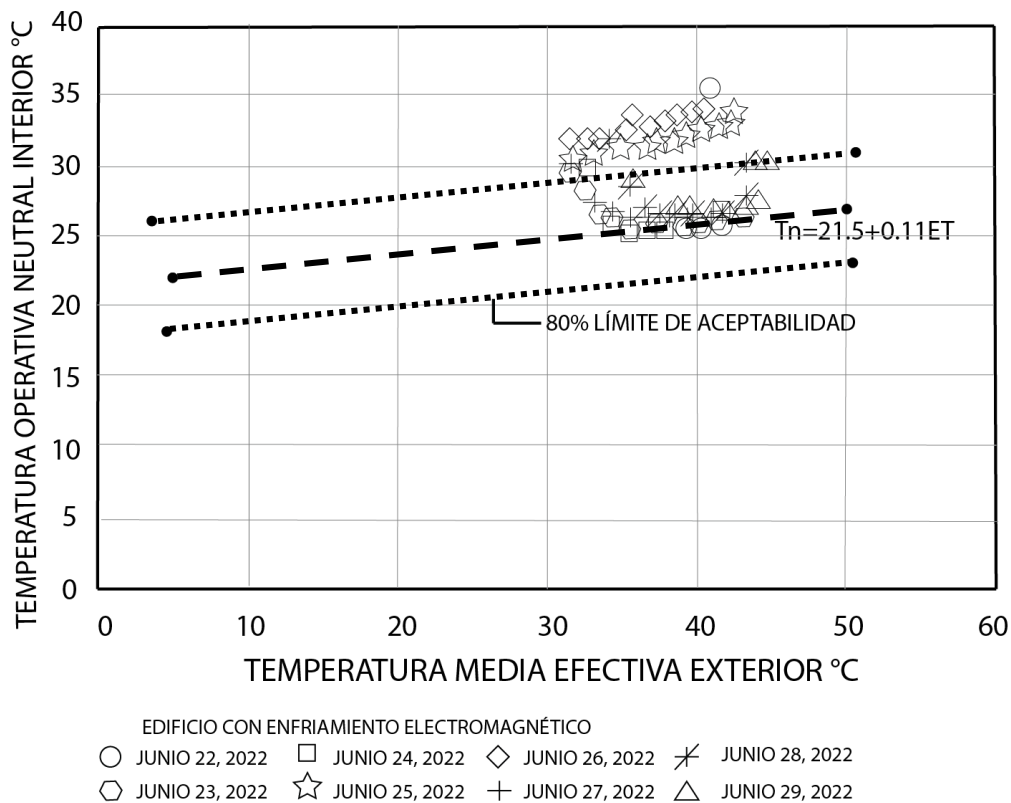


Figura 17. Confort adaptativo en preescolar B
Fuente: Elaboración propia en base a ASHRAE 55 (2017)

Y en el caso de las temperaturas máximas registradas, sólo los días 22, 23 y 24 de junio, entran dentro de los límites de aceptabilidad. En el análisis anterior, se destacó que, en ambas unidades de análisis, se presentaron dos días inhábiles para cada uno, por lo que el sistema de enfriamiento electromecánico se mantuvo apagado durante ese periodo.

En este sentido, al no tener ningún tipo de ventilación natural, por estar cerradas puertas y ventanas de ambas unidades durante este periodo inhábil por cuestiones de ahorro energético y seguridad por parte de las instituciones, se consideró utilizar la misma ecuación, para edificios ventilados de manera mecánica, y así, obtener datos comparativos.

En el caso del preescolar A, los días inhábiles fueron el 02 y 03 de julio, de los cuales no entran dentro de los límites de aceptabilidad, a excepción de los días 01 y 07 de julio, como se mencionó anteriormente, por lo que no se muestran en los resultados, cambios significativos por el encendido o apagado del sistema de ventilación mecánica.

Por otro lado, en el caso del preescolar B, los días inhábiles fueron el 25 y 26 de junio, los cuales, son los únicos días que no entran dentro del límite de aceptabilidad, y que, en caso contrario al preescolar A, es posible observar que hay una relación por el encendido y apagado del sistema de ventilación mecánica.

Las posibles causas de esta situación, provienen, como primer indicio, que la norma internacional esta descrita para usuarios adultos, sin considerar a usuarios infantes cómo se maneja en este estudio, por lo que la respuesta adaptativa puede tener variaciones, además, el tipo de ventilación mecánica, deficiencias del mismo sistema de enfriamiento, así como la ausencia de actividades escolares en determinados días, son otros factores determinantes.

4.1.3 ZONA DE CONFORT

El método gráfico para determinar la zona de confort, por medio de las propiedades del aire como la temperatura de bulbo seco y húmedo, humedad relativa, punto de rocío, entalpía y volumen específico, es por medio de una carta bioclimática.

Dicha carta fue presentada en 1953, por los hermanos Olgay, en la cual se define una zona de confort entre 21.1 °C y 27.8 °C (Para zonas moderadas de los Estados Unidos). De igual manera, define las “medidas correctivas necesarias para recuperar la sensación de confort en puntos situados fuera de esta zona de confort” (Olgay, 1963).

En 1969, Baruch Giovani utiliza un diagrama psicrométrico para definir una zona de confort para actividades sedentarias entre 21 °C y 26 °C (Con un área permisible entre 20 °C y 28 °C), y establece estrategias de calentamiento, ventilación, humidificación y masividad.

Posteriormente, en 1980, se propone una nueva versión de la carta bioclimática de Olgay, por Eduard Arens, en la cual, es posible un ajuste de la zona confort, de acuerdo con diferentes escalas de actividad metabólica, esto junto con la temperatura preferida, de acuerdo con la fórmula de Auliciems, permite tener una carta bioclimática para cualquier localidad de función de su temperatura neutra para personas aclimatadas.

Ya en 1999, Docherty y Szokolay proponen un método para determinar dos zonas de confort en un diagrama psicrométrico (Uno para invierno y otro para verano), utilizando las líneas de “nueva temperatura efectiva” y la “temperatura neutra” de Auliciems, y permite el ajuste, tanto de las zonas de confort como las zonas de estrategias para cualquier localidad (Docherty y Szokolay, 1999). Los límites de confort para la humedad absoluta quedan fijos entre 4 y 12 gr/kg.

Otras zonas de confort, fueron definidas por el estándar 55 de ASHRAE (2017), pero en este caso, dichas zonas, permanecen fijas y están en función del nivel de arropamiento de las personas; una para 1.0 clo y otra para 0.5 clo. Cabe destacar que ASHRAE, no define ningún límite de confort para humedades bajas, ya que considera que esto no afecta las condiciones de confort.

En esta investigación, se utilizaron de manera comparativa los dos métodos más recientes; la carta bioclimática de Docherty y Szokolay, y el de ASHRAE-2017. El diagrama psicrométrico fue elaborado de acuerdo con el análisis climático y temperaturas neutras de invierno y verano de la ciudad de Mexicali, Baja California. Algunas diferencias entre ambos métodos, se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Comparativa de métodos para determinar zonas de confort.

Método de Docherty y Szokolay	Método ASHRAE
<ul style="list-style-type: none"> Utiliza un modelo matemático adaptativo, según la localidad en la que se presenta el estudio, lo que permite separar lo que denominan como zonas potenciales de control. 	<ul style="list-style-type: none"> Utiliza un modelo matemático por medio de la temperatura media, por lo que, la zona de confort se presenta de manera fija, para climas con características generalizadas. Por las características climáticas de Mexicali, se presenta una mayor oscilación entre las temperaturas de invierno y de verano.
<ul style="list-style-type: none"> Es un método que además de definir las zonas potenciales de control, de acuerdo a la localidad, muestra las zonas de factibles para tomar estrategias de control pasivo (en este caso, efecto masa) 	<ul style="list-style-type: none"> Las zonas de confort son definidas por el tipo de arropamiento del usuario (clo 0.5 – 1.0).
<ul style="list-style-type: none"> Se establece límites de confort de humedad (entre 4 y 12 gr/kg) 	<ul style="list-style-type: none"> No considera ningún límite de confort para las humedades bajas (entre 0 y 12 gr/kg)

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 18 y 19, se muestra la carta psicrométrica utilizada como herramienta para definir las estrategias de control pasivo para condiciones de sobrecalentamiento y efecto de masa.

Los datos presentados en la figura 18, corresponden a las temperaturas registradas en intervalos de 0.5 h por día en el preescolar A, durante actividades escolares con una duración de 8 h, ya que se tomó en cuenta el horario extendido del preescolar, con horarios de 8 am a 1 pm y de 1 pm a 4 pm.

Cada punto equivale a la relación entre la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa, en los cuales se puede observar que 5 días de julio, las temperaturas alcanzan la zona de confort para verano, sin embargo, en la permanencia de la zona de confort, sólo duró un máximo de 4 h para los días 04 y 07 de julio, y un mínimo de 2 h para el día 1 de julio.

Es importante resaltar, que el día 03 de julio, fue inhábil, por lo que el sistema de enfriamiento electromecánico se encontraba apagado, sin embargo, por alrededor de 3 h, se mantuvo en los límites de ZPC para verano.

La causa probable de entrar a la zona de confort, se puede deber a la abertura de puertas o ventanas para algún tipo de mantenimiento, durante el mismo periodo de tiempo.

CARTA PSICROMÉTRICA - UNIDAD DE ANÁLISIS, PREESCOLAR A

Tn (verano) = 28.6°
Tn (invierno) = 22.0°
Localidad: Mexicali

- JULIO 01 □
- JULIO 02 △
- JULIO 03 ○
- JULIO 04 +
- JULIO 05 ☆
- JULIO 06 *
- JULIO 07 ◇
- JULIO 08 ◻

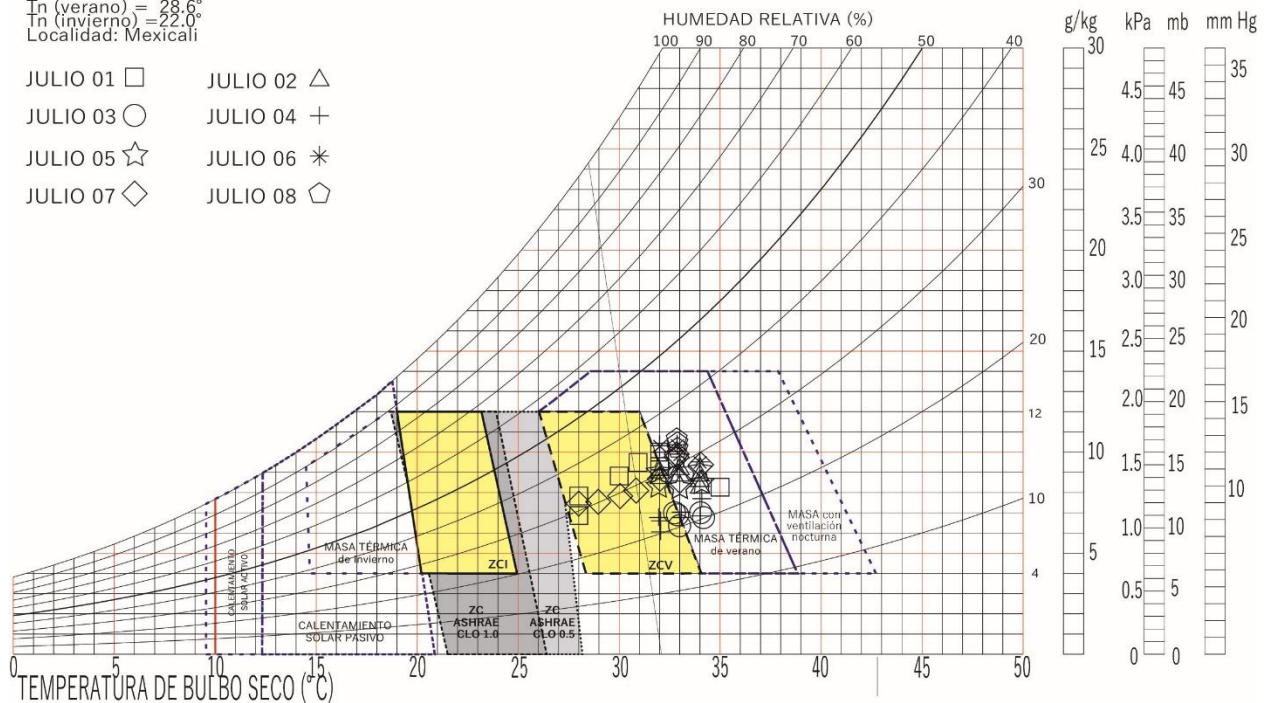


Figura 18. Método gráfico para determinar la zona de confort en preescolar A
Fuente: Elaboración propia en base a Docherty y Szokolay (1999) y ASHRAE 55 (2017)

Para los días restantes, se registró un conglomerado de puntos fuera de la zona de confort de verano, con una permanencia en la zona de masa térmica para verano, lo que indica según Docherty y Szokolay (1999), que una estrategia de control pasivo, puede ser de utilidad para el caso del preescolar A, en conjunto con controles activos como ventilación mecánica, para reducir de manera significativa el requerimiento de energía.

En el caso del preescolar B, al igual que en preescolar A, los datos se registraron en un intervalo de 0.5 h, por 8 días, con una diferencia en monitoreo de seis horas continuas, debido al tiempo establecido para realizar actividades escolares.

CARTA PSICROMÉTRICA - UNIDAD DE ANÁLISIS, PREESCOLAR B

Tn (verano) = 28.6°
 Tn (invierno) = 22.0°
 Localidad: Mexicali

- | | |
|------------|------------|
| JUNIO 22 □ | JUNIO 23 △ |
| JUNIO 24 ○ | JUNIO 25 + |
| JUNIO 26 ☆ | JUNIO 27 * |
| JUNIO 28 ◇ | JUNIO 29 ◊ |

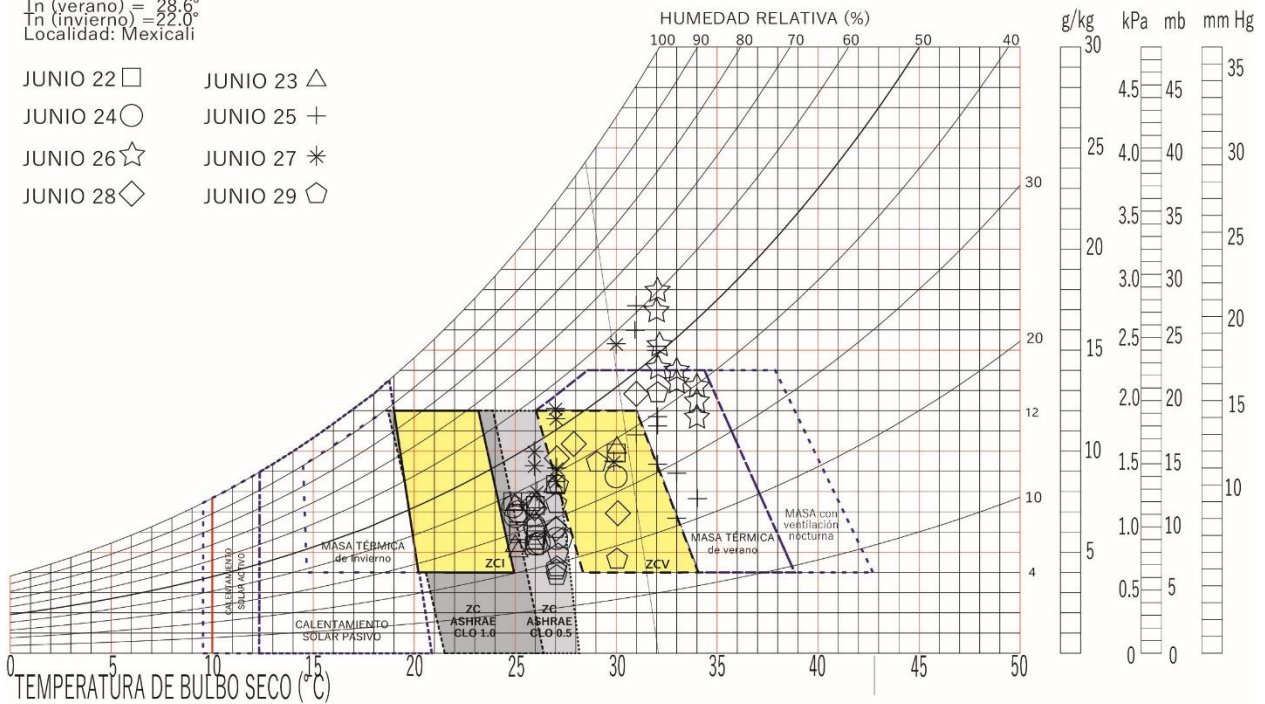


Figura 19. Método gráfico para determinar la zona de confort en preescolar B.
 Fuente: Elaboración propia en base a Docherty y Szokolay (1999) y ASHRAE 55 (2017)

En la figura 19, se muestra que los días que alcanzan la zona de confort para verano, son 5 días para el mes de junio, sin embargo, su permanencia en la zona de confort fue de un máximo de 2.5 h, para el día 29 de junio, y un mínimo de 0.5 h para los días 23 y 24 de junio.

Para los días restantes (y en algunos casos, los mismos días que en algún momento se presentaron en la ZPC), su dispersión se dividió en dos zonas; los días 25 y 26 de junio, se presentan tanto fuera como dentro de los límites de la zona de masa térmica para verano, y cuyos días se consideran como inhábiles, al no haber actividades escolares y con el sistema de enfriamiento apagado.

Y los días, del 22 al 29 de junio, se concentran en algún punto del monitoreo, fuera de las ZPC, pero sí entre las ZPC de invierno y de verano, y se posicionan en la zona de confort del método de ASHRAE 55.

Con lo anterior, se puede observar que, con el método seleccionado, es posible conocer zonas de confort que se adapten a las características climáticas necesarias. En este caso, el comportamiento del edificio en el periodo crítico de verano, la minoría de los días monitoreados alcanzan y/o permanecen constantes dentro de la ZPC de verano, sin embargo, nos muestra la posibilidad de crear estrategias pasivas.

4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis estadístico con los siguientes objetivos: conocer el grado de dispersión entre los datos registrados en relación al valor promedio obtenido con respecto a la variable de TBS de los días de monitoreo, por medio de un análisis de la desviación estándar, y, conocer el grado de relación entre las variables de TBS y CO_2 por medio de un análisis del coeficiente de correlación.

4.2.1 VARIACIÓN DE TEMPERATURA DE BULBO SECO

Se realizó un análisis del grado de variación por medio de la medida de dispersión de desviación estándar, con el objetivo de conocer cómo se concentran los datos y su comportamiento con relación al promedio horario establecido. De igual manera, se realizó un análisis por medio de la estimación de parámetros mediante intervalos de confianza para conocer la precisión de los datos (Spiegel y Stephens, 2009).

Para una mejor visualización de los datos se presenta un análisis por día de la variabilidad de TBS, así como una comparativa de TBS con HR, cuya finalidad, fue dar a conocer el comportamiento de los datos, por medio de un análisis descriptivo en términos estadísticos y fenomenológicos.

Cada gráfico, representa un día de monitoreo continuo durante actividades escolares. El grado de variación entre los valores, resulta de la dispersión que los mismos presentan con respecto a la media.

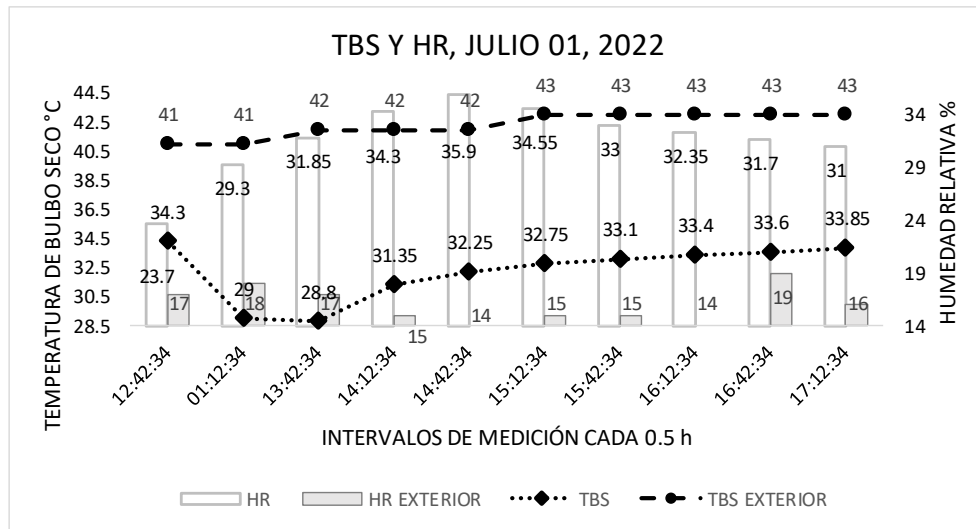
Se tomó en consideración, que la desviación estándar sólo es igual a cero cuando todos los valores de los datos son el mismo número, por lo tanto, entre mayor sea el valor de la desviación estándar, mayor será su variación.

Además, se utilizó la regla práctica del intervalo (intervalo de confianza el 95%), cuyo principio se basa en que el 95% de los valores muestrales, se ubican dentro de dos desviaciones estándar a partir de la media, por lo que, se considera, que el 5% de la muestra, no quedan dentro del parámetro utilizado (Triola, 2018)

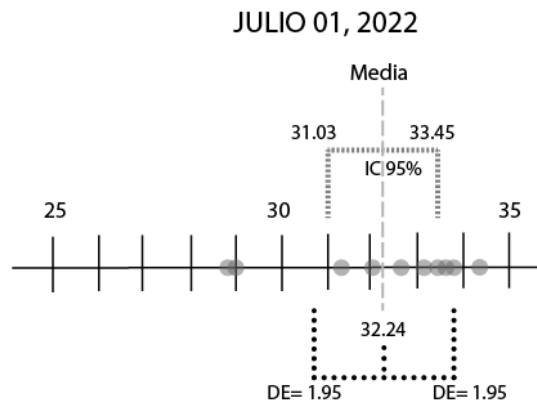
Para este trabajo, se presenta un análisis de ocho días para preescolar A, del 22 al 29 de junio, y ocho días para preescolar B, del 1 al 8 de julio.

4.2.1.1 PREESCOLAR A

En este apartado, se presentan los resultados de la primera unidad de análisis (Preescolar A). Se hace una descripción de cada día de monitoreo durante actividades escolares, en las cuales el recinto evaluado se mantuvo en operación.



a) Gráfico de TBS y HR



b) Gráfico de dispersión de TBS

Hora	TBS Exterior (sensor)	HR Exterior (sensor)	TBS Exterior (Meteorológico UABC)	HR Exterior (Meteorológico UABC)
12:42:34	40 °C	19.8 %	41 °C	17%
13:12:34	42.2 °C	17.1 %	41 °C	18%
13:42:34	43.4 °C	15.4 %	42 °C	17%
14:12:34	43.3 °C	14.4 %	42 °C	15%
14:42:34	44 °C	14.2 %	42 °C	14%
15:12:34	45.2 °C	13.1 %	43 °C	15%
15:42:34	46.4 °C	12.1 %	43 °C	15%
16:12:34	46.4 °C	11.7 %	43 °C	14%
16:42:34	47.2 °C	12.6 %	43 °C	19%
17:12:34	47.2 °C	12.4 %	43 °C	16%

c) Datos registrados en día hábil

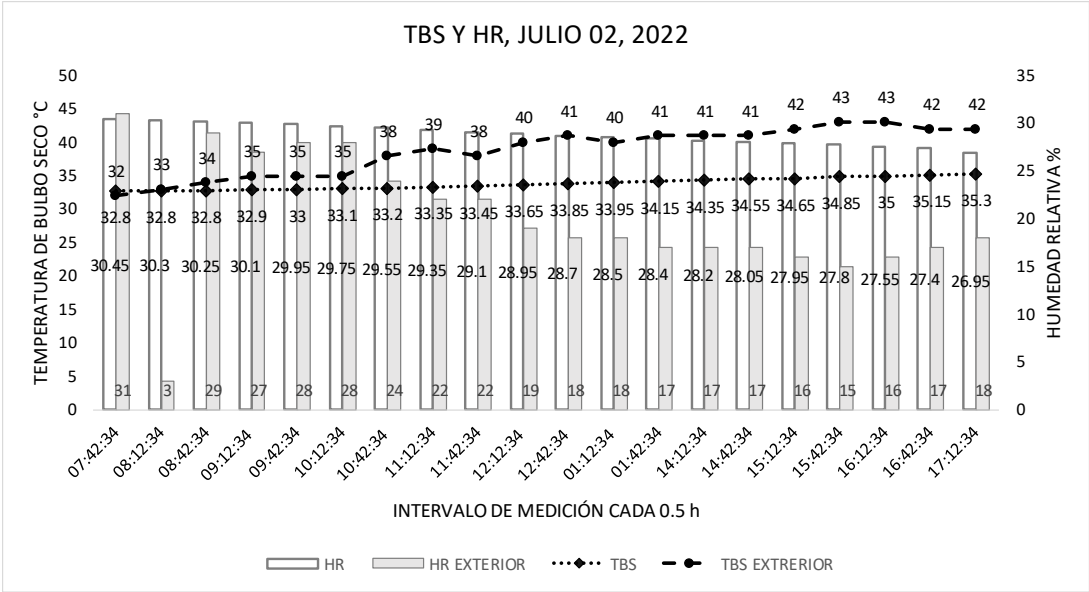
Figura 20. Análisis del día 01 de julio, preescolar A

Fuente: Elaboración propia

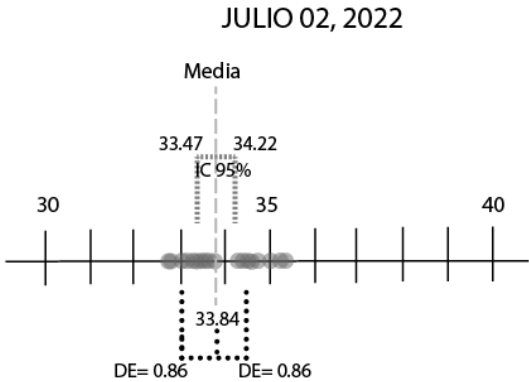
Para el primer día de análisis, los datos registrados se analizaron a las 12:42 pm debido a que los sensores se instalaron horas atrás ese mismo día, dentro del horario permitido por la institución educativa.

La TBS en el interior presenta dos oscilaciones marcadas con un descenso de temperatura, y la TBS exterior va en aumento conforme el avance de las horas. La HR interior tuvo un ascenso hasta alcanzar su máxima a las 14 h con 35.9% para después descender, y, en comparación con la HR exterior que tuvo oscilaciones marcadas por debajo del 20%.

Dichas oscilaciones en la temperatura interior, pudieron deberse a la estabilización o fallo del sensor, así como por actividades realizadas durante el periodo de clases, en los cuales pudieron afectar el registro de la temperatura y humedad del mismo, ya que por cuestiones de logística, los sensores para estas variables se colocaron en dos extremos del recinto para mediciones simultáneas en pedestales diseñados, los cuales pudieron haber sido manipulados por la misma circulación de los niños y/o maestra.



a) Gráfico de TBS y HR



b) Gráfico de dispersión de TBS

Hora	TBS Exterior (sensor)	HR Exterior (sensor)	TBS Exterior (Meteorológico UABC)	HR Exterior (Meteorológico UABC)
07:42:34	28.9 °C	46.1 %	32 °C	31%
08:12:34	28.9 °C	46.1 %	33 °C	30%
08:42:34	29.3 °C	40.8 %	34 °C	29%
09:12:34	29.8 °C	35.1 %	35 °C	27%
09:42:34	31 °C	34.2 %	35 °C	28%
10:12:34	32 °C	31.1 %	35 °C	28%
10:42:34	33.2 °C	27.7 %	38 °C	24%
11:12:34	34.6 °C	26.2 %	39 °C	22%
11:42:34	35.8 °C	24.4 %	38 °C	22%
12:12:34	36.5 °C	22.7 %	40 °C	19%
12:42:34	37.6 °C	20.8 %	41 °C	18%
13:12:34	40.6 °C	18.4 %	40 °C	18%
13:42:34	41.8 °C	16.9 %	41 °C	17%
14:12:34	42 °C	15.8 %	41 °C	17%
14:42:34	43.1 °C	15.1 %	41 °C	17%
15:12:34	43.8 °C	14.9 %	42 °C	16%
15:42:34	44.1 °C	14.5 %	43 °C	15%
16:12:34	44.9 °C	13.1 %	43 °C	16%
16:42:34	45.7 °C	12.8 %	42 °C	17%
17:12:34	45.7 °C	12.6 %	42 °C	18%

c) Datos registrados en día inhábil

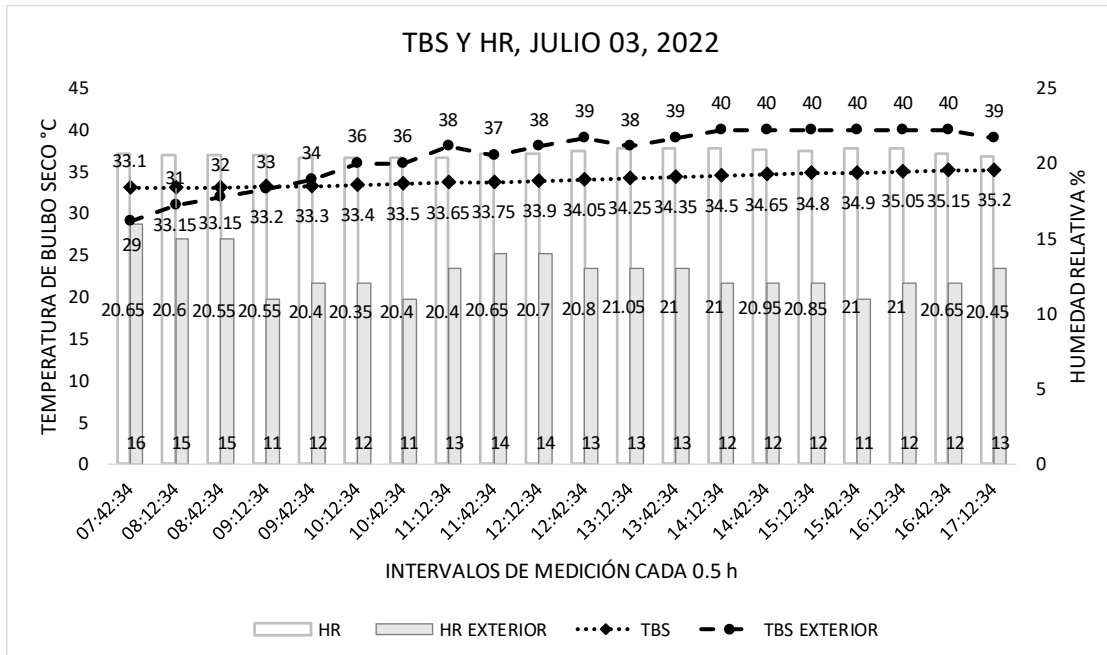
Figura 21. Análisis del día 02 de julio, preescolar A

Fuente: Elaboración propia

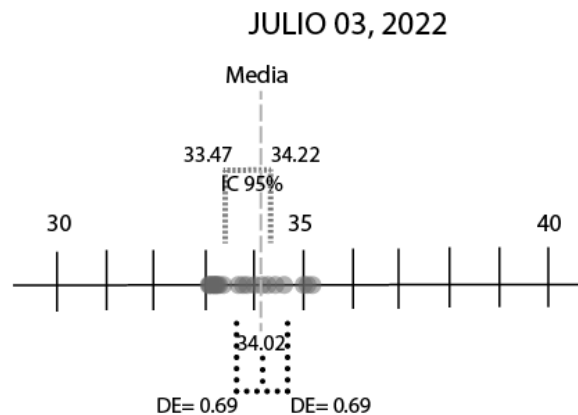
Tanto para el segundo como el tercer día de análisis, los datos fueron registrados en días inhábiles, ya que las actividades escolares sólo abarcan cinco días, de lunes a viernes, y tanto el día 02 como el día 03 de julio, fueron sábado y domingo respectivamente.

Se puede observar que, tanto la TBS y HR interior como exterior, tuvieron el mismo comportamiento; un aumento gradual de la TBS, con un descenso a la par, de manera gradual de la HR.

Con lo anterior, se muestra un comportamiento típico, con relación a las dos variables mencionadas, tal y como lo explica Jaramillo (2005), que la humedad relativa, sigue un comportamiento opuesto a la temperatura del aire, es decir, que cuando aumenta la temperatura de bulbo seco (O temperatura del aire), por consecuencia, la humedad relativa disminuye, y esto sucede a la inversa.



a) Gráfico de TBS y HR



b) Gráfico de dispersión de TBS

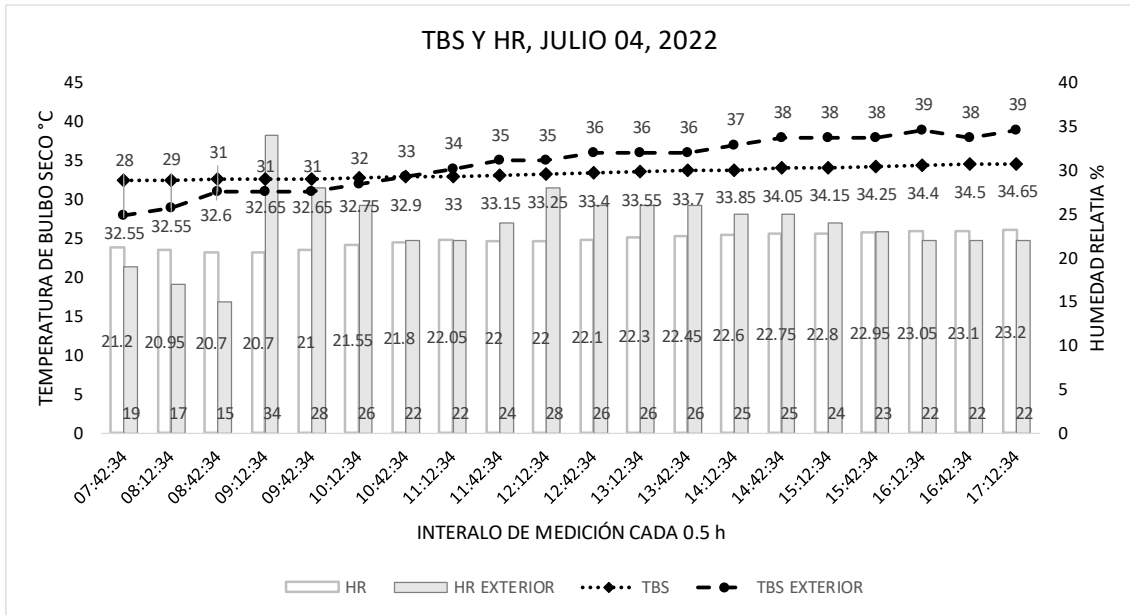
Hora	TBS Exterior (sensor)	HR Exterior (sensor)	TBS Exterior (Meteorológico UABC)	HR Exterior (Meteorológico UABC)
07:42:34	26.9 °C	15.5 %	29 °C	16%
08:12:34	27.4 °C	15.7 %	31 °C	15%
08:42:34	28.4 °C	14.8 %	32 °C	15%
09:12:34	29.4 °C	15.8 %	33 °C	11%
09:42:34	30.7 °C	14.2 %	34 °C	12%
10:12:34	32.2 °C	13.3 %	36 °C	12%
10:42:34	33.6 °C	11.3 %	36 °C	11%
11:12:34	34.6 °C	10.6 %	38 °C	13%
11:42:34	35.5 °C	11.5 %	37 °C	14%
12:12:34	37.1 °C	13.6 %	38 °C	14%
12:42:34	39.3 °C	12.7 %	39 °C	13%
13:12:34	40.4 °C	11.8 %	38 °C	13%
13:42:34	41.1 °C	11.5 %	39 °C	13%
14:12:34	41.5 °C	10.9 %	40 °C	12%
14:42:34	42.8 °C	9.5 %	40 °C	12%
15:12:34	42.9 °C	9.7 %	40 °C	12%
15:42:34	44.4 °C	9.4 %	40 °C	11%
16:12:34	44.1 °C	9.4 %	40 °C	12%
16:42:34	44.2 °C	9 %	40 °C	12%
17:12:34	44.1 °C	9.3 %	39 °C	13%

c) Datos registrados en día inhábil

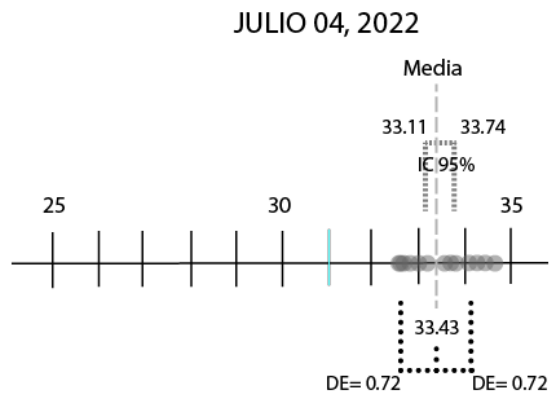
Figura 22. Análisis del día 03 de julio, preescolar A

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que, en comparación con los días hábiles, estos dos días en los cuales, el sistema de enfriamiento electromecánico se encontraba apagado por razones de ahorro energético, así como por cuestiones de seguridad, tanto puertas y ventanas se encontraban cerradas, la TBS y HR interior no presentaron variaciones significativas.



a) Gráfico de TBS y HR



b) Gráfico de dispersión de TBS

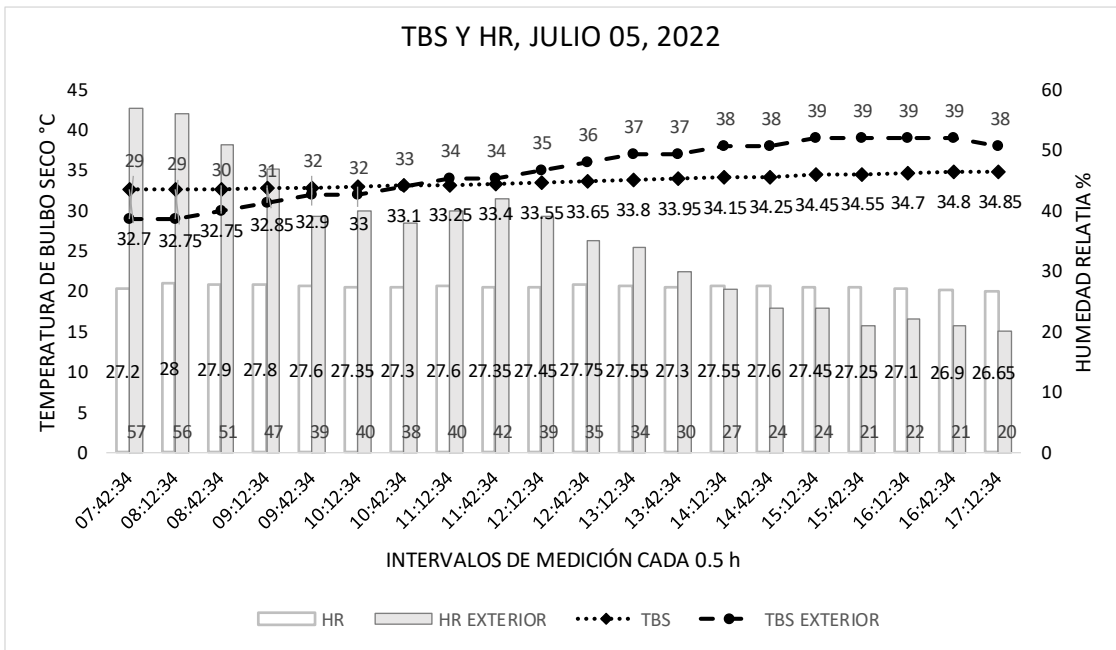
Hora	TBS Exterior (sensor)	HR Exterior (sensor)	TBS Exterior (Meteorológico UABC)	HR Exterior (Meteorológico UABC)
07:42:34	25.4 °C	23.4 %	28 °C	19%
08:12:34	26.2 °C	21.6 %	29 °C	17%
08:42:34	27.3 °C	19.8 %	31 °C	15%
09:12:34	28.4 °C	17.3 %	31 °C	34%
09:42:34	30.1 °C	15 %	31 °C	28%
10:12:34	31.4 °C	18.9 %	32 °C	26%
10:42:34	32.8 °C	27.6 %	33 °C	22%
11:12:34	33.8 °C	26.5 %	34 °C	22%
11:42:34	34.7 °C	23.2 %	35 °C	24%
12:12:34	36 °C	17.9 %	35 °C	28%
12:42:34	38.5 °C	16.7 %	36 °C	26%
13:12:34	39.9 °C	18.2 %	36 °C	26%
13:42:34	40.7 °C	19.4 %	36 °C	26%
14:12:34	41.4 °C	18.5 %	37 °C	25%
14:42:34	42.2 °C	17 %	38 °C	25%
15:12:34	43 °C	16.4 %	38 °C	24%
15:42:34	43.7 °C	15.7 %	38 °C	23%
16:12:34	44.6 °C	14.8 %	39 °C	22%
16:42:34	45.3 °C	14.5 %	38 °C	22%
17:12:34	45 °C	14.6 %	39 °C	22%

c) Datos registrados en día hábil

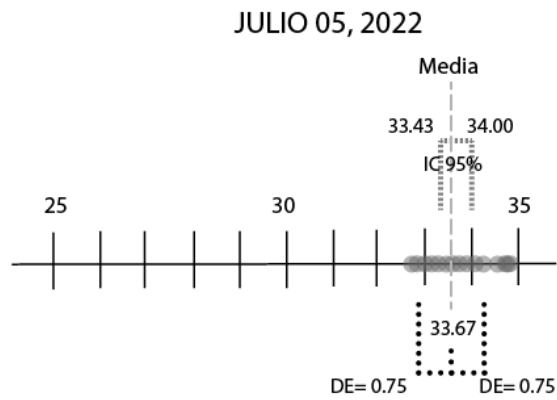
Figura 23. Análisis del día 04 de julio, preescolar A

Fuente: Elaboración propia

En el cuarto día de análisis, el comportamiento de las variables fue constantes e incrementando de forma poco perceptible en el gráfico, lo que, atribuye a un buen funcionamiento del sistema de enfriamiento electromecánico, con un debido control de aperturas de la puerta, así como ventanas cerradas.



a) Gráfico de TBS y HR



b) Gráfico de dispersión de TBS

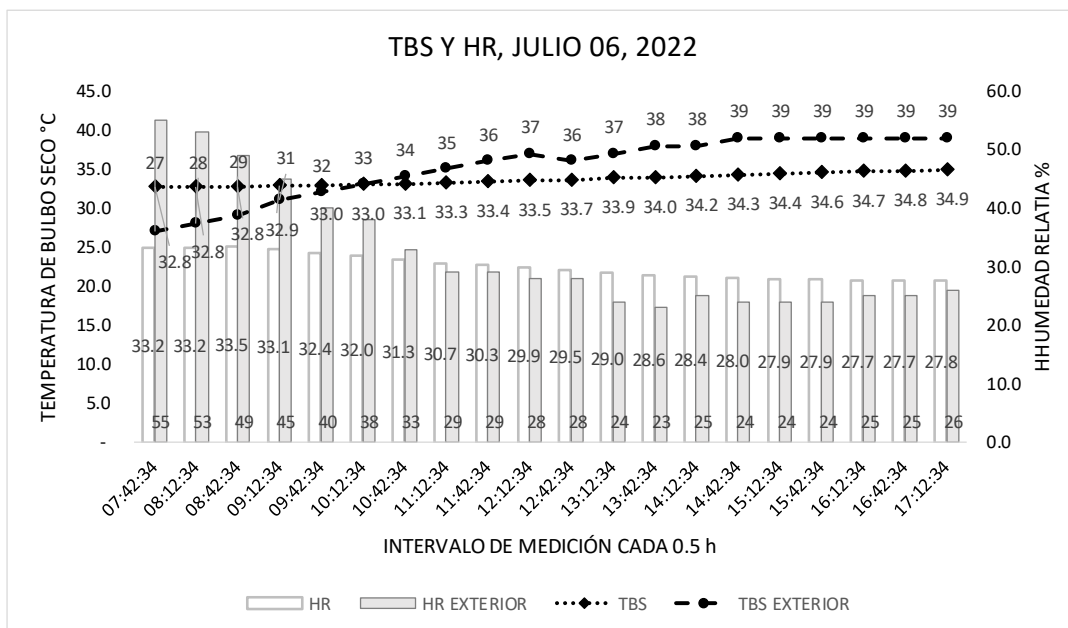
Hora	TBS Exterior (sensor)	HR Exterior (sensor)	TBS Exterior (Meteorológico UABC)	HR Exterior (Meteorológico UABC)
07:42:34	26.7 °C	41.3 %	29 °C	57%
08:12:34	28.1 °C	48.3 %	29 °C	56 %
08:42:34	29.1 °C	48.5 %	30 °C	51 %
09:12:34	29.9 °C	47.7 %	31 °C	47%
09:42:34	30.6 °C	38.9 %	32 °C	39%
10:12:34	31.4 °C	36.9 %	32 °C	40%
10:42:34	32.3 °C	31.6 %	33 °C	38%
11:12:34	33.2 °C	30.6 %	34 °C	40%
11:42:34	34.3 °C	27.2 %	34 °C	42%
12:12:34	35.4 °C	31.7 %	35 °C	39%
12:42:34	38.2 °C	29.5 %	36 °C	35%
13:12:34	39.7 °C	29 %	37 °C	34%
13:42:34	39.9 °C	28.2 %	37 °C	30%
14:12:34	40.3 °C	27.6 %	38 °C	27%
14:42:34	41.7 °C	25.1 %	38 °C	24%
15:12:34	42.2 °C	23.1 %	39 °C	24%
15:42:34	43 °C	19.4 %	39 °C	21%
16:12:34	44.3 °C	17.5 %	39 °C	22%
16:42:34	44.5 °C	16.5 %	39 °C	21%
17:12:34	44 °C	15.3 %	38 °C	20%

c) Datos registrados en día hábil

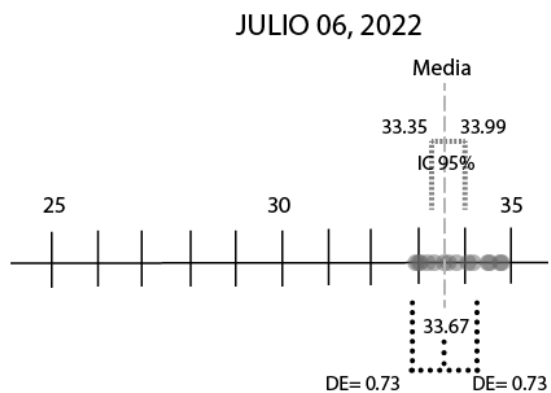
Figura 24. Análisis del día 05 de julio, preescolar A

Fuente: Elaboración propia

Para los casos del quinto y sexto día de análisis, se pueden observar las primeras barras del gráfico, la cuales, representan las primeras horas del día en la jornada de actividades escolares, que la HR exterior llega a un máximo de 57% y 55% respectivamente, para posteriormente, descender de forma gradual, lo que indica un aumento de la TBS exterior.



a) Gráfico de TBS y HR



b) Gráfico de dispersión de TBS

Hora	TBS Exterior (sensor)	HR Exterior (sensor)	TBS Exterior (Meteorológico UABC)	HR Exterior (Meteorológico UABC)
07:42:34	26 °C	52.1 %	27 °C	55%
08:12:34	26.6 °C	52.3 %	28 °C	53%
08:42:34	27.5 °C	50.8 %	29 °C	49%
09:12:34	28.5 °C	47.7 %	31 °C	45%
09:42:34	29.2 °C	46.2 %	32 °C	40%
10:12:34	30.4 °C	41.9 %	33 °C	38%
10:42:34	31.2 °C	38.9 %	34 °C	33%
11:12:34	32.4 °C	33.7 %	35 °C	29%
11:42:34	33.2 °C	31.1 %	36 °C	29%
12:12:34	34.6 °C	29 %	37 °C	28%
12:42:34	37.1 °C	25.9 %	36 °C	28%
13:12:34	39.3 °C	22.2 %	37 °C	24%
13:42:34	39.7 °C	21.4 %	38 °C	23%
14:12:34	40.8 °C	20.2 %	38 °C	25%
14:42:34	42.1 °C	18.8 %	39 °C	24%
15:12:34	43 °C	18.1 %	39 °C	24%
15:42:34	44 °C	17.6 %	39 °C	24%
16:12:34	44 °C	18.1 %	39 °C	25%
16:42:34	44.7 °C	17.4 %	39 °C	25%
17:12:34	44.6 °C	17.2 %	39 °C	26%

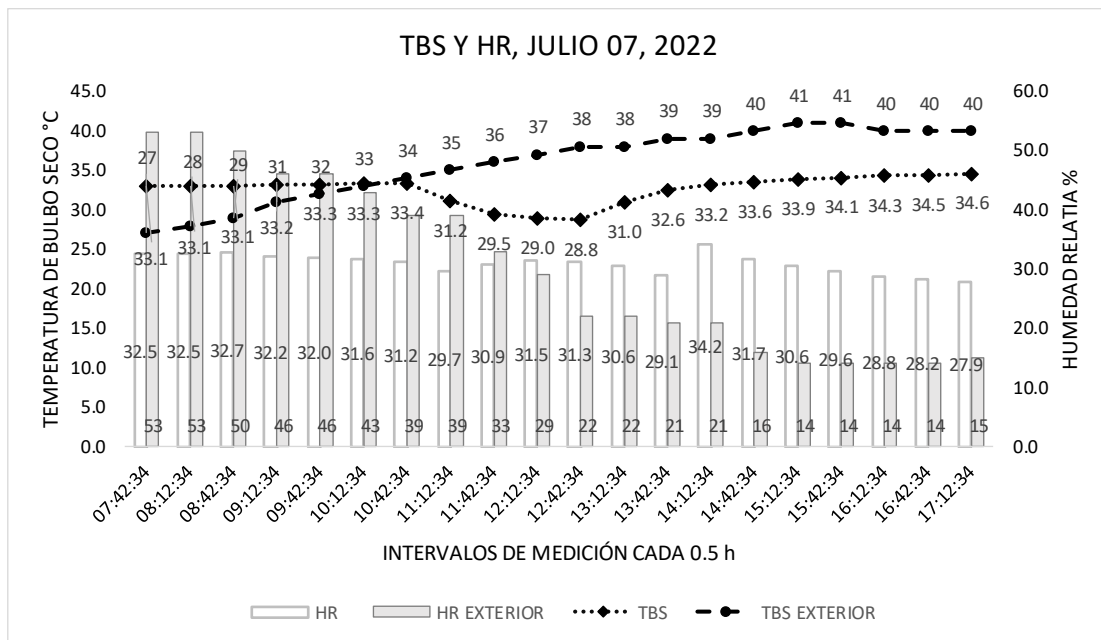
c) Datos registrados en día hábil

Figura 25. Análisis del día 06 de julio, preescolar A

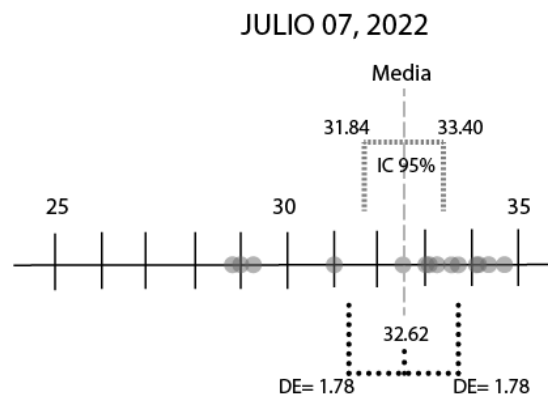
Fuente: Elaboración propia

En ambos casos (Figuras 24 y 25), se percibe una regularidad entre las variables de TBS y HR interiores, que indica un funcionamiento esperado del sistema de enfriamiento electromecánico como en el día 04 julio ya analizado. Sin embargo, se puede apreciar que hay un aumento gradual de la TBS, a la par de una disminución gradual de la HR interior en el caso del sexto día de monitoreo.

Por lo que se le puede definir como un día típico, similar al día 01 de julio, con un funcionamiento del sistema de enfriamiento electromecánico, que pudo haber sido afectado por situaciones no controladas como aperturas de la puerta por periodos prolongados o en múltiples ocasiones.



a) Gráfico de TBS y HR



b) Gráfico de dispersión de TBS

Hora	TBS Exterior (sensor)	HR Exterior (sensor)	TBS Exterior (Meteorológico UABC)	HR Exterior (Meteorológico UABC)
07:42:34	26 °C	46.8 %	27 °C	53%
08:12:34	26.8 °C	48.4 %	28 °C	53%
08:42:34	27.6 °C	47.1 %	29 °C	50%
09:12:34	28.7 °C	46.2 %	31 °C	46%
09:42:34	29.8 °C	44.6 %	32 °C	46%
10:12:34	30.8 °C	43.1 %	33 °C	43%
10:42:34	32.2 °C	39.3 %	34 °C	39%
11:12:34	33.3 °C	37.3 %	35 °C	39%
11:42:34	34.2 °C	36 %	36 °C	33%
12:12:34	35.4 °C	33.7 %	37 °C	29%
12:42:34	38.7 °C	30.6 %	38 °C	22%
13:12:34	40.2 °C	25.7 %	38 °C	22%
13:42:34	41.8 °C	23 %	39 °C	21%
14:12:34	42 °C	17.6 %	39 °C	21%
14:42:34	43.1 °C	17.3 %	40 °C	16%
15:12:34	44.1 °C	15.4 %	41 °C	14%
15:42:34	45.1 °C	13.1 %	41 °C	14%
16:12:34	45.5 °C	12.1 %	40 °C	14%
16:42:34	46.2 °C	11.5 %	40 °C	14%
17:12:34	46.1 °C	11.6 %	40 °C	15%

c) Datos registrados en día hábil

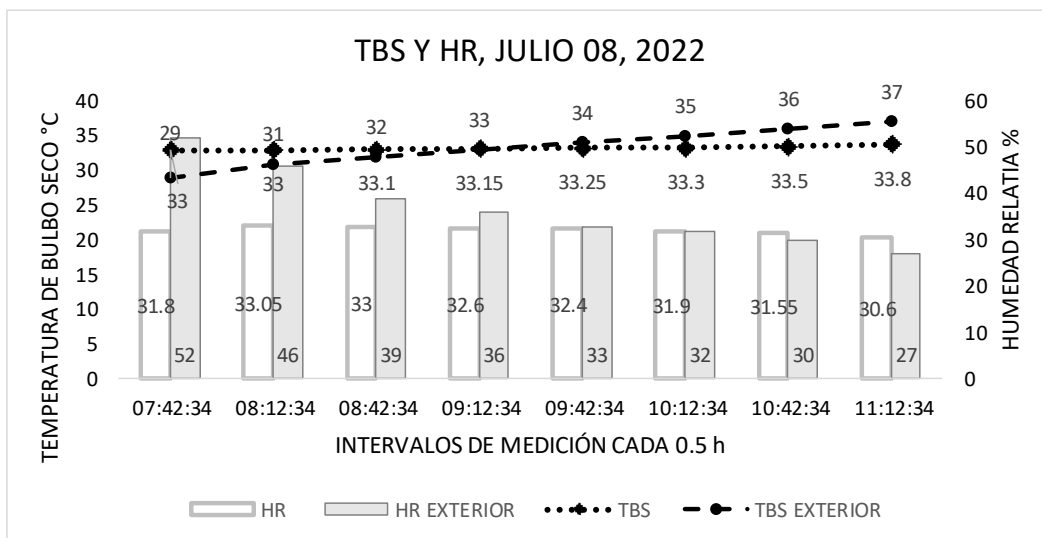
Figura 26. Análisis del día 07 de julio, preescolar A

Fuente: Elaboración propia

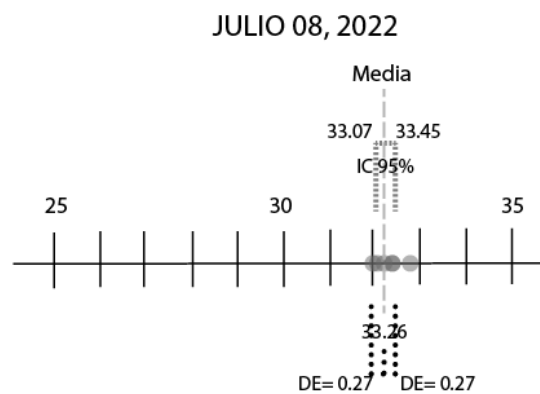
En el caso del día 07 de julio, se presentó un día atípico, debido a oscilaciones marcadas de las variables registradas en el interior del recinto, específicamente en la variable de TBS, la cual se mantiene constante, con un marcado descenso de temperatura por alrededor de 2.5 h, para luego restablecer su regularidad.

Lo anterior, puede atribuirse a cambios en el termostato del aire acondicionado, que provocó la entrada del compresor del sistema de enfriamiento electromecánico, como parte de la búsqueda del confort, o de algún fallo del sensor de temperatura del mismo sistema.

Otras situaciones causales del fenómeno pueden deberse a algún tipo de limpieza repentina, por medio de agua y químicos que ayudaron al ambiente a bajar la temperatura por un lapso de tiempo.



a) Gráfico de TBS y HR



b) Gráfico de dispersión de TBS

Hora	TBS Exterior (sensor)	HR Exterior (sensor)	TBS Exterior (Meteorológico UABC)	HR Exterior (Meteorológico UABC)
07:42:34	27.1 °C	44.3 %	29 °C	52%
08:12:34	27.7 °C	45.5 %	31 °C	46%
08:42:34	28.6 °C	44.6 %	32 °C	39%
09:12:34	29.7 °C	41.8 %	33 °C	36%
09:42:34	31.1 °C	38.5 %	34 °C	33%
10:12:34	32.3 °C	36.4 %	35 °C	32%
10:42:34	33.2 °C	31.3 %	36 °C	30%
11:12:34	34 °C	30.8 %	37 °C	27%
11:42:34	35.1 °C	28.8 %	38 °C	25%
12:12:34	36.4 °C	26.5 %	39 °C	23%
12:42:34	38.8 °C	21.8 %	40 °C	22%

c) Datos registrados en día hábil

Figura 27. Análisis del día 08 de julio, preescolar A

Fuente: Elaboración propia

El día 08 de julio, al ser el último día de monitoreo, el registro de datos se cortó a las 11 h, debido a que las horas posteriores se manipuló el instrumento para su desmontaje.

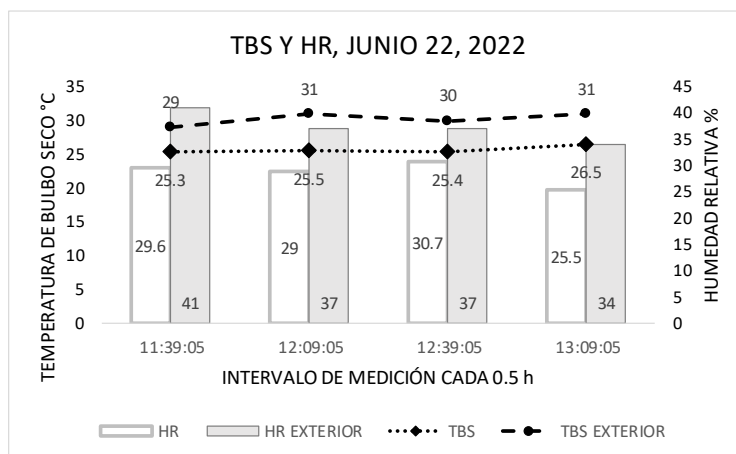
Este día de análisis, al igual que los días, 01, 04 y 05 de julio, presentó una relación constante entre las variables de TBS y HR.

Cabe destacar, que, en los gráficos, se utilizaron los datos registrados de sensores para interior, como la estación meteorológica de la Facultad de Ingeniería de la UABC, debido a que el utilizado en exterior, a pesar de contar con su escudo de protección solar, (véase en anexo A), sólo fue posible colocarlo en un punto del patio central de la institución.

Lo anterior, con el objetivo no ser manipulado por los niños, sin embargo, en las horas de la puesta de sol, los rayos solares cayeron directamente al escudo que, a pesar de proteger el sensor en gran medida, se registraron datos de TBS exteriores elevados a comparación de la estación meteorológica.

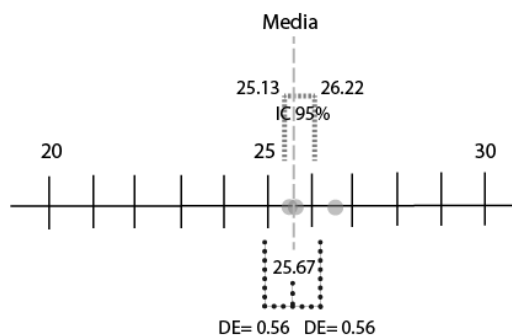
4.2.1.2 PREESCOLAR B

En este segundo apartado, se presentan los resultados de la segunda unidad de análisis (Preescolar B). Se hace una descripción de cada día de monitoreo durante actividades escolares, en las cuales el recinto evaluado se mantuvo en operación.



a) Gráfica de TBS y HR

JUNIO 22, 2022



b) Gráfica de dispersión de TBS

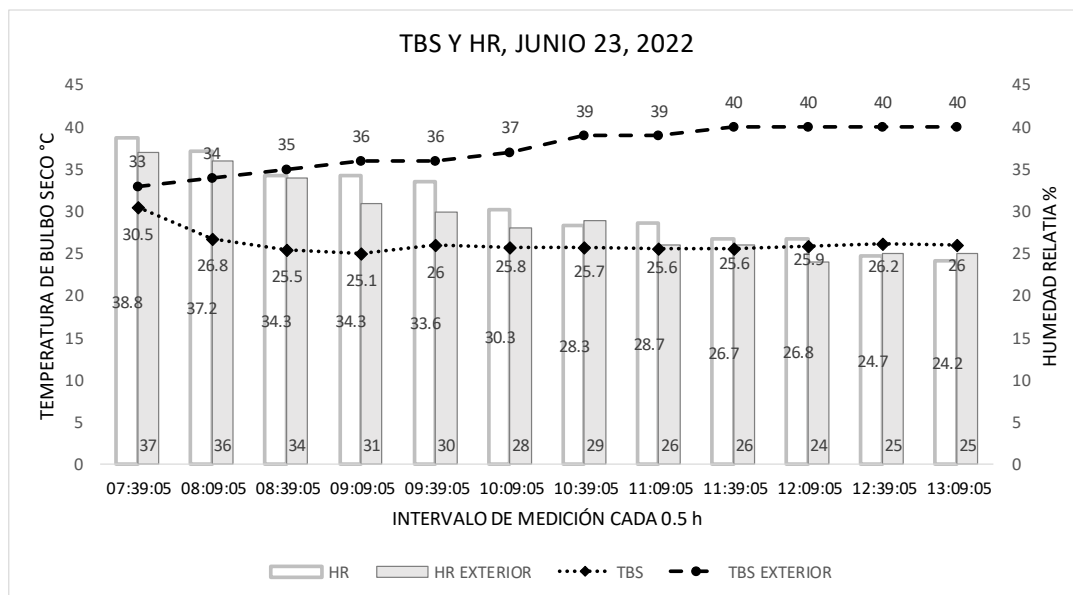
Hora	TBS Exterior (sensor)	HR Exterior (sensor)	TBS Exterior (Meteorológico UABC)	HR Exterior (Meteorológico UABC)
11:39:05	31.8 °C	51.7 %	29 °C	41%
12:09:05	33 °C	50.9 %	31 °C	37%
12:39:05	34.1 °C	43.8 %	30 °C	37%
13:09:05	33.9 °C	44.6 %	31 °C	34%

c) Datos registrados en día hábil

Figura 28. Análisis del día 22 de junio, preescolar B
Fuente: Elaboración propia

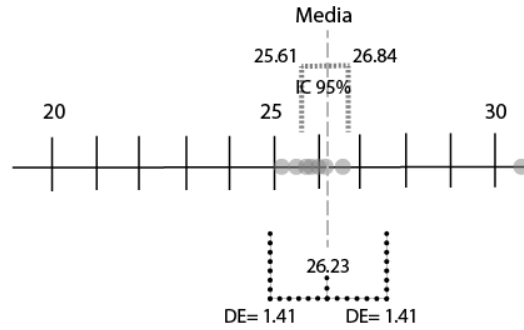
Para el preescolar B, como segunda unidad de análisis, se describe de igual manera que el preescolar A, ocho días totales de monitoreo, a partir de este primer día, 22 de junio, el cual, tiene un total de 1.5 h, debido a la instalación y programación previo de los sensores.

Desde este día, se presenta un aumento significativo de la TBS interior en la última hora, con una disminución de la HR interior en el mismo intervalo. La causa probable de esta situación es el apagado del sistema de climatización, por el cierre de actividades escolares.



a) Gráfica de TBS y HR

JUNIO 23, 2022



b) Gráfico de dispersión de TBS

Hora	TBS Exterior (sensor)	HR Exterior (sensor)	TBS Exterior (Meteorológico UABC)	HR Exterior (Meteorológico UABC)
07:39:05	32.5 °C	38.8 %	33 °C	37%
08:09:05	34.4 °C	37.2 %	34 °C	36%
08:39:05	35.9 °C	34.3 %	35 °C	34%
09:09:05	36.5 °C	34.3 %	36 °C	31%
09:39:05	38 °C	33.6 %	36 °C	30%
10:09:05	39.2 °C	30.3 %	37 °C	28%
10:39:05	40 °C	28.3 %	39 °C	29%
11:09:05	40.6 °C	28.7 %	39 °C	26%
11:39:05	40.8 °C	26.7 %	40 °C	26%
12:09:05	41.1 °C	26.8 %	40 °C	24%
12:39:05	41.6 °C	24.7 %	40 °C	25%
13:09:05	42 °C	24.2 %	40 °C	25%

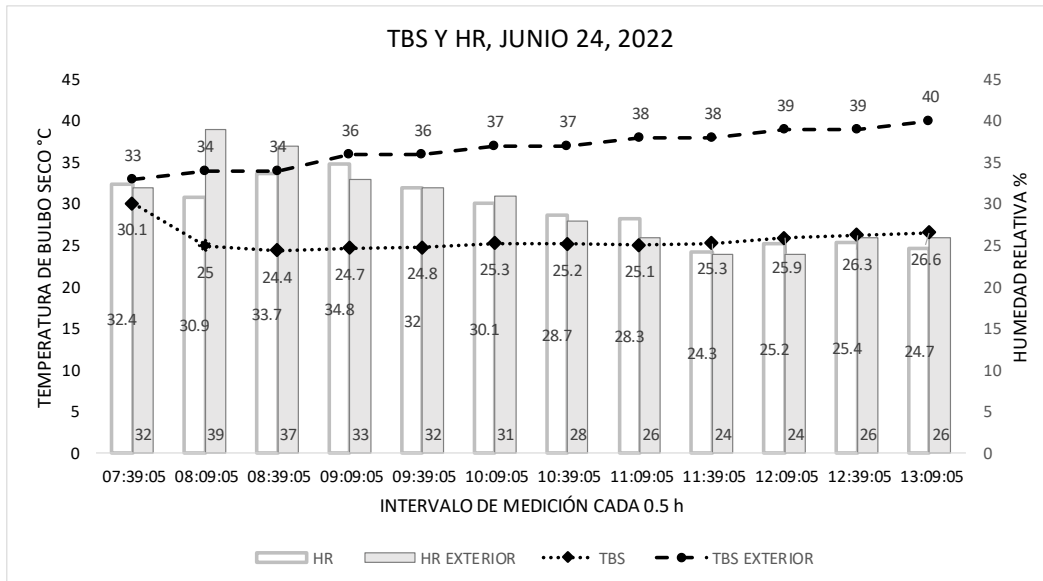
c) Datos registrados en día hábil

Figura 29. Análisis del día 23 de junio, preescolar B

Fuente: Elaboración propia

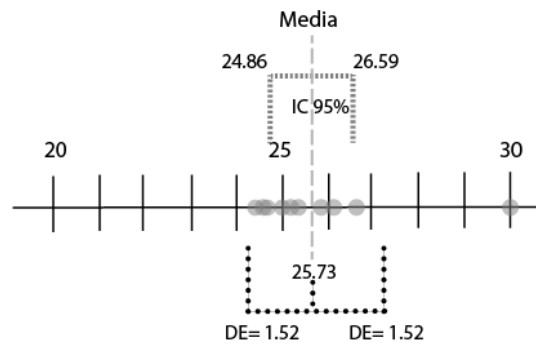
Para los días 23 y 24 de junio (Figuras 29 y 30) la TBS interior inicia el día con el pico más alto de 30.5 °C y 30.1 °C respectivamente, y descienden a temperaturas que permanecen visiblemente constantes dentro de los gráficos, a lo cual, se puede atribuir el encendido del aire acondicionado.

En relación con la HR interior, como día típico, mientras la TBS sufre el descenso y la estabilización, la HR se eleva y se estabiliza al igual que la temperatura.



a) Gráficas de TBS y HR

JUNIO 24, 2022



b) Gráficos de dispersión de TBS

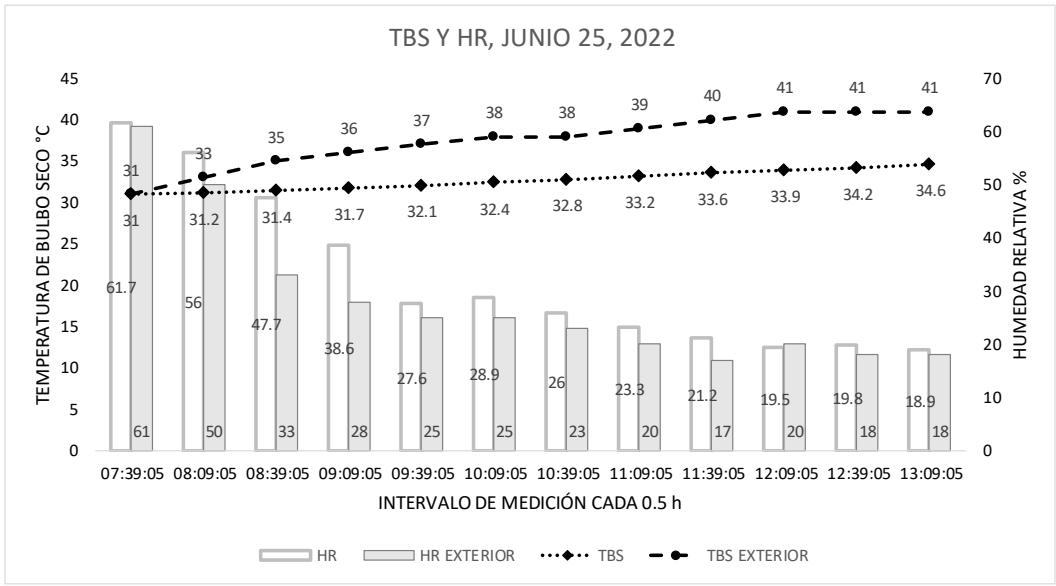
Hora	TBS Exterior (sensor)	HR Exterior (sensor)	TBS Exterior (Meteorológico UABC)	HR Exterior (Meteorológico UABC)
07:39:05	30.4 °C	35.9 %	33 °C	32%
08:09:05	32.8 °C	32.4 %	34 °C	39%
08:39:05	34.5 °C	30.9 %	34 °C	37%
09:09:05	35.7 °C	33.7 %	36 °C	33%
09:39:05	37 °C	34.8 %	36 °C	32%
10:09:05	38.1 °C	32 %	37 °C	31%
10:39:05	38.9 °C	30.1 %	37 °C	28%
11:09:05	39.7 °C	28.7 %	38 °C	26%
11:39:05	40.1 °C	28.3 %	38 °C	24%
12:09:05	40.5 °C	24.3 %	39 °C	24%
12:39:05	41 °C	25.2 %	39 °C	26%
13:09:05	41.7 °C	25.4 %	40 °C	26%

c) Datos registrados en día hábil

Figura 30. Análisis del día 24 de junio, preescolar B

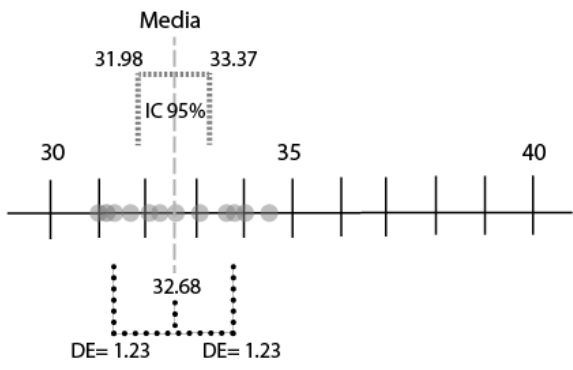
Fuente: Elaboración propia

Esto mismo sucede en relación con las variables de TBS y HR exteriores, las cuales también se tomaron de referencia de la estación meteorológica de la Facultad de Ingeniería de UABC, las cuales se manifiestan como día típico, con el aumento gradual de la temperatura y el descenso gradual de la humedad relativa.



a) Gráfico de TBS y HR

JUNIO 25, 2022



b) Gráfico de dispersión de TBS

Hora	TBS Exterior (sensor)	HR Exterior (sensor)	TBS Exterior (Meteorológico UABC)	HR Exterior (Meteorológico UABC)
07:39:05	29.4 °C	66.7 %	31 °C	61%
08:09:05	31.8 °C	61.7 %	33 °C	50%
08:39:05	33.5 °C	56 %	35 °C	33%
09:09:05	35.3 °C	47.7 %	36 °C	28%
09:39:05	36.6 °C	38.6 %	37 °C	25%
10:09:05	37.6 °C	27.6 %	38 °C	25%
10:39:05	38.8 °C	28.9 %	38 °C	23%
11:09:05	39.6 °C	26 %	39 °C	20%
11:39:05	40.3 °C	23.3 %	40 °C	17%
12:09:05	40.9 °C	21.2 %	41 °C	20%
12:39:05	41.8 °C	19.5 %	41 °C	18%
13:09:05	42.4 °C	19.8 %	41 °C	18%

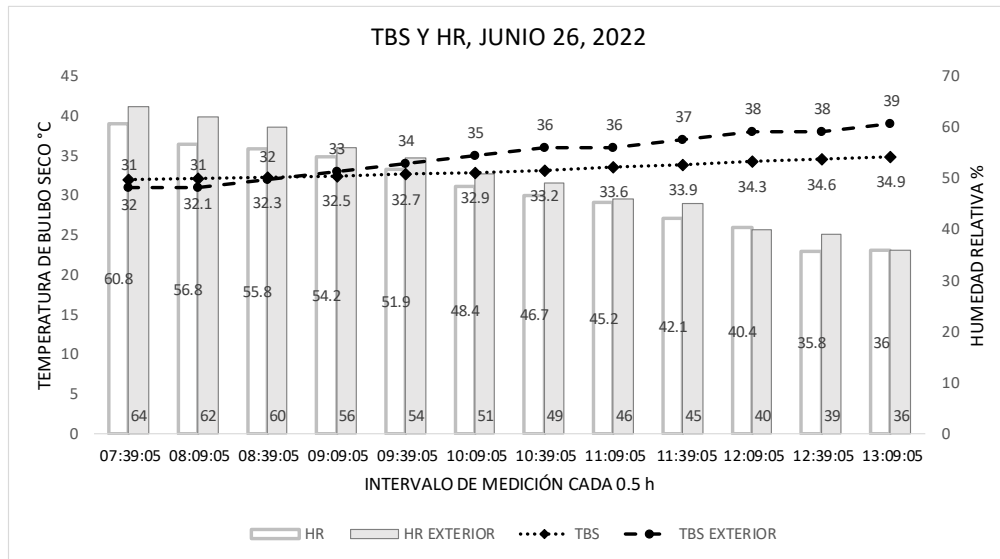
c) Datos registrados en día inhábil

Figura 31. Análisis del día 25 de junio, preescolar B

Fuente: Elaboración propia

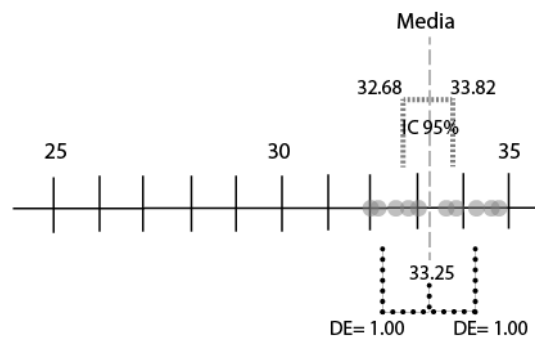
Por otro lado, tanto los días 25 y 26 de junio (Figuras 31 y 32), al igual que en la primera unidad de análisis, fueron días inhábiles, por ser sábado y domingo, respectivamente.

En estos casos, se muestran días típicos, tanto en exterior como en interior, con el aumento gradual de la temperatura y la disminución gradual de la humedad relativa, mismo fenómeno mostrado en días anteriores de análisis con la primera unidad.



a) Gráfico de TBS y HR

JUNIO 26, 2022



b) Gráfico de dispersión de TBS

Hora	TBS Exterior (sensor)	HR Exterior (sensor)	TBS Exterior (Meteorológico UABC)	HR Exterior (Meteorológico UABC)
07:39:05	29.8 °C	66.7 %	31 °C	64%
08:09:05	31.6 °C	60.8 %	31 °C	62%
08:39:05	32.7 °C	56.8 %	32 °C	60%
09:09:05	33.2 °C	55.8 %	33 °C	56%
09:39:05	33.7 °C	54.2 %	34 °C	54%
10:09:05	35 °C	51.9 %	35 °C	51%
10:39:05	35.8 °C	48.4 %	36 °C	49%
11:09:05	36.9 °C	46.7 %	36 °C	46%
11:39:05	38.1 °C	45.2 %	37 °C	45%
12:09:05	38.8 °C	42.1 %	38 °C	40%
12:39:05	39.7 °C	40.4 %	38 °C	39%
13:09:05	40.1 °C	35.8 %	39 °C	36%

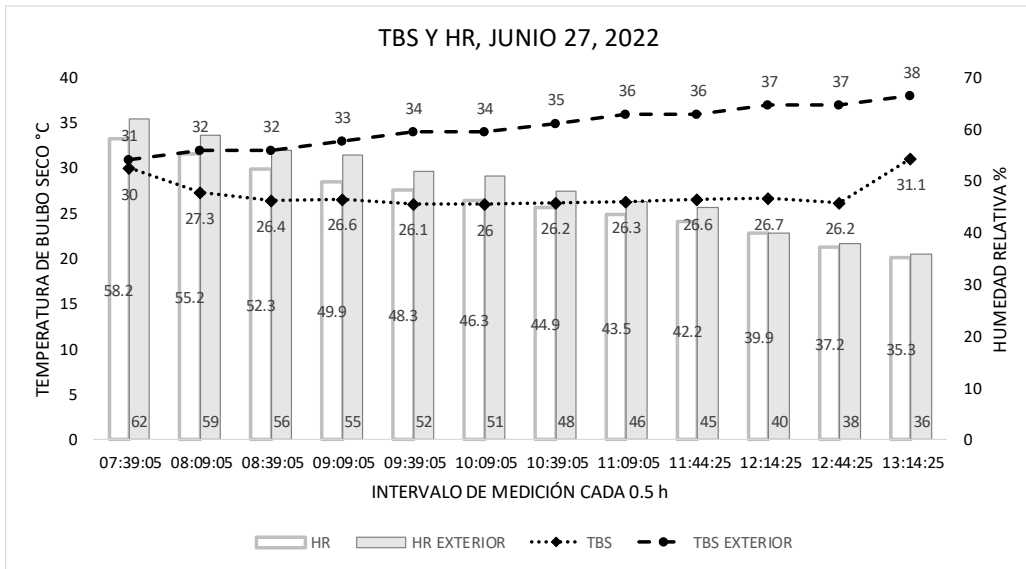
c) Datos registrados en día inhábil

Figura 32. Análisis del día 26 de junio, preescolar B

Fuente: Elaboración propia

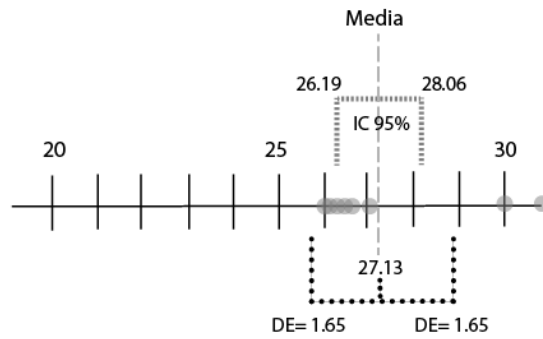
Al no mantenerse constante, tanto la temperatura como la humedad, quiere decir que el sistema de enfriamiento electromecánico, se mantuvo apagado por cuestiones de ahorro energético, y se mantuvieron las ventanas y puerta cerradas, por cuestiones de seguridad.

Para este mismo día 26 y el día 27 de junio, se puede observar que la HR exterior e interior se encontraban a la par, con picos elevados de hasta 60% con una disminución gradual, con aumento de TBS en el caso del día 26 de junio, y en el caso del 27 de junio, después de la disminución de la HR, hubo una estabilización en conjunto con la TBS interior, lo que indica que, como día hábil, el sistema de enfriamiento electromecánico se encendió durante las actividades escolares.



a) Gráfico de TBS y HR

JUNIO 27, 2022



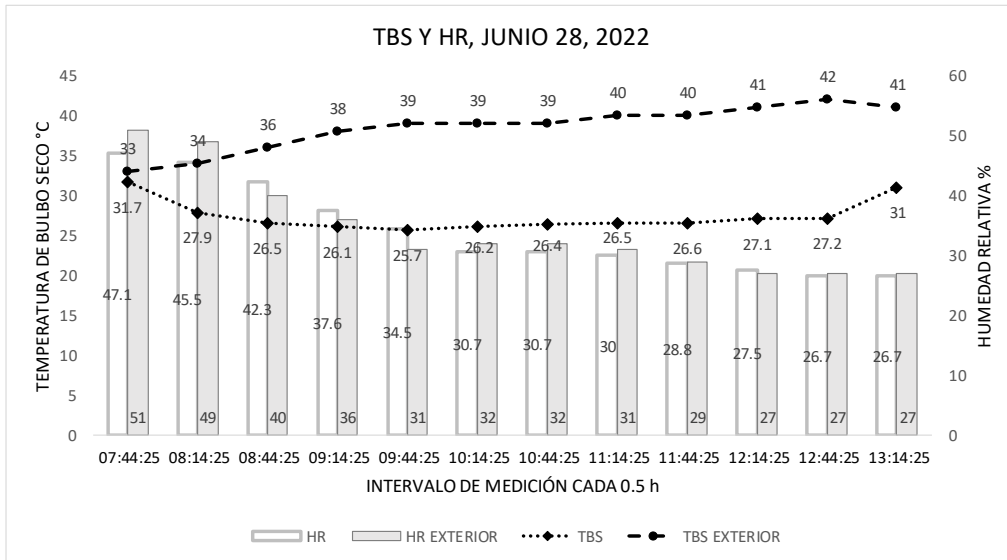
b) Gráfico de dispersión de TBS

Hora	TBS Exterior (sensor)	HR Exterior (sensor)	TBS Exterior (Meteorológico UABC)	HR Exterior (Meteorológico UABC)
07:39:05	30 °C	63 %	31 °C	62%
08:09:05	31.9 °C	58.2 %	32 °C	59%
08:39:05	33.3 °C	55.2 %	32 °C	56%
09:09:05	34.4 °C	52.3 %	33 °C	55%
09:39:05	34.6 °C	49.9 %	34 °C	52%
10:09:05	35.6 °C	48.3 %	34 °C	51%
10:39:05	36.4 °C	46.3 %	35 °C	48%
11:09:05	37.1 °C	44.9 %	36 °C	46%
11:39:05	26.9 °C	49.5 %	36 °C	45%
12:09:05	26.6 °C	46.8 %	37 °C	40%
12:39:05	26.7 °C	47.1 %	37 °C	38%
13:09:05	26.2 °C	43.7 %	38 °C	36%

c) Datos registrados en día hábil

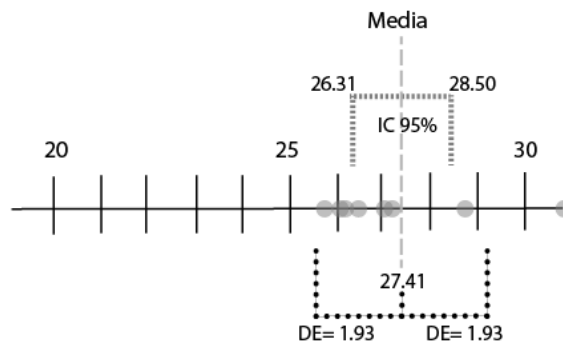
Figura 33. Análisis del día 27 de junio, preescolar B
Fuente: Elaboración propia

Esta variabilidad presentada puede determinarse con el mismo caso de encendido y apagado del aire acondicionado del recinto, como también se presenta en el día 28 de junio, los cuales muestran dos picos altos tanto en inicio de actividades escolares como al final de ellas.



a) Gráfico de TBS y HR

JUNIO 28, 2022



b) Gráfico de dispersión de TBS

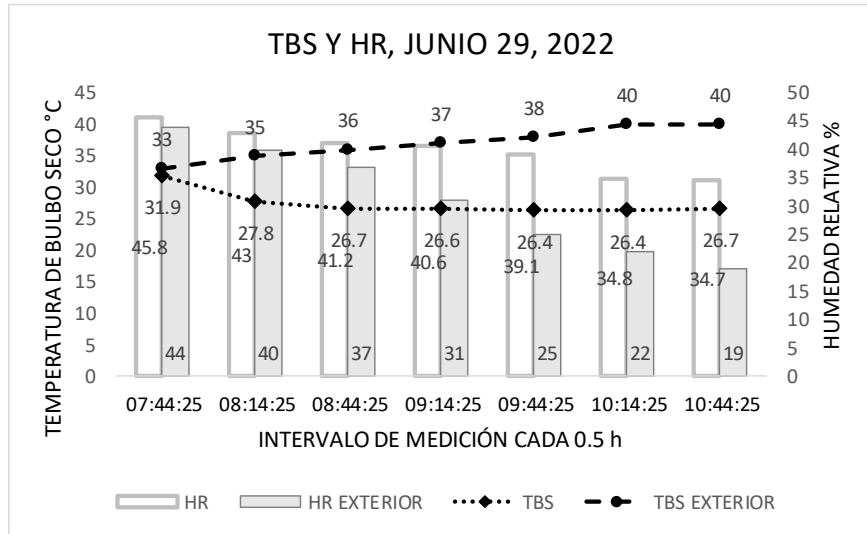
Hora	TBS Exterior (sensor)	HR Exterior (sensor)	TBS Exterior (Meteorológico UABC)	HR Exterior (Meteorológico UABC)
07:39:05	31.7 °C	45.2 %	33 °C	51%
08:09:05	31.7 °C	45.8 %	34 °C	49%
08:39:05	27.9 °C	43 %	36 °C	40%
09:09:05	26.5 °C	42.4 %	38 °C	36%
09:39:05	26.1 °C	43.2 %	39 °C	31%
10:09:05	25.7 °C	41.8 %	39 °C	32%
10:39:05	26.2 °C	43.7 %	39 °C	32%
11:09:05	26.4 °C	43.8 %	40 °C	31%
11:39:05	26.5 °C	43.2 %	40 °C	29%
12:09:05	26.6 °C	42.6 %	41 °C	27%
12:39:05	27.1 °C	43.4 %	42 °C	27%
13:09:05	27.2 °C	42.3 %	41 °C	27%

c) Datos registrados en día hábil

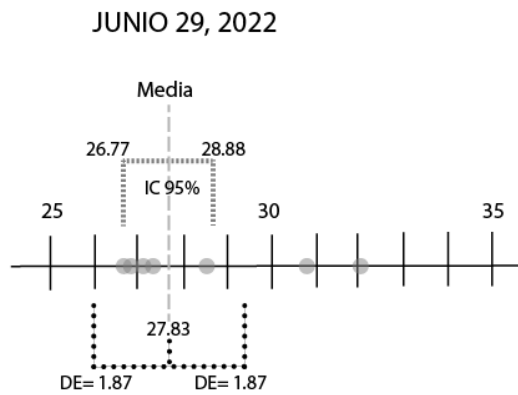
Figura 34. Análisis del día 28 de junio, preescolar B

Fuente: Elaboración propia

En el caso del 29 de junio, al igual que el día 22 de junio, el registro se cortó a las 10 h, debido a la desinstalación de los sensores en horas posteriores. Sin embargo, en las tres horas registradas, se presentó el mismo caso, de la presencia de un sistema de enfriamiento electromecánico en funcionamiento.



a) Gráfico de TBS y HR



b) Gráfico de dispersión de TBS

Hora	TBS Exterior (sensor)	HR Exterior (sensor)	TBS Exterior (Meteorológico UABC)	HR Exterior (Meteorológico UABC)
07:39:05	32.1 °C	38.3 %	33 °C	44%
08:09:05	32.3 °C	38.8 %	35° C	40%
08:39:05	28.5 °C	39.8 %	36 °C	37%
09:09:05	26.9 °C	39.4 %	37 °C	31%
09:39:05	27.1 °C	43.5 %	38 °C	25%
10:09:05	26.6 °C	39.9 %	40 °C	22%
10:39:05	26.7 °C	40.2 %	40 °C	19%

c) Datos registrados en día hábil

Figura 35. Análisis del día 29 de junio, preescolar B

Fuente: Elaboración propia

Debido a que, el trabajo de campo se realizó en instituciones tanto pública como privada, en un intento de reanudación de actividades escolares por la emergencia sanitaria del momento, por seguridad de los niños como del personal docente y administrativo, las restricciones al acceso a los planteles y por consecuencia a los salones de clase seleccionados, ocurrieron diversas situaciones que fueron imposibles de controlar.

Sin embargo, de acuerdo a diálogos sostenidos con las maestras y directivos de las instituciones, así como en las pocas ocasiones que se nos permitió estar presentes durante los registros de datos, se sugiere que estas situaciones se generaron, por las actividades escolares y recreativas, en las cuales se pudieron presenciar incidentes como la manipulación de los sensores, corrientes de aire generados, limpieza antes y después del uso del recinto, la falta de control de aperturas de la puerta del recinto, así como el mismo sistema de enfriamiento electromecánico.

Esta variabilidad se presentó en los gráficos combinados y sus tabulaciones. De igual manera, se muestran en los gráficos de dispersión, los cuales, son en relación de, que, para el preescolar B, la desviación estándar en seis de ocho días monitoreados se aleja del valor 0, en contraste con el preescolar A, donde seis de ocho días monitoreados, se mantiene por debajo del valor 1.

Lo anterior, quiere decir, que en preescolar A, fueron más los días en los que no se presentaron fluctuaciones entre variables significativas, con la presencia de un sistema de enfriamiento electromecánico, con una instalación eficiente, y mayor control de incidentes, en comparación con el preescolar B, en donde fueron más los días con fluctuaciones marcadas entre variables, aún con la presencia de un sistema de enfriamiento electromagnético, pero que claramente su instalación era deficiente, y un nulo control en su encendido como apagado, así como las constantes aperturas de puertas y posibles incidentes.

En el caso del preescolar A, al comparar el comportamiento del edificio en relación a las variables analizadas, con los días hábiles e inhábiles, no hubo variaciones significativas en aumento de TBS como se esperaría, al no tener el sistema de enfriamiento electromecánico encendido.

Lo anterior se le atribuye al posicionamiento de los sensores, ya que, al no poder colocar un sensor en el centro geométrico del espacio, se optó por dividir el recinto en dos partes, y colocar un sensor por cada lado, para posteriormente sacar un promedio de los datos registrados. Cada sensor fue colocado en pedestales diseñados, a una distancia de 1 m conforme a la norma (Véase anexo A).

Sin embargo, a pesar de la distancia, cada sensor estaba próximo a ventanas sin ningún tipo de protector solar, aunado a que, las rejillas de eyección de aire frío del sistema de enfriamiento electromecánico, se concentraban en la parte media de la techumbre, sin ventilación extra que ayudara a la circulación de aire y el calor traspasado por las ventanas, (En relación a los principios de la termodinámica) pudo haber afectado el registro de datos durante el periodo de monitoreo continuo.

4.2.2 CORRELACIÓN: TBS Y DIÓXIDO DE CARBONO

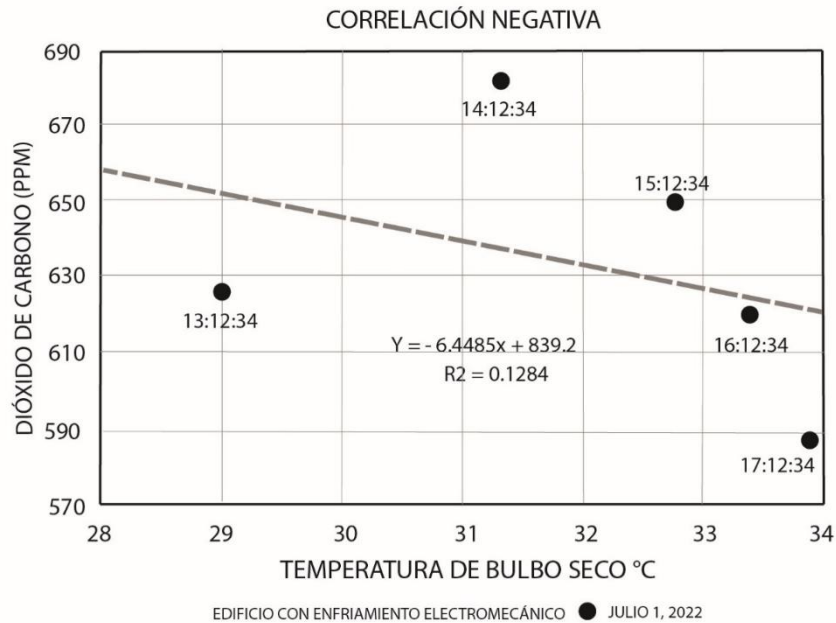
En este análisis estadístico, se consideraron las variables de temperatura de bulbo seco y dióxido de carbono (CO_2), con el objetivo de describir una posible relación entre ambos factores, por medio de gráficos de dispersión, también denominado como correlación lineal de Pearson.

Por medio de una hoja de cálculo, se desarrolló el cálculo de r , con la finalidad de obtener resultados objetivos, puesto que, el sólo desarrollo del diagrama de dispersión, tiene la tendencia a ser subjetivo, al hacer un examen visual del mismo (Triola, 2018)

Para la interpretación del coeficiente de correlación lineal, se utilizó lo sugerido por Triola (2018), el cual describe que el valor de r , debe estar entre -1 y +1. De lo contrario, si r se acerca a 0, no existe una correlación lineal entre las variables.

Para este estudio, se utilizaron dos tipos de sensores; uno para monitoreo de temperatura de bulbo seco ($^{\circ}C$) y otro para dióxido de carbono, cuya magnitud es por medio de partículas por millón (PPM). Debido a irregularidades con el sensor de CO_2 , de los ocho días monitoreados, sólo se rescataron tres días en horario de actividades escolares para el preescolar A, y dos días para el preescolar B.

El número de datos tuvo una oscilación de entre cinco y nueve casos, por tres factores: los mismos fallos del sensor, los intervalos de monitoreo permitidos por el sensor (Cada 1 h) y los horarios de actividades escolares. Los resultados que se presentan como figura y tabla, por cada día y preescolar monitoreados.



a) Diagrama de dispersión lineal

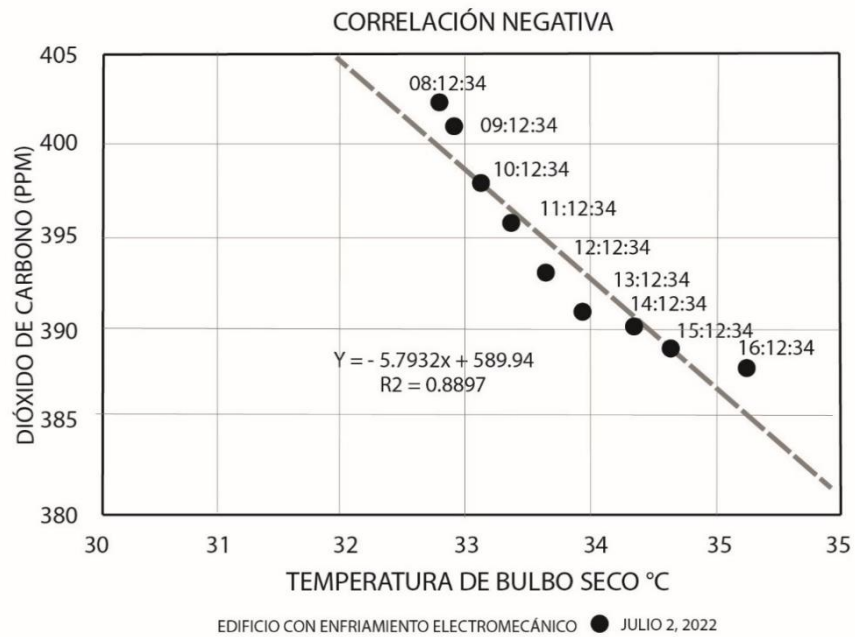
	Número de casos	Temperatura de bulbo seco	Dióxido de carbono			
	N	X	Y	(X-X)	(Y-Y)	(X-X)*(Y-Y)
	1	29	625	-3.07	-7.4	22.718
	2	31.33	681	-0.72	48.6	-34.992
	3	32.75	650	0.68	17.6	11.968
	4	33.4	619	1.33	-13.4	-17.822
	5	33.85	587	1.78	-45.4	-80.812
Máxima		33.85	681			
Mínima		29	587			
Media		32.07	632.4			
Desviación estándar		1.95850708	35.2391827			
Varianza		3.83575	1241.8			
Covarianza		-24.735	-19.788			
Pearson Excel		-0.3583941				
Coficiente de relación r		-0.3583941				

b) Cálculos para diagrama de dispersión lineal

Figura 36. Diagrama de dispersión lineal, julio 01, preescolar A
Fuente: Elaboración propia en base a hoja de cálculo Excel

Debido a que el número de datos es limitado, para el día, 01 de julio, no es posible determinar sólo con un examen visual, del diagrama de dispersión, la fuerza de relación entre las dos variables.

Sin embargo, al tomar de referencia sólo el número de datos registrados para este día, se puede concluir que, tanto en examen visual del diagrama de dispersión, como el resultado de r , es nula la correlación entre las dos variables.



a) *Diagrama de dispersión lineal*

	Número de casos	Temperatura de bulbo seco	Dióxido de carbono (CO_2)			
	n	X	Y	$(x-\bar{x})$	$(y-\bar{y})$	$(x-\bar{x})*(y-\bar{y})$
	1	32.8	402	-0.98333333	7.77777778	-7.64814815
	2	32.9	401	-0.88333333	6.77777778	-5.98703704
	3	33.1	398	-0.68333333	3.77777778	-2.58148148
	4	33.35	396	-0.43333333	1.77777778	-0.77037037
	5	33.65	393	-0.13333333	-1.22222222	0.16296296
	6	33.95	391	0.16666667	-3.22222222	-0.53703704
	7	34.35	390	0.56666667	-4.22222222	-2.39259259
	8	34.65	389	0.86666667	-5.22222222	-4.52592593
	9	35.3	388	1.51666667	-6.22222222	-9.43703704
	Máxima	35.3	402			
	Mínima	32.8	388			
	Media	33.78333333	394.222			
	Desviación estándar	0.85293611	5.23874			
	Varianza	0.7275	27.4444			
	Covarianza	-4.21458333				
	Pearson Excel	-0.94321549				
	Coefficiente de relación r	-0.94321549				

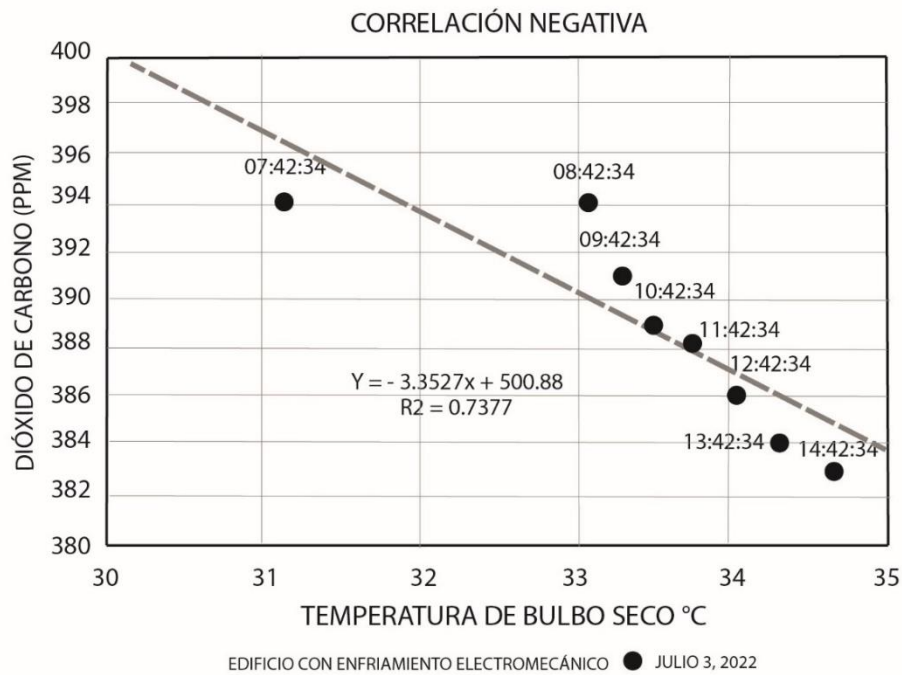
b) Cálculos para diagrama de dispersión lineal

Figura 37. Diagrama de dispersión lineal, julio 02, preescolar A
Fuente: Elaboración propia en base a hoja de cálculo Excel

Para el caso del día 02 de julio, tanto el examen visual del diagrama, así como con el resultado del cálculo del coeficiente de relación (Figura 37) es posible determinar la fuerza de relación entre las dos variables monitoreadas.

En el caso del diagrama de dispersión lineal, los puntos graficados se acercan al patrón de la línea recta, por lo que existe una correlación, y esta es negativa, ya que su dirección hacia abajo sugiere que, cuando una variable aumenta, la otra disminuye (Triola, 2018).

Los valores de Y, que en este caso, se refiere a la variable de CO_2 , disminuyen cuando los valores de X, que se refiere a la variable de TBS, aumentan. En relación al cálculo del coeficiente de relación r , el resultado muestra un valor cercano a uno, lo que quiere decir que, sí existe una correlación casi perfecta.



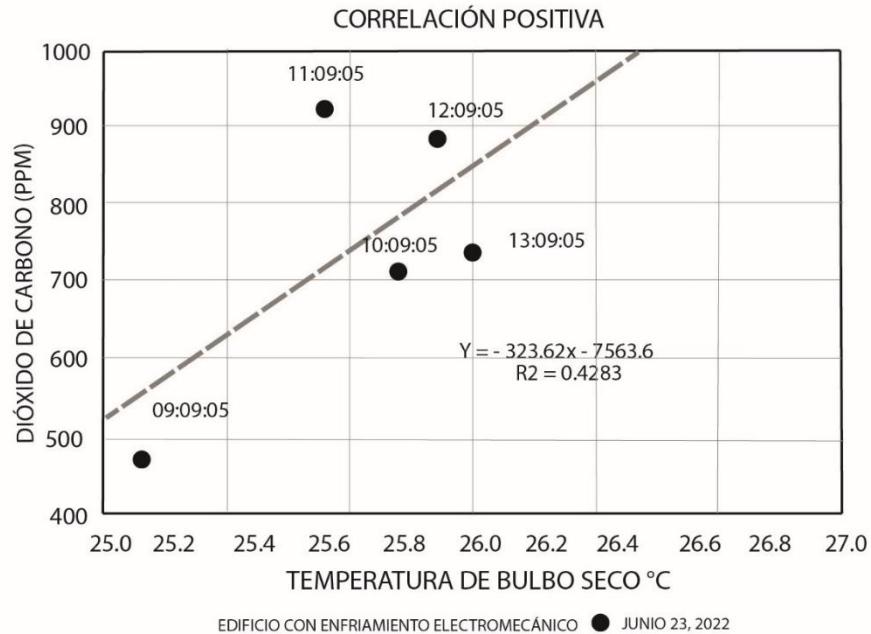
a) Diagrama de dispersión lineal

	Número de casos	Temperatura de bulbo seco	Dióxido de carbono (CO_2)			
	n	X	Y	$(x-\bar{x})$	$(y-\bar{y})$	$(x-\bar{x})*(y-\bar{y})$
	1	33.1	394	-0.38125	5.375	-2.04921875
	2	31.15	394	-2.33125	5.375	-12.5304688
	3	33.3	391	-0.18125	2.375	-0.43046875
	4	33.5	389	0.01875	0.375	0.00703125
	5	33.75	388	0.26875	-0.625	-0.16796875
	6	34.05	386	0.56875	-2.625	-1.49296875
	7	34.35	384	0.86875	-4.625	-4.01796875
	8	34.65	383	1.16875	-5.625	-6.57421875
Máxima		34.65	394			
Mínima		31.15	383			
Media		33.48125	388.625			
Desviación estándar		1.07767524	4.20671			
Varianza		1.16138393	17.6964			
Covarianza		-3.89375				
Pearson Excel		-0.8588896				
Coefficiente de relación r		-0.8588896				

c) Cálculos para diagrama de dispersión lineal

Figura 38. Diagrama de dispersión lineal, julio 03, preescolar A
Fuente: Elaboración propia en base a hoja de cálculo Excel

El análisis para el día 03 de julio, muestra una correlación negativa entre las variables monitoreadas, tanto por examen visual en los puntos graficados, como por el cálculo del coeficiente de relación, el cual es menor en comparación al día anterior, pero la cercanía al valor uno, confirma la existencia de una fuerte relación entre variables.



a) Diagrama de dispersión lineal

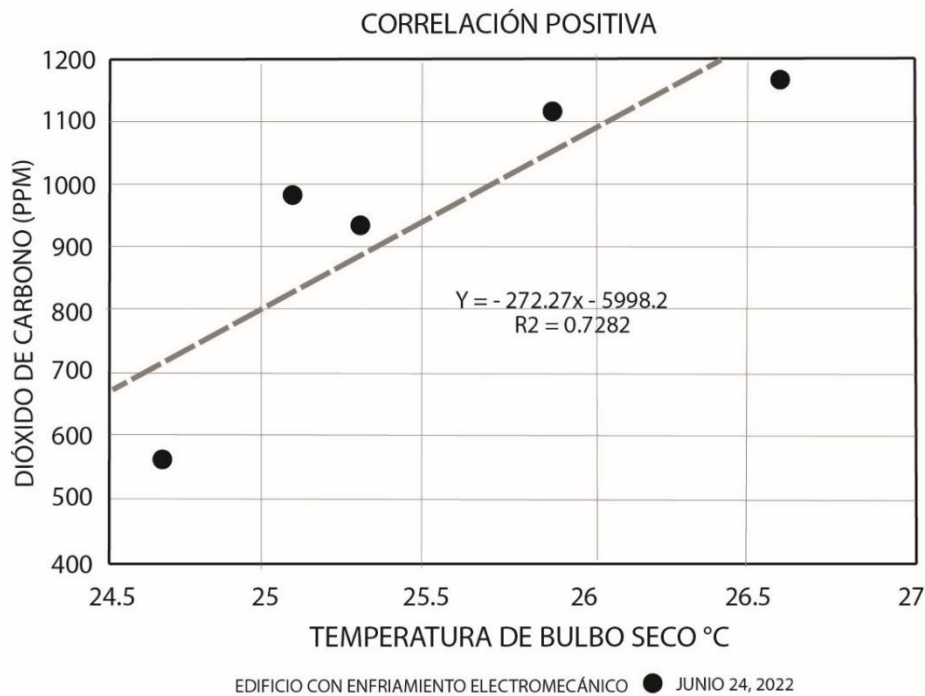
	Número de casos	Temperatura de bulbo seco	Dióxido de carbono (CO ₂)			
	n	X	Y	(x- \bar{x})	(y- \bar{y})	(x- \bar{x})*(y- \bar{y})
	1	30.5	438	4.01666667	-257.5	-1034.29167
	2	25.1	478	-1.38333333	-217.5	300.875
	3	25.8	711	-0.68333333	15.5	-10.5916667
	4	25.6	925	-0.88333333	229.5	-202.725
	5	25.9	884	-0.58333333	188.5	-109.958333
Máxima		30.5	925			
Mínima		25.1	438			
Media		26.4833333	695.5			
Desviación estándar		1.9934058	201.879915			
Varianza		3.97366667	40755.5			
Covarianza		-215.35				
Pearson Excel		-0.53512599				
Coefficiente de relación r		-0.53512599				

c) Cálculos para diagrama de dispersión lineal

Figura 39. Diagrama de dispersión lineal, junio 23, preescolar B
Fuente: Elaboración propia en base a hoja de cálculo Excel

Para el caso del preescolar B, dentro del diagrama de dispersión lineal, la correlación es positiva, esto quiere decir que el patrón de la línea recta, va en dirección hacia arriba, por lo que, contrario en los casos anteriores, cuando una variable aumenta, la otra también aumenta.

En este caso, los puntos graficados no se concentran en el patrón de la línea recta, por lo que, la fuerza de relación entre las variables, en esta unidad de análisis, es nula, ante un examen visual del mismo. Lo anterior se confirma con el cálculo del coeficiente de relación r , cuyo valor se aleja de uno.



a) Diagrama de dispersión lineal

	Número de casos	Temperatura de bulbo seco	Dióxido de carbono (CO ₂)			
	n	X	Y	(x- \bar{x})	(y- \bar{y})	(x- \bar{x})*(y- \bar{y})
	1	30.1	437	3.81666667	-427.666667	-1632.26111
	2	24.7	561	-1.58333333	-303.666667	480.805556
	3	25.3	933	-0.98333333	68.3333333	-67.1944444
	4	25.1	979	-1.18333333	114.333333	-135.294444
	5	25.9	1118	-0.38333333	253.333333	-97.1111111
	6	26.6	1160	0.31666667	295.333333	93.5222222
Máxima		30.1	1160			
Mínima		24.7	437			
Media		26.2833333	864.6666			
Desviación estándar		1.98435548	298.0782			
Varianza		3.93766667	88850.66			
Covarianza		-271.506667				
Pearson Excel		-0.45901902				
Coeficiente de relación r		-0.45901902				

c) Cálculos para diagrama de dispersión lineal

Figura 40. Diagrama de dispersión lineal, junio 24, preescolar B
Fuente: Elaboración propia en base a hoja de cálculo Excel

Para el día 24 de junio, en preescolar B, al igual que el día 23 de junio, la fuerza de relación entre las dos variables, es visualmente nula en la gráfica de dispersión lineal, y se confirma con el cálculo de r, con un resultado cuyo valor es próximo a cero.

En comparación con las dos unidades de análisis, en el preescolar A, existe una fuerte relación entre las dos variables, mientras que, en preescolar B, no existe una relación significativa. Cabe destacar, que los días en los cuales, existe una correlación, fueron días inhábiles, es decir, que no se encontraba el sistema de enfriamiento electromecánico en funcionamiento.

Como se hizo mención, el tipo de correlación (en este caso negativa), es dada cuando los valores de una variable disminuyen, mientras que los valores de la otra, aumentan. En este estudio, los resultados muestran que, cuando la variable de TBS aumenta, el CO_2 , disminuye.

La posible causa del fenómeno, puede ser debido a que el dióxido de carbono, tiene un comportamiento similar que la humedad relativa, con relación a la temperatura de bulbo seco.

Esto quiere decir, que, cuando la temperatura aumenta, aumenta la velocidad de las partículas internas de la materia, lo que aumenta la separación entre ellas (Jiménez, 2018), lo que explicaría la disminución de las partículas del dióxido de carbono en el recinto. Lo anterior, aunado a que el espacio no tuvo usuarios activos durante el monitoreo en día inhábil, la carga de dióxido de carbono fue menor.

4.3 ILUMINANCIA

Con el objetivo de conocer si las aulas de aprendizaje preescolar, cumplen con la normativa internacional, se tomó como referencia, la norma UNE-EN 12464-1 (2022), cuyo contenido, presenta un inventario de requisitos de iluminación para distintas salas y actividades, dentro de los cuales, se encuentran establecimientos educativos, y contempla a espacios para infantes. Esta norma, establece que, los niveles de iluminancia, expresados en luxes, se consideran en base al tipo de espacio, tarea y actividad

La iluminación del interior se cuantifica por la iluminancia en el plano de trabajo. El plano de referencia o de trabajo, es un plano horizontal ficticio a nivel de la mesa o del suelo, según el uso de la sala. También puede ser cualquier otro plano, por ejemplo, el plano vertical de una pared en una exposición. La iluminancia, es considerado el más importante del interior, desde el punto de vista de la realización de tareas laborales (Majoros, 1998).

Para este estudio, el sensor del luxómetro se colocó de acuerdo al plano horizontal de la mesa de trabajo, correspondiente a la talla de un infante. Los valores establecidos, son de acuerdo a la iluminancia mantenida, que se describe como el valor por debajo del cual, no se permite que la iluminancia media caiga, en el área de una superficie determinada, por lo que, los datos obtenidos en el registro, no deben caer por debajo de 300 luxes, que es el valor especificado, para tanto, la sala de juegos, de manualidades y guardería, en un espacio preescolar.

Tanto en el caso del preescolar A como del preescolar B, se realizaron mediciones como parte de la caracterización del espacio, en función del comportamiento del edificio, en términos de iluminancia, sin usuarios, por medio de una cuadrícula a lo largo y ancho del recinto, con el objetivo de calcular la iluminancia media y curvas isolux, para determinar si el espacio cumple con la normativa existente.

El procedimiento de evaluación del espacio, se estableció por medio de un método de cuadrícula que cubre el espacio a analizar, y se calculó el índice del local, para determinar el número de cuadros, equivalente al número de puntos de medición con base en un protocolo para la medición de la iluminación, descrito por la Superintendencia de riesgos de Trabajo argentino (SRT/84, 2012).

El índice del local, se determina, con la división del resultado de multiplicar el largo por el ancho del espacio a evaluar, entre, el resultado de la suma del largo y ancho del espacio a evaluar, multiplicado por la distancia entre la luminaria y el plano de trabajo.

Tanto en preescolar A como preescolar B, el índice de local correspondió a 16 puntos de medición, sin embargo, la cuadrícula se realizó de 25 puntos de medición, para tomarlo como referencia al determinar las curvas de isolux.

En relación a la iluminancia media, una vez obtenidos los luxes por cada punto de medición, se calcula por medio de la sumatoria de los resultados de cada punto medido, y se dividen entre el mismo número de puntos de medición. De esta manera, se determinó si la iluminancia media, logró alcanzar el valor establecido por la norma de iluminancia mantenida.

Posterior a ello, se definieron las curvas de isolux, de forma manual, por medio de un procedimiento basado en la división de segmentos por partes iguales, para determinar los puntos dentro del espacio evaluado, que llegaron al nivel requerido para espacios infantiles de 300 luxes.

Una vez caracterizado el espacio, se realizó un monitoreo continuo, por cuatro días durante actividades escolares, de la iluminancia interior, a la altura del plano del trabajo con usuarios, en ambas unidades de análisis, con el objetivo de comparar y verificar si los niveles de iluminancia cumplieron con la norma, con usuarios activos.

4.3.1 CURVAS ISOLUX PREESCOLAR A

En esta unidad de análisis, la iluminancia media fue de 351.48 luxes, que, en relación a la norma, cumple con el requisito para espacios ocupados por infantes, ya que no es un valor inferior a los 300 luxes requeridos.

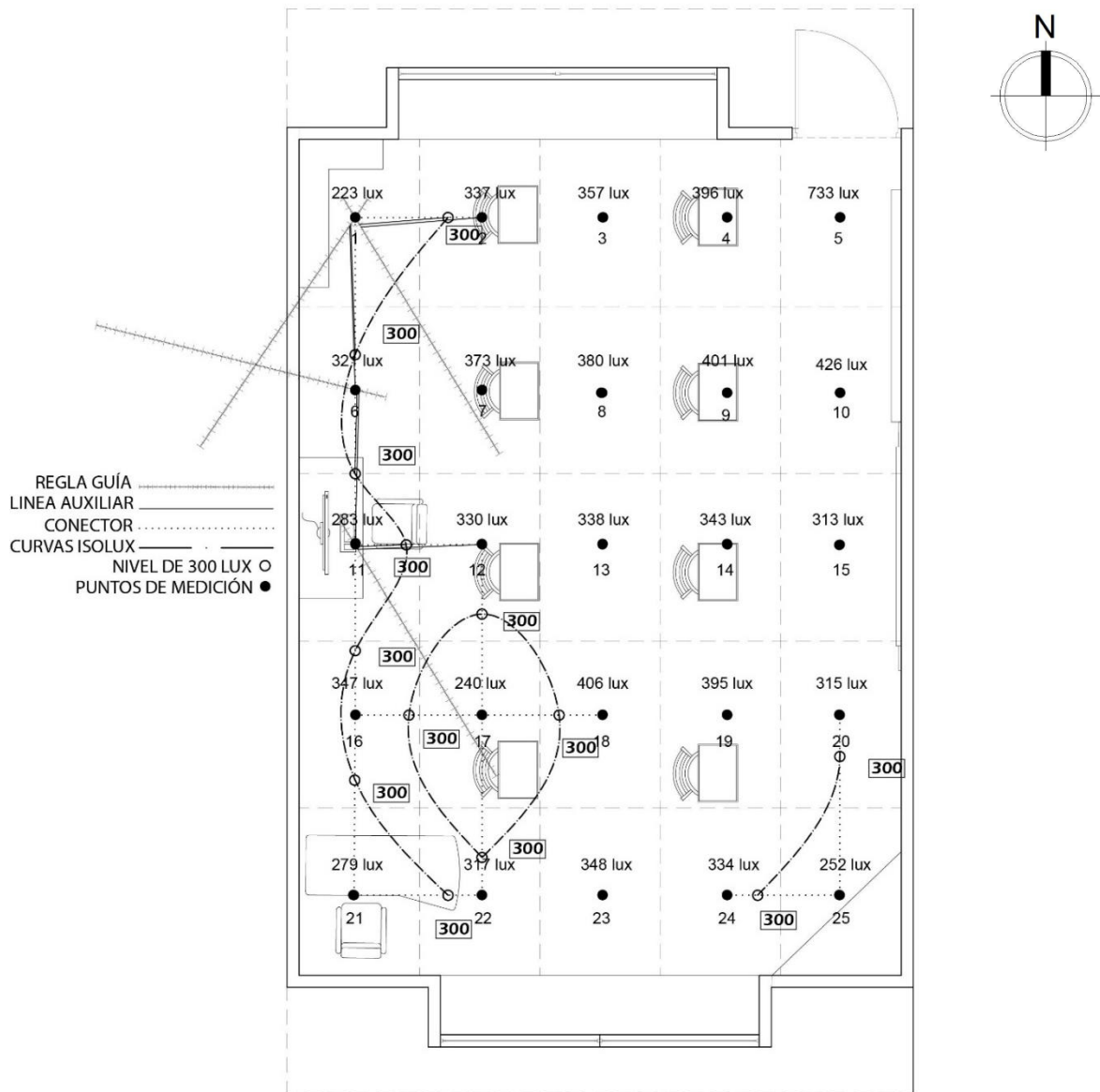


Figura 41. Cuadrícula de puntos de medición y curvas de isolux en preescolar A
 Fuente. Elaboración propia

En relación a las curvas de isolux, en la figura 41 se muestra el resultado obtenido del comportamiento del edificio en referencia a la luz total, lo que quiere decir que, las mediciones efectuadas se realizaron con ventanas descubiertas y luminarias encendidas. En esta unidad de análisis, las ventanas se localizan en el lado norte y sur, a lo largo del muro, con cuatro luminarias distribuidas en la techumbre del espacio, a una distancia de 2.30 m del plano horizontal de trabajo del infante.

El mínimo de luxes registrados fue de 240 lx con un máximo de 733 lx. En el caso del punto mínimo registrado, es posible observar que se encuentra rodeado por varios puntos en rangos superiores 300 lx. La causa principal del fenómeno, es por la falta de mantenimiento de la luminaria ubicada en la zona, la cual estaba compuesta por dos lámparas, de las cuales una, se encontraba fuera de servicio.

En el caso del punto máximo registrado, se debe a que las mediciones se efectuaron con la puerta abierta, por lo que la entrada de luz fue mayor en ese punto. Debido a esto, es posible observar que, los rangos de esa zona, se registraron con valores mayores a 300 lx, con una disminución gradual de norte a sur, por consecuencia, la curva de isolux sólo se muestra en una sola zona del espacio.

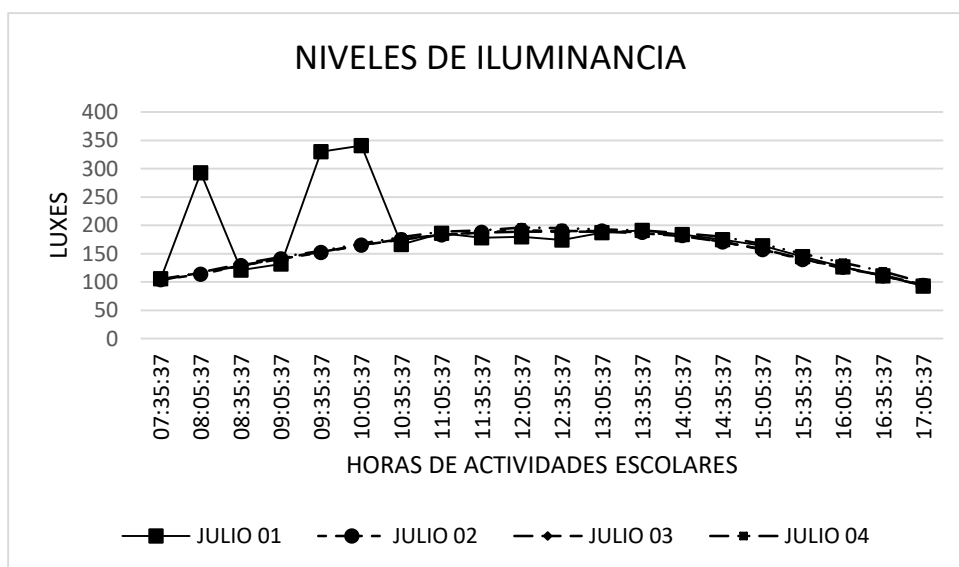


Figura 42. Monitoreo continuo en preescolar A.
Fuente. Elaboración propia

En la parte del monitoreo continuo, se realizó por cuatro días durante actividades escolares, en el mes de julio. El luxómetro fue colocado en un punto del recinto, de tal manera que no interrumpiera con las actividades ni la circulación de los usuarios. El horario analizado fue de las 7:00 h hasta las 17:00 h.

En la figura 42, se puede observar una curvatura que se repite por cada día monitoreado, a excepción del día 01 de julio, con oscilaciones marcadas, que registran niveles de hasta 350 lx. Dichas oscilaciones tuvieron una duración de 0.5 h a 2 h, y fueron las que alcanzaron el nivel requerido por la norma, para posteriormente presentarse con el mismo comportamiento que los días restantes monitoreados.

La causa probable de esta situación es, que, al realizar la medición a una altura del plano del trabajo del infante, este lo pudo haber manipulado, al colocar algún elemento que obstruyera de manera parcial la luz a la fotocelda del luxómetro, así como un posible fallo del sensor, que impidiera el registro correcto de los datos, o bien, debido a la orientación del edificio, fue un comportamiento típico, de sólo la entrada parcial de luz natural, con iluminarias apagadas, por lo que las oscilaciones más altas del día 01 de julio, se debieron al encendido de las mismas.

4.3.2 CURVA ISOLUX PREESCOLAR B

En la segunda unidad de análisis, la iluminancia media fue de 274.56 luxes, que, en relación a la norma, no cumple con lo establecido, en referencia al nivel requerido de 300 lx para espacios preescolares.

En relación con las curvas de isolux, la figura 43, muestra el comportamiento registrado del recinto que, de igual manera que en el preescolar A, las mediciones se efectuaron con luz total, y con características de ventanas e iluminarias similares, (ventanas a lo largo del muro norte y muro sur, con cuatro iluminarias distribuidas en la techumbre del recinto), con una diferencia en la distancia entre iluminaria y plano horizontal de trabajo del infante de 2.60 m

En este caso, el nivel en el que se efectuaron las mediciones, para caracterización del espacio, a diferencia del preescolar A, fue a la altura del diafragma de una persona adulta y no en el plano horizontal de trabajo de un infante, por razones de tiempo (Véase en anexo B).

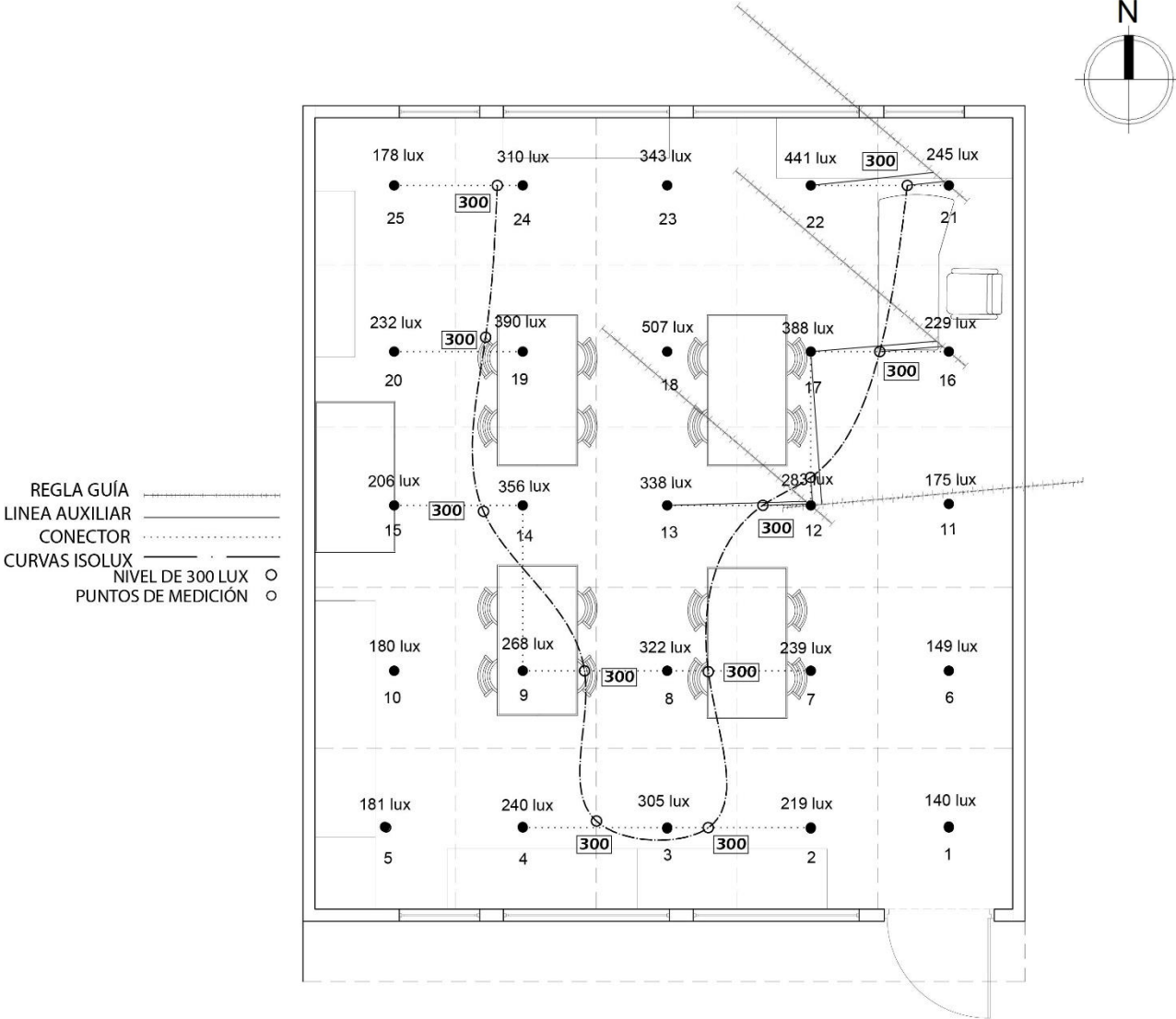


Figura 43. Cuadrícula de puntos de medición y curvas de isolux en preescolar B
 Fuente: Elaboración propia

El mínimo de luxes registrados fue de 140 lx y el máximo de luxes registrado fue de 507 lx. Los puntos mínimos se registraron al perímetro del recinto, por los muros sin ventanas, con un aumento gradual, por la zona central, con valores cercanos a 300 lx, hasta llegar a valores superiores de 390 lx, con un límite máximo de 507 lx.

Dicho punto máximo registrado, pudo ser causado por algún reflejo directo a la fotocelda del sensor, al realizar maniobras al momento del registro. Por consecuencia, la curva se muestra cerrada por el lado sur, con una apertura que se expande de forma gradual, al lado norte.

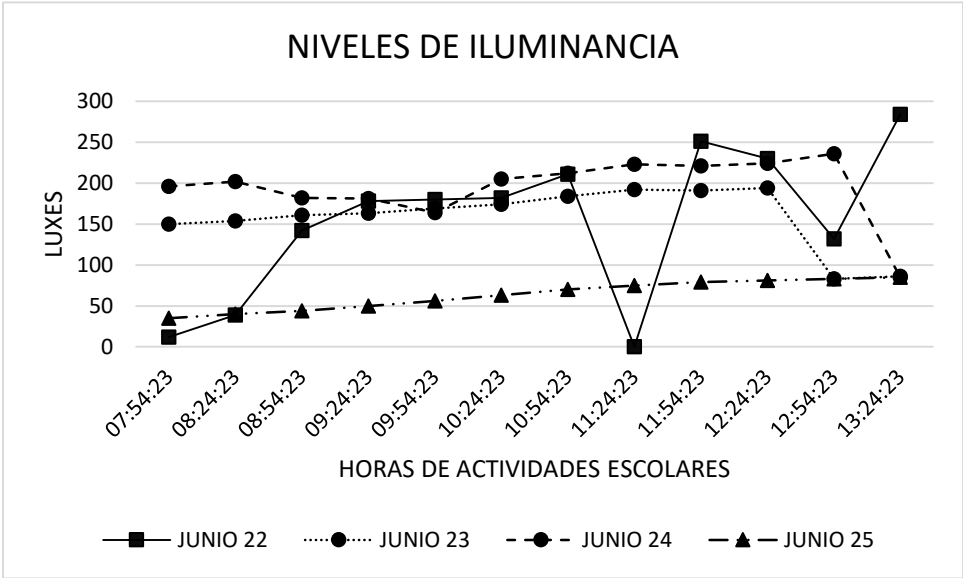


Figura 44. Monitoreo continuo en preescolar A
Fuente. Elaboración propia

Para el monitoreo continuo, de igual forma se colocó el sensor en un punto del recinto, y se registraron datos por cuatro días en el mes de junio, durante el horario de actividades escolares, de las 7:00 h a las 13:00 h.

En la figura 44, se puede observar que, para el día 22 de junio, se registraron oscilaciones marcadas en diferentes horas durante las actividades escolares, con el registro más bajo de 0 lx a las 11:00 h. La posible causa del fenómeno, es la instalación del sensor, ya que, al quedar a la altura del plano de trabajo, pudo haber sido manipulado por los niños en el transcurso del día.

En los días 23 y 24 de junio, se puede observar un comportamiento típico, con oscilaciones no tan marcadas como el día 22 de junio, con un registro mínimo, menor a 100 lx y un aumento gradual de 150 lx a 200 lx para el día 23, y un aumento gradual de 200 lx a 250 lx, para el día 24, los cuales, corresponden a los niveles registrados en el punto 20 (Figura 43) y alrededores de la zona, durante la caracterización del espacio.

En ambos casos, en las últimas horas de actividades escolares, los niveles caen en picada a los 100 lx aproximadamente, es decir, al mismo nivel que el día 25 de junio, el cual es considerado como día inhábil, y cuyos rangos se mantuvieron más bajos en comparación con los primeros días de junio analizados, de 50 lx a 100 lx.

Es posible que la causa de éstos fenómenos, se debiera a que, el comportamiento del día 25 de junio, es en referencia a iluminarias apagadas con entrada parcial de luz natural, y los días 23 y 24 de junio, es en referencia a iluminarias encendidas con entrada parcial de luz natural, es decir, luz total, y al terminar las actividades escolares, se procedió a apagar las luminarias.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

En esta investigación, se abordaron dos puntos principales; la habitabilidad ambiental y la primera infancia, que, como fue posible observar, su relación se complica por la cuestión normativa, cuando esta, considera estándares generalizados para estudiar factores ambientales, que son sólo para usuarios adultos y que se encuentren bajo actividades específicas.

Aunque existen criterios de diseño para jardines infantiles a nivel nacional, estas tienen como base las mismas normas internacionales que sólo abordan los temas para usuario adultos, y no contemplan contextos climáticos como el caso de estudio.

Por lo que, en respuesta a la pregunta de investigación, y por consecuencia el objetivo del mismo, fue posible determinar ciertos criterios en relación a la habitabilidad ambiental, para aulas preescolares, por medio de un análisis detallado de la normativa vigente, de tal manera que, en conjunto con el trabajo de campo, se implementaron diversas formas de evaluar las condiciones del edificio, cuyo usuario principal fueron infantes de entre tres a seis años de edad.

Por esta razón, es posible comprobar la hipótesis, la cual establece que: *La evaluación de los espacios educativos preescolares, específicamente en las aulas de aprendizaje y enseñanza, con respecto a las condiciones ambientales, como la temperatura de bulbo seco, humedad relativa, temperatura radiante media, iluminación y niveles de dióxido de carbono, que presenta el espacio en periodos críticos, dentro de un contexto climático cálido seco-extremoso, contribuye a determinar los criterios para el estudio de la habitabilidad ambiental con enfoque a la población infantil, conforme a estándares internacionales y estudios especializados.*

Para esclarecer mejor esta situación, se entiende por criterio, para este trabajo, a una serie de pautas que permiten discernir lo que brinda la normativa internacional, con respecto a la evaluación de factores ambientales, con relación a lo que se requiere conocer y hacer, para llegar a la calidad de habitabilidad ambiental en un espacio preescolar, que realmente logre satisfacer las necesidades de un infante.

Para llegar a dicho objetivo, se tomaron cinco variables a evaluar; temperatura de bulbo seco, temperatura radiante, humedad relativa, dióxido de carbono e iluminancia, de dos unidades de análisis.

Dichas unidades fueron institutos educativos preescolares, tanto del sector público como privado, en las cuales, se detectaron variaciones en relación con la infraestructura general del edificio, así como la instalación de sistemas de enfriamiento electromecánico, las cuáles, son indispensables al tratarse de un contexto climático cálido seco-extremoso.

Se realizaron análisis térmicos en relación al nivel de discomfort, derivado del fenómeno denominado como estratificación térmica, en el cual, los resultados mostraron que, sólo del 0% al 1% de los usuarios pudieron haber presentado molestias térmicas locales, por diferencia de temperaturas entre el nivel de cabeza y tobillos, al no haber alcanzado o superado los 3 °C. Sin embargo, ese 1% sucedió en el caso del preescolar B, en días inhábiles, cuyo sistema de enfriamiento no se encontraba en funcionamiento, lo que explicaría el aumento de la temperatura de bulbo seco.

Lo anterior, aunado a que los índices de tasas metabólicas de infantes en comparación de un adulto, son mayores, y la norma establece requisitos con base en estudios realizados en adultos, no se mostró una sensibilidad térmica por molestias locales en los infantes.

Lo mismo sucedió en el análisis del método adaptativo, en donde, además de esta situación de normativas generalizadas, que produjeron variaciones en la respuesta adaptativa por ser usuarios en etapa infante y no en adultos, así como la relación entre la presencia y ausencia del sistema de enfriamiento electromecánico, fueron los posibles fenómenos causales de los resultados.

En ambos casos, se tuvieron que hacer modificaciones en relación con el proceso de medición, como el ajuste de alturas y posicionamiento de los instrumentos de medición ambiental, ya que se consideraron las variables de temperatura de bulbo seco y temperatura radiante, para obtener tanto la temperatura efectiva exterior, como la temperatura operativa, y, de esta manera, definir el confort adaptativo por medio de gráficas de regresión lineal.

En este segundo análisis térmico, el preescolar A, sólo dos días de monitoreo entraron dentro de los límites de aceptabilidad, mientras que, en preescolar B, todos los días de monitoreo entran dentro de los límites de aceptabilidad, a excepción de los dos días inhábiles.

El análisis de la zona de confort se realizó por medio de una carta psicrométrica, diseñada por los autores Docherty y Szokolay (1999), de un estudio especializado, y actualizada con los datos climáticos de la localización para esta investigación (Mexicali, B.C.), y se realizó una comparación con la carta bioclimática de la norma ASHRAE 55-2017.

Para este análisis, en el caso del preescolar A, los resultados destacan que, la mayoría de los ocho días monitoreados, se concentraron dentro de los límites la estrategia pasiva de masa térmica, con días dentro de la ZPC con una permanencia de hasta 4 h, y caso contrario, en preescolar B, se destacó una mayor dispersión de los resultados, de los cuales, sobresalieron de, tanto el control pasivo de masa térmica como de la ZPC, con una mayor concentración de datos en la zona de confort establecida por ASHRAE-2017.

Con el método aplicado, fue posible determinar que, en una sola unidad de análisis, que, en este caso, fue el preescolar A, una estrategia de control pasivo sería factible en la búsqueda del confort térmico de los usuarios, mientras que, en preescolar B, las temperaturas registradas de entre 25 °C a 28 °C con una humedad relativa de entre el 20% al 40%, entran dentro de la zona de confort para verano de ASHRAE-2017, la cual es diseñada en función del arropamiento del usuario con 0.5 clo.

Este tercer análisis térmico, sobre la zona de confort higrotérmico, se relaciona directamente con el análisis estadístico de la variación de la TBS, ya que en preescolar A, los días 01 y 07 de julio, que permanecieron dentro de la ZPC, presentaron una desviación estándar de 1.95 y 1.78 respectivamente, esto debido a oscilaciones marcadas en el registro de datos, con temperaturas menores a 30 °C, y, para el resto de los días, las desviaciones estándar se encontraron por debajo del valor 1, ya que las temperaturas tuvieron un ascenso gradual, de 32 °C a 35 °C.

Dicha relación también se hizo presente con el preescolar B, con desviaciones estándar de entre 1.41 a 1.93 en seis días de monitoreo, mismos que se presentaron dentro de la zona de confort en relación con el arropamiento de 0.5 clo para verano, debido al registro de temperaturas más bajas que en preescolar A, de entre 25 °C a 26 °C, con un aumento de temperaturas mayores a 30 °C, y una menor dispersión con desviaciones estándar de 1.23 y 1.00 para los dos días inhábiles monitoreados.

Lo anterior, puede ser explicado por tres causas principales:

- 1) En primer lugar, para la situación de temperaturas mayores a 30 °C en una unidad de análisis, se considera el posicionamiento de los instrumentos de medición de TBS, ya que para el preescolar A, se colocó un sensor del lado norte y un sensor del lado sur, en la parte central de las ventanas del recinto, de acuerdo a la norma ASHRAE 55 (2017), (Véase en anexo B).

Dichas ventanas, son de vidrio sencillo de 4 mm de espesor, y están protegidas en la parte exterior por rejillas de metal, sin ningún tipo de cortinas del lado sur, y sólo un sombreado en la parte norte, lo que pudo provocar el aumento de temperatura, a diferencia del preescolar B, en el cual se instaló el sensor en el centro geométrico del espacio. De igual manera, esta causa puede explicar el porqué, no fue posible percibir una diferencia de temperaturas, como se presentó en el preescolar B, en relación a la desviación estándar.

2) Para esta cuestión de la variación de TBS, se considera el encendido y apagado del sistema de enfriamiento electromecánico, ya que, en el preescolar B, las primeras horas de actividades escolares, la temperatura llegó a bajar hasta 5 °C en un tiempo de 0.5 h, lo que pudo ser causado por la entrada del compresor del sistema de enfriamiento electromecánico, el cual trabajó de manera eficiente, al mantener relativamente constantes tanto la TBS como la HR, durante el horario restante de actividades escolares.

3) Otros causales pudieron ser, desde la infraestructura general de las unidades de análisis, ya que el preescolar A, tiene como característica principal, estar rodeada de una plancha de concreto parcialmente sombreada, que ocasiona lo que se denomina como “isla de calor”, a comparación del preescolar B, que lo rodea vegetación y áreas verdes, que favorecen el mantenimiento de la humedad, y la reducción de temperatura, por medio de la evapotranspiración en árboles, fenómeno que causa el enfriamiento del aire, que, en combinación con la sombra, puede ayudar a reducir las temperaturas críticas de verano de 2 °C a 3 °C en áreas suburbanas, o áreas verdes con césped, cuyas temperaturas son de 1 °C a 2 °C más bajas que sus alrededores (EPA, 2008).

La instalación o funcionamiento deficiente, así como el manejo del sistema de enfriamiento electromecánico, como fue el caso del preescolar B, con un solo inyector de aire, del cual no había un control del termostato, y cuya puerta del recinto permanecía abierta por periodos de tiempo indefinidos.

En contraste con el preescolar A, cuyo sistema de enfriamiento electromecánico con mayor eficiencia, con inyectores de aire distribuidos para una circulación aire constante, así como un buen manejo del termostato y control en las aperturas de la puerta, son otras situaciones consideradas.

Sin embargo, a pesar de la situación descrita en el párrafo anterior, el preescolar B presentó mejor comportamiento que el preescolar A, con relación a las variables de TBS, HR y Tr.

El penúltimo análisis, hace referencia a la correlación entre la variable de TBS y CO_2 . Se mostró sola una correlación negativa para el preescolar A, en comparativa entre un día hábil con usuarios, y dos días inhábiles sin usuarios. En preescolar B, los días analizados fueron días hábiles, que, al igual que en preescolar A, no se presentó correlación entre las variables. Por lo anterior, se concluye que la causa probable, fue el fenómeno físico de expansión térmica, y la ausencia de usuarios.

Para el último análisis con relación a la iluminancia, se realizó en dos partes; la primera, como parte de la caracterización del espacio, por medio de la división del recinto con una cuadrícula, que estableció los puntos de medición, así como las curvas isolux, y, la segunda, como parte del monitoreo continuo, por cuatro días en el mes de julio, para preescolar A, y cuatro días para el mes de junio, para preescolar B.

De igual manera, se definió la iluminancia media, para determinar, si el edificio preescolar, logró cumplir con los niveles requeridos con base en la norma, de 300 lx. En este sentido, para el preescolar A, si cumplió con una iluminancia media de 351.48 lx.

Las curvas isolux, se presentaron en un solo lado del recinto, de acuerdo a los niveles de 300 lx. Y, el punto más bajo, se registró en una zona con niveles superiores a 300 lx.

Por lo que el comportamiento de una de las curvas fue “encerrar” dicho punto. La causa de este fenómeno, es debido a una de las dos lámparas de la luminaria ubicada en esa zona, que se encontraba fuera de servicio.

En caso contrario para preescolar B, no se cumplió con los niveles requeridos por la norma, con una iluminancia media menor a los 300 lx, de 274.56 lx. En este caso, las curvas de isolux, se presentaron al centro del recinto, de acuerdo a los niveles alcanzados de 300 lx, con un comportamiento de curva cerrada del lado sur, y una apertura gradual hacia el lado norte, en la cual fue la zona con los puntos más altos de luxes registrados.

Para el monitoreo continuo, se concluye que, en el preescolar A, las actividades escolares se realizaron con iluminarias apagadas, y estas fueron encendidas por periodos cortos de tiempo, debido al comportamiento registrado en el gráfico, de un aumento gradual de 100 lx a 200 lx, para un posterior descenso de 200 lx a 100 lx, en todos los días monitoreados, que incluye el día inhábil. Esta misma tendencia, es notoria en el día inhábil del preescolar B, con un aumento gradual de 50 lx a 100 lx, para un posterior descenso de 100 lx a 50 lx.

Estas diferencias pueden deberse a la orientación del edificio. Ya que, para el preescolar B, a excepción de ese día inhábil, los días monitoreados con actividades escolares, si se mantuvieron dentro de los niveles de 150 lx a 250 lx, que se registraron en la zona de la instalación de sensores para monitoreo, durante la caracterización del espacio, con oscilaciones menores, hasta caer en los mismos niveles del día inhábil al cierre de actividades escolares, por lo que se deduce que las iluminarias fueron apagadas.

Con lo anterior, es posible concluir que, el preescolar A, a pesar de mantener sus iluminarias apagadas, con sólo la entrada parcial de luz natural, cumplió con la iluminancia mantenida requerida por la norma, de 300 lx, ya que su iluminancia media fue mayor de 300 lx.

Caso contrario, en preescolar B, a pesar de tener iluminarias encendidas, con la entrada parcial de luz natural, no cumplió, con la iluminancia mantenida requerida por la norma, ya que su iluminancia media fue menor de 300 lx.

Como fue posible observar, se mostraron en los resultados, de acuerdo al análisis descriptivo, las causas probables que llevaron al edificio a manifestar su comportamiento durante el monitoreo, en el análisis fenomenológico. De igual manera, el sujeto de estudio, que, en este caso, fueron niños en etapa infante, no estuvo involucrado directamente. Esto, debido a situaciones de tiempo, recursos y sobretodo la accesibilidad a las instituciones como unidades de análisis, derivado de la emergencia sanitaria del virus causante de la COVID-19, SARS-COV-2.

Por lo que, no fue posible la realización de bitácoras o cédulas de registro para la obtención de información precisa, que ayudara a complementar los datos registrados en base al monitoreo ambiental, ya que fue negada la permanencia en las instalaciones, durante actividades escolares, a terceras personas, por parte de las instituciones, con la finalidad de no arriesgar la salud de los niños.

Sin embargo, fue posible evaluar dos unidades de análisis de diferentes sectores económicos, para una comparativa que relacionara los posibles recursos económicos que han obtenido las instituciones educativas para construcción, mejora y mantenimiento de su infraestructura, y cómo esto, influye en los factores ambientales presentes en el edificio, que afectan de manera significativa al usuario.

Por lo anterior, como revisión general del ambiente físico, la calidad del mobiliario, instalaciones y la limpieza, así como un mejor control en el ahorro energético, con acciones como el tiempo de iluminarias y el sistema de enfriamiento electromecánico encendidos, e infiltraciones de aire por aperturas de puertas, el preescolar del sector privado (Preescolar A) tuvo mejor desempeño que el preescolar del sector público (Preescolar B). En el mismo sentido, en cuestión de la calidad en el factor ambiental lumínico, tuvo un mejor comportamiento el preescolar A, en comparación con el preescolar B.

Sin embargo, en relación con el confort térmico, en conjunto con el análisis estadístico de variación de TBS, fue el aula de aprendizaje y enseñanza del preescolar B, el que tuvo un comportamiento aceptable de acuerdo a la norma, en comparación con el preescolar A, que, como se mencionó en párrafos anteriores, las causas van, desde la infraestructura, manejo del sistema de enfriamiento electromecánico, fallos repentinos de sensores y actividades de los usuarios como limpieza, por parte del personal de intendencia y maestros, así como actividades escolares generales, y accidentes causados por los infantes.

Es importante resaltar, que se llega a esta conclusión con base en la adaptación de la normativa internacional para que fuera aplicable en usuarios, cuya fisiología es diferente a la de un adulto, por lo que se recomienda realizar más estudios similares, en los cuales, el niño pueda estar involucrado de manera directa, para que sirvan como base para actualizar y establecer criterios de diseño normados, que realmente puedan ser aplicables a usuarios de esta edad, para lograr diseñar instituciones educativas que cumplan con las condiciones necesarias para satisfacer las necesidades que demanda un niño, en la etapa de mayor desarrollo físico y mental, que es, el de la primera infancia.

Ya se ha demostrado, en los últimos años, que las temperaturas a nivel mundial, han aumentado de manera alarmante. La Organización Meteorológica Mundial (2023), en su comunicado de prensa, reportó que durante el periodo del año 2015 al 2022, se catalogó como el periodo de ocho años más cálidos, según los registros instrumentales, desde el año 1850.

Según Robles (2023), en un futuro, tanto las temperaturas máximas como mínimas, aumentarán, lo que conlleva a días más calurosos y sofocantes, por medio de olas de calor intensas y prolongadas, como actualmente se comienza a padecer, debido al calentamiento global.

Por lo que, la realización de esta investigación, demuestra la importancia de una actualización de estándares, que puedan ser aplicados a infantes y que, a su vez, puedan ser aplicados en contextos climáticos específicos, para un mejor desarrollo de infraestructura en base a criterios de diseño que aborden el tema de habitabilidad ambiental, por lo que, se considera este estudio como futura referencia para ampliar el tema en cuestión.

De igual manera, este trabajo puede tomarse como guía con relación a estrategias para el desarrollo de futuras investigaciones en distintas unidades de análisis, que impliquen trabajo de campo con usuarios en etapa infante activos, en donde se requiere especial cuidado en todo el proceso de pruebas piloto, instalación y monitoreo con instrumentos de medición ambiental, así como añadir mejoras que faciliten dicho proceso.

Como criterios determinados, para llevar a cabo estudios con respecto a la calidad de habitabilidad ambiental en espacios ocupados por infantes, se sugiere:

A) La selección de instituciones educativas preescolares, que permitan llegar a un acuerdo para obtener el acceso total de las instalaciones, por periodos de tiempo que se ajusten a las necesidades del estudio.

B) La integración de personal docente y psicólogos infantiles que coadyuven al investigador, generar estrategias que permitan trabajar en campo con infantes, de manera eficiente y sin contratiempos, así como determinar un periodo de tiempo, lo suficientemente amplio, para pruebas piloto, de tal manera que se pueda poner en práctica las estrategias generadas.

C) La instalación de una estación meteorológica en sitio, para determinar con precisión las condiciones del microclima que se genera en la zona del espacio educativo a evaluar, así como la instalación de un mayor número de sensores dentro del aula preescolar, aunado a cédulas de registro durante los periodos de monitoreo.

De esta manera, se obtiene información precisa de las causas fenomenológicas del comportamiento del recinto evaluado.

D) El ajuste de los métodos establecidos por las normas que no estén dirigidos a usuarios en etapa infante, con relación a la antropometría del niño, en referencia a la talla, peso, tasas metabólicas y actividades que realice el tipo de usuario en cuestión, en un aula de aprendizaje y enseñanza preescolar.

E) La creación de cuestionarios como el voto medio previsto (PMV, por sus siglas en inglés), en referencia a la norma ISO 7726, diseñado y dirigido para usuarios en etapa infante, cuyas respuestas puedan ser validadas y estudiadas, de tal manera que el sujeto, por el cual se hace la investigación, esté directamente involucrado.

Por último, se resalta la relevancia del producto obtenido con esta investigación, en referencia a la concientización de la importancia del quehacer arquitectónico de la habitabilidad, en espacios preescolares, para satisfacer las necesidades de los niños en etapa infante, por medio de la determinación de criterios que contribuyan a la evaluación y análisis de factores ambientales, en espacios infantiles, para lograr generar diseños que permitan la correcta estimulación del infante en su desarrollo integral.

Además, estudios en este ámbito, sientan las bases para actualizar la normativa internacional que no atiende a usuarios de este sector poblacional, ya que, actualmente, la mayoría de los estándares existentes se dirigen a contextos generalizados, e igualmente, se generan diseños que atienden solamente el factor físico-espacial del espacio infantil, sin tomar en cuenta los factores higrotérmicos, lumínicos, de calidad del aire, entre otros, los cuales son parte fundamental para que funcione el factor físico del espacio.

Esto quiere decir que, para lograr un desarrollo integral del infante, se requiere de un estudio que integren todos los factores necesarios para que la arquitectura del espacio, en relación al aula de aprendizaje y enseñanza preescolar, cumpla correctamente su función, y realmente sea validado por normas que contemplen al usuario infantil.

BIBLIOGRAFÍA

A

American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (2018)
Advanced Energy Design Guide for 12-K School Buildings. E.U.A.

American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (2017)
Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. E.U.A.

Arcas, A., Pagés, R. y Cassals, A. (2011) El futuro del hábitat: repensando la habitabilidad desde la sostenibilidad. El caso español. En Revista INVI. Vol. 226. Número 72.

Arizmendi, I. (2018) La habitabilidad de los espacios educativos de nivel básico en el estado de Guerrero. (Trabajo de grado para Maestría en Arquitectura, Diseño y Urbanismo) Universidad Autónoma de Guerrero.

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (2022) Porqué la calidad del aire en los interiores es importante para las escuelas.
<https://espanol.epa.gov/cai/por-que-la-calidad-del-aire-de-los-interiores-es-importante-para-las-escuelas#:~:text=Los%20estudios%20de%20la%20Agencia,los%20niveles%20en%20el%20exterior.>

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (2008) Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Urban Heat Island Basics. Recuperado de [http:// www.epa.gov/hiri/resources/compendium.htm](http://www.epa.gov/hiri/resources/compendium.htm).

Aragón, L. (2013) Termorregulación e hidratación en niños que realizan actividad física. En *Revista de educación física 2*. Vol. 29. Número 3.

Asociación Española de Normalización. UNE-EN 12464-1 (2022) Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores. España.

Asociación Española de Normalización. UNE-EN ISO 7726 (2006) Ergonomía de los ambientes térmico. Instrumentos de medida de las magnitudes físicas. España.

Asociación Española de Normalización. UNE-EN ISO 8996 (2005) Ergonomía del ambiente térmico. Determinación de la tasa metabólica. España.

B

Baldí, G y García, E. (2006) Una aproximación a la Psicología ambiental. En Fundamentos en Humanidades. Vol. 7. Num. 13-14. Pp 157-168.

Buendía, V. y Valero, E. (2015). La evolución de los espacios de aprendizaje de la infancia a través de los modelos pedagógicos. En Romero M., Alarcón, E. y Aranda, G. (Eds) Children, Spaces and Identity. (Pp- 184-196) Reino Unido.

Baklin, O., Lindberg, F. Thorsson, S., Rayner, D. y Wallenberg, N. (2021) Outdoor heat stress at preschools during an extreme summer in Gothenburg, Sweden - Preschool teachers' experiences contextualized by radiation modelling. En Sustainable cities and society. Vol. 75.

Bravo, R. (2018). Arquitectura y Pedagogía. Estudio de caso: Liceo Francés de Alicante. (Trabajo final de grado) Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

C

Cabrera, F., Covarrubias, P. y Jiménez, A. (2017) Reseña del libro: Los sentidos considerados como sistemas perceptuales de James. J. Gibson (1966). En Revista internacional de interconductismo y análisis de conducta. Vol. 5 Número. 1.

Canova, F. (2007) Psicología evolutiva del niño. De 0 a 6 años. Bogotá, Colombia. Editorial San Pablo.

Caring for our children (2019). "National health and safety performance standards guidelines for early care and education programs". Pp. 2019 – 277. Cuarta edición. E.U.A.

Chávez del Valle, F. (2002) Zona variable del confort térmico. (Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña). Repositorio cooperativo TDX.
<https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6104/07CAPITULO2.pdf>

Children's Hospital Colorado (2021) Conditions and symptoms. Heat Exposure and Reactions. En Children's Hospital Colorado, EUA. Recuperado de:
<https://www.childrenscolorado.org/conditions-and-advice/conditions-and-symptoms/symptoms/heat-exposure-and-reactions/>

Choo, C., Jalaludin, J., Hamedon, T. y Adam, N. (2015) Preschools' Indoor Air Quality and Respiratory Health Symptoms among Preschoolers in Selangor. En *Procedia Environment Scienses*. Vol. 30.

Cortés, A. (2009) "Luz y Emociones: Estudio sobre La Influencia de la Iluminación Urbana en las Emociones; tomando como base el Diseño Emocional" [Tesis doctoral, Ámbitos de investigación en energía y medio ambiente en la Arquitectura] Universidad Politécnica de Catalunya.

D

Delgado, M. (2015). *Fundamentos de la Psicología. Psicología del desarrollo*. Editorial Médica Panamericana. Recuperado de:
<http://www.herrerobooks.com/pdf/pan/9788498352535.pdf>

Dear, R., Brager, G. y Cooper, D. (1997). ASHRAE RP- 884 *Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference*.

Dochery, M. y Szokolay, S. (1999) *Climate Analysis. Note 5. Passive and Low Energy Architecture International*. Universidad de Queensland.

E

Escobar, C. (2014) Evaluación de los niveles de ruido, iluminación, temperatura, y su efecto en las enfermedades profesionales en la empresa Codelitesa S.A. (Trabajo de grado para magíster en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental) Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

F

Fabbri, K. (2013) Thermal comfort evaluation in kindergarten: PMV and PPD measurement through datalogger and questionnaire. En *Building and Environment*. 68 (2013), 202-2014.

Freixanet, V. (2013). Estrategias de diseño bioclimático. In *Diseño y evaluación de edificios sustentables: memorias del seminario taller: ciclo, nuevas prácticas profesionales* (pp. 141-166). Universidad Autónoma Metropolitana.

Fabbri, K. (2013) Thermal comfort evaluation in kindergarten: PMV and PPD measurement through datalogger and questionnaire. En *Building and Environment*. 68 (2013)

Fandakova, Y. y Hartley, C. (2020). "Mechanisms of learning and plasticity in childhood and adolescence". En *Developmental Cognitive Neuroscience*. Vol. 42. Pp. 1 – 4

Federación Española de Asociaciones de profesionales de Atención temprana. (s.f.) Atención Temprana. Desarrollo Infantil. En *GAT Atención Temprana*. Recuperado de: <http://gat-atenciontemprana.org/sobre-at/>

Federación Española de Asociaciones de profesionales de Atención temprana. (2019) Atención Temprana. La visión de los profesionales. Grupo de Atención Temprana. España. Pp. 5 – 44.

Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (2019). Orientaciones programáticas sobre la importancia de la calidad en la educación para la Primera Infancia en América Latina y el Caribe. UNICEF.}

G

García-Chato, G. (2014) Ambientes de aprendizaje: su significado en educación preescolar. En *Revista de Educación y Desarrollo*. Vol. 29.

García, S. (2020) Escuelas de párvulos y Kindergarten de la Ciudad de México: configuración de una cultura escolar para niños menores de seis años, 1881-1917. En *Anuario Mexicano de Historia de la Educación*. Vol. 2. Número 1

Godoy, A. (2012) Confort térmico adaptativo. Aplicación en la edificación en España [Trabajo de grado, Master en Sostenibilidad] Universidad de Cataluña. España.

Gómez-Azpeitia, L. y Gómez, A. (2016) Sostenibilidad y Habitabilidad: ¿Condiciones en pugna? En Villadares, R. (Ed.) *Diversas visiones de la habitabilidad*. Pp. 39-70 Red Nacional de Habitabilidad Urbana Hernández, J. (2010) Habitabilidad educativa de las escuelas. Marco de referencia para el diseño de indicadores. En *Revista Electrónica de Educación*. Núm. 35. Universidad Jesuita de Guadalajara.

H

Hernández, J. (2010) Habitabilidad educativa de las escuelas. Marco de referencia para el diseño de indicadores. En *Revista Electrónica de Educación*. Núm. 35. Universidad Jesuita de Guadalajara Sánchez, B. (2016) Propuesta para lograr confort térmico en las aulas de la escuela primaria Domingo Becerra Rubio en Tepic, Nayarit. (Trabajo de fin de Maestría en Proyectos y

Edificación Sustentables) En Repositorio Institucional de ITESO.
Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano.

Hernández-Siampieri, R. & Mendoza, C. (2018) Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Año de edición: 2018. Mc Graw Hill Education.

I

Instituto Nacional de Infraestructura Física Educativa (2022) *Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones*.
<https://www.gob.mx/inifed/acciones-y-programas/normatividad-tecnica>

Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana (IMIP) *Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Mexicali 2025*. Mexicali.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (1996) *Cuaderno estadístico municipal. Mexicali, Estado de Baja California*. Primera edición.

International Organization for Standardization ISO 16000 (2017) Indoor air — Part 26: Sampling strategy for carbon dioxide (CO₂). Ginebra.

J

Jaramillo, A. (2005) Humedad del aire. *Clima andino y café en Colombia*. Primera edición. (pp. 75-79). Cenicafé.

Jiménez, C. (2018) *Temperatura y Expansión térmica*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

L

Lahoz Abad, P. (1991). El modelo Froebeliano de Espacio-Escuela. Su introducción en España. En Historia de la educación: Revista universitaria. Número 10. Pp. 108-111 Salamanca, España.

- Liddiard, S. y Pérez, F. (2019) Historicidad de la educación inicial en México, un estudio documental. En *Debates por la Historia*. Vol. 7. Número 1. Universidad Autónoma de Chihuahua
- Lockett, MS. y Nunez, K. (2022, 15 de abril) Frecuencia respiratoria normal para adultos y niños. *Healthline*. <https://www.healthline.com/health/es/frecuencia-respiratoria-normal>
- Lovec, V., Premrov, M. y Leskovar, V. (2021) Practical Impact of the COVID-19 Pandemic Air Quality and Thermal Comfort in Kindergartens. A Case Study of Slovenia. En *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021, 18.

M

- Majoros, A. (1998) *Daylighting. Note 4. Passive and Low Energy Architecture International*. Universidad de Queensland.
- Martínez, A. (2017) *Habitar-Construir*. En Esparza, M. (Coord.) *Experiencia y trascendencia: Reflexiones de habitabilidad en el espacio interior*. Pp. 245-276. Universidad de Aguascalientes
- Mei Yiw, C. y Bava Mohidin, H. (2021) Comparative study on lighting and ventilation of two kindergarten typologies in Selangor. En *Journal of Building Performance*. Vol. 12. Número 1
- Merchán, M., Acosta, N., Gonzales, M. y Cortés, D. (2010) Agudeza visual del Snellen versus frecuencia espacial del test de mirada preferencial. *Ciencia y tecnología para la salud visual y ocular*. Vol. 8. Número 2.
- Montessori, M. (2004) "La mente absorbente del niño". México. Biblioteca Diana.
- Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social (2016) *Lineamientos Primero la infancia*. Recuperado de: <http://www.midis.gob.pe/index.php/lineamientos-primero-la-infancia/>

N

Naciones Unidas (2018, 29 de octubre) El aire contaminado envenena y arruina la vida de millones de niños. *Noticias ONU: Mirada global Historias Humanas*.

Notas Técnicas de Prevención (1998) NTP:538 Olores: un factor de calidad y confort en ambientes interiores. Ministerio de trabajo y Asuntos sociales. España.

Notas Técnicas de Prevención (1998) NTP:549 El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior. Ministerio de trabajo y Asuntos sociales. España.

O

Olygay, V. (1963) *Design with climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism*. Universidad de Princeton.

Oh, S. y Song, S. (2021) Detailed Analysis of Thermal Comfort and Indoor Air Quality Using Real-Time Multiple Environmental Monitoring Data for a Childcare Center. En *Energies*. Vol. 14

Ordóñez, A. (2021) (09 de febrero del 2021) Temperatura. Seiscubos. Recuperado de: <https://www.seiscubos.com/conocimiento/temperatura>

Organista, M. (2019) Habitabilidad de los conjuntos habitacionales de interés social en su relación con la ciudad (Trabajo de grado para doctora en Ciencias del hábitat) Universidad Autónoma de San Luis Potosí y Universidad Autónoma de Yucatán.

Organización Mundial de la Salud (2017) Pérdida de la audición de la niñez. Qué hacer para actuar de inmediato. OMS.

Organización Meteorológica Mundial (2023, 21 de abril) *El informe anual de la OMM pone de relieve el avance continuo del cambio climático*.

P

Pagliari, M. y Piderit, M. (2017) Evaluación y percepción de la iluminación natural en aulas de preescolar, Región de los Lagos, Chile. En *Arquitectura y Urbanismo*. Vol. 38.

Parrales, K. y Román, R. (2019) Factores ambientales que influyen en enfermedades respiratorias en infantes de 12- 36 meses centro de los pitufitos, la libertad, 2019 [Tesis para obtener el grado de licenciado en enfermería, Facultad de Ciencias sociales y de la salud] Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Perry, N., Adi-Japha, E. y Levy, O. (2023) What a cool classroom! Voices of 5-years-olds on the design of physical learning environments. En *Early childhood Research Quartely*. Vol. 63.

Pinacho, J. (2014) Golpe de calor en los niños. En *Revista Mexicana de Pediatría*. Vol. 81. Núm. 3. México.

Prado, A. (2018) Reggio Emilia: Un lugar para todos. (Trabajo de grado de maestro en educación infantil) Universidad de Cantabria.

Q

Quiña, K. (2018) Condiciones de Infraestructura de las instituciones educativas del DMQ. Y su incidencia en el aprendizaje infantil [Tesis para obtener el grado de Licenciado en en Ciencias de la educación, Carrera de educación parvularia] Universidad Central del Ecuador.

R

Rahman, M., Awang, M., Mustafa, M., Yusop, F., Mohd, K., Musa, M., Mohd, A., Ahmad, F. y Hamidon, M. (2019) Evaluation and measurement of indoor air quality in the preschool building [Conferencia magistral] IOP Conference series: Earth and environmental Science.

Ré, G., Filippín, C. y Blasco, I. (2017) Niveles de confort térmico en aulas de dos edificios escolares del área metropolitana de san juan. *En Acta de la XL Reunión de trabajo de la Asociación Argentina de Energías renovables y Medio ambiente*. Vol. 5.

Rendón, M., Villasís, M. y Miranda, M (2016) Estadística Descriptiva. En Revista Alergia México. Vol. 63. Número 4.

Robles, D. (2023, 4 de mayo) *Olas de calor, cada vez más intensas, largas y peligrosas*. Gaceta UNAM.

S

Sánchez, B. (2016) Propuesta para lograr confort térmico en las aulas de la escuela primaria Domingo Becerra Rubio en Tepic, Nayarit. (Trabajo de fin de Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables) En Repositorio Institucional de ITESO. Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano.

Sánchez, L. (2013) Influencia de los problemas de visión en el aprendizaje infantil (Trabajo de grado para educación infantil). Universidad Internacional de La Rioja. Facultad de Educación.

Sánchez, U. y Del Pilar, I. (2017) Aportaciones pedagógicas al desarrollo de la Edacuación Infantil. En Publicaciones Didácticas. No. 90

Selda Al, Midilli Sari, R. y Candas Kahya, N. (2012) A different perspective on education: Montessori and Montessori school architecture. En *Procedia: Social and Behavioral Sciences*. Vol. 46. Pp. 1866-1871.

Spiegel, M. y Stephens, L. (2009) *Estadística*. Cuarta edición. Mc Graw Hill.

Sulbirán, J. y Rangel, R. (2018) Importancia del habitar en el pensamiento arquitectónico. En *Procesos Urbanos*. Vol. 5. Pp. 26-33

Superintendencia de Riesgos de Trabajo SRT/84 (2012) *Guía práctica sobre iluminación en el ambiente laboral*. La iluminación en el ambiente laboral. Argentina Recuperado de:
<https://www.argentina.gob.ar/srt/prevencion/publicaciones/protocolos/iluminacion>

T

Tamayo, M. (2014) *El proceso de la investigación científica*. Limusa

Teli, D. Bourikas, L., James, P. y Bahaj, A. (2017) Thermal performance evaluation of school buildings using a children-based adaptive comfort model. En *Procedia environmental Sciences*. Vol. 38.

Teli, D. Jentsch, M., James, P. y Bahaj, A. (2012) Field study on thermal comfort in a UK primary school. [7th Windsor Conference: The Changing Context of Comfort in an Unpredictable World, Windsor] Reino Unido.

Testo SE & Co. (2021) Co, CO2, luz, sonido, velocidad de rotación. En *Testo Be sure*, México. Recuperado de: <https://www.testo.com/es-MX/productos/air-temperature-measuring-instrument>

Testo SE & Co. (2021) Medición de temperatura. En *Testo Be sure*, México. Recuperado de: <https://www.testo.com/es-MX/productos/air-temperature-measuring-instrument>

Triola, M. (2018) *Estadística*. Pearson Educación.

Y

Yun, H., Nam, I., Kim, J., Yang, J., Lee, K. y Sohn, J. (2014) A field study of thermal comfort for kindergarten children in Korea: An assessment of existing models and preferences of children. En *Building and Environment*. Vol. 75.

Z

Ziccardi, A. (2015) *Cómo viven los mexicanos. Análisis regional de las condiciones de habitabilidad de la vivienda*. Primera edición. Universidad Autónoma de México.

ANEXOS

En el siguiente apartado, se presenta información adicional complementaria a la metodología realizada en ésta investigación.

ANEXO A: PRUEBAS PILOTO, FASE 1

Una vez obtenido el acceso a la primera unidad de análisis, se realizó trabajo de campo para pruebas piloto, con el objetivo de tener un mejor conocimiento en el manejo de la instrumentación seleccionada para la investigación, crear estrategias en la colocación de instrumentos, conocer las dinámicas de las actividades escolares y realizar ajustes de acuerdo a situaciones imprevistas.

En esta primera fase, se realizó en una unidad de análisis (Preescolar A), debido a la accesibilidad a las instalaciones del espacio educativo en relación con los protocolos de higiene y seguridad establecidos en base a la emergencia sanitaria de la COVID-19.

El periodo de prueba fue de un total de 5 semanas, durante todo el mes de febrero y la primera semana de marzo, de acuerdo a los horarios permitidos para trabajar dentro del espacio educativo, para evitar interrupciones en las actividades escolares, de lunes a viernes con horarios de 2:00 pm a 6:00 pm.

Con respecto a la colocación de la instrumentación, se crearon prototipos de pedestales de manera que fueran lo menos invasivos posibles en comparación con tripié o trípodes de cámaras fotográficas que comúnmente se utilizan para tales fines. Dichos pedestales se conformaron por barrotes de madera de 0.254 x 0.1524 x 1.21 m (2" x 6" x 4') y tablas de madera de 0.508 x 0.1524 x 0.2032 m (1" x 6" x 8"), ensamblados por medio de clavos, tornillos y escuadras metálicas para madera, en la parte inferior del pedestal, con una altura total, hasta este punto de 1.23 m (Figura A1).

En la parte superior, se ensamblaron componentes de acuerdo al instrumento a colocar; para sensores de temperatura y humedad, se ensamblaron conectores de PVC para instalaciones, por medio de pegamento industrial, con esponja en su interior para mantener el sensor en posición recto y de manera estable durante el monitoreo (Figura A2).



Figura A1. Ensamble y pintura de pedestales de madera.
Fuente. Fotografía tomada por el autor.

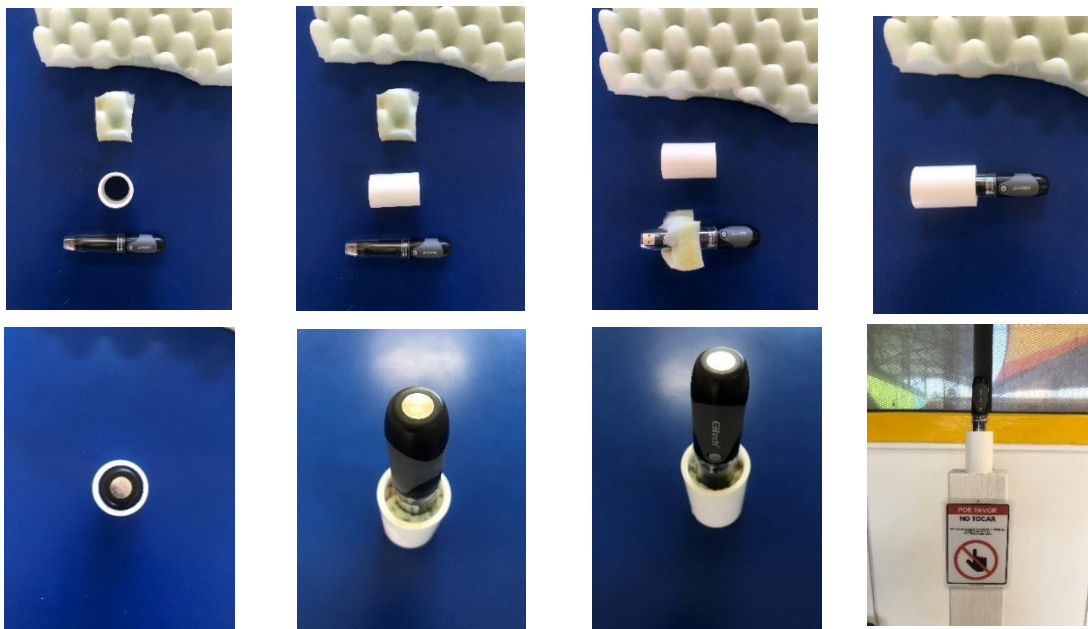


Figura A2. Proceso de colocación de sensor en componente de PVC y esponja.
Fuente. Fotografía tomada por el autor.

En el caso del sensor de temperatura y humedad para exterior, se diseñó un escudo de protección solar en forma de un prisma cuadrangular de cinco caras, con la intención de dejar un hueco en la parte inferior, para introducir el sensor. Se le hicieron perforaciones de 0.004 a 0.005 m de diámetro, a 45 grados y a cada 0.025 a 0.035 cm de distancia entre ellos, en las cuatro caras laterales. De esta manera, el sensor quedó protegido de la luz solar y se permitió el acceso del aire exterior (Figura A3).

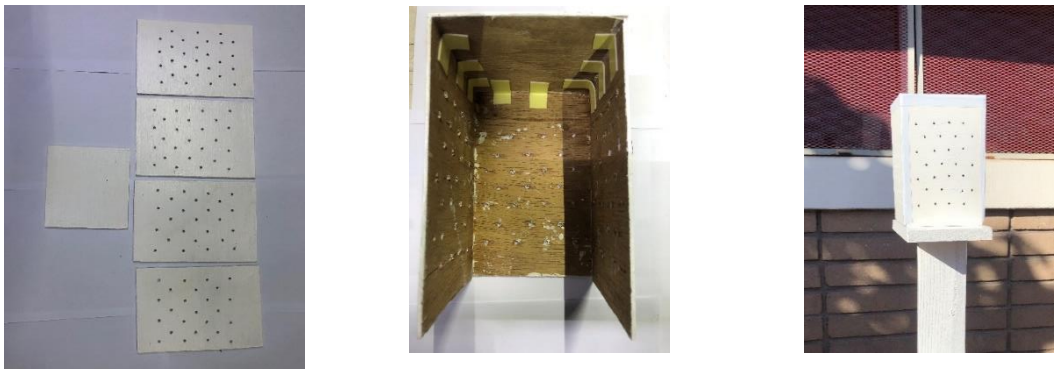


Figura A3. Proceso de ensamble de escudo de protección solar para sensor de temperatura y humedad exterior.

Fuente. Fotografías tomadas por el autor

Para la variable de temperatura radiante media por globo negro, se adaptó un instrumento de temperatura, insertando una pelota de 0.06 m de diámetro, de tal manera que el sensor, quedara al centro geométrico de la esfera.

Como características principales de la pelota son: material de plástico, sin texturas, pintada con aerosol color negro mate, unido al sensor por medio de silicón automotriz negro para altas temperaturas. Lo anterior de acuerdo a lo que especifica la norma ISO 7726 (2006). Al igual que los sensores de TBS y HR, se colocó el instrumento sobre un pedestal (Figura A4).



Figura A4. Sensor de globo negro colocado en pedestal.
Fuente. Fotografía tomada por el autor

Para los instrumentos de luxómetro, en la parte superior del pedestal, se colocaron cajas de plástico transparentes de 0.20 m x 0.10 m x 0.10 m, atornillados en uno de sus extremos, a una cara del barrote, de ésta manera la caja fungió como soporte del dispositivo y el foto-sensor se colocó en la parte superior del pedestal, como se muestra en la figura A5.



Figura A5. Luxómetro colocado en pedestal. Figura A6. Sensor de CO^2 colocado en pedestal.

Fuente. Fotografía tomada por el autor.

Para el instrumento de medición ambiental de CO_2 , en la parte superior del pedestal se ensambló, otro corte de madera de 0.0254 x 0.1524 x 0.2032 m (1" x 6" x 8") similar al pie del pedestal, y se colocó el dispositivo con tornillos y cinta adhesiva de doble cara (Figura A6).

Todos los pedestales fueron pintados de color blanco con la finalidad de evitar alteraciones en las mediciones, y en cada pedestal se colocó un señalamiento de prohibición, en conjunto con una leyenda que especificaba número de contacto y persona responsable en caso de accidentes (Figura A7).



Figura A7. Diseño de señalamiento de prohibición para pedestales en caso de accidentes.

A.1 ESTRATEGIAS DE MONITOREO PARA ESPACIOS OCUPADOS POR INFANTES

Debido a que, durante todo el proceso de pruebas piloto, caracterización del espacio y monitoreo, se realizaron durante las actividades escolares, donde el usuario principal eran niños de entre 4 y 5 años de edad, se planearon estrategias en conjunto con docentes del espacio educativo, de tal manera que el infante, tuviera un proceso de adaptación con el entorno del aula preescolar modificado por la instalación de la instrumentación.

De ésta manera, en las primeras semanas de pruebas, de manera paulatina se instalaron pedestales sin algún tipo de sensor, en puntos estratégicos para evitar interrupciones con las actividades escolares, con la intención de que los niños saciaran su curiosidad con los nuevos elementos impuestos en su entorno educativo.

Con lo anterior, se reportaron dos incidentes de pedestales caídos, sin daños perjudiciales para tanto los niños, como el aula y el pedestal en sí. Los niños, una vez adaptados a su nuevo entorno, percibieron los pedestales como un mobiliario más, lo que hizo seguro la posterior instalación de cada instrumento.

De igual manera, se hicieron ajustes en relación a la normatividad seleccionada, en referencia a las alturas marcadas para monitoreo de las variables, con el objetivo de evitar que los instrumentos fueran manipulados por los niños. En la Tabla A1 se muestra la relación entre normativa seleccionada, alturas marcadas y alturas modificadas.

Tabla A1. Relación de la normativa con ajuste de alturas.

Normativa	Especificaciones en alturas	Ajuste de altura
ANSI/ASHRAE 55 – Condiciones ambientales térmicas para la ocupación humana (2017)	Para mediciones de TBS y HR, las alturas especificadas son de 0.1, 0.6 y 1.10 metros, al nivel representativo del usuario sentado, y de 0.1 a 1.70 metros al nivel representativo del usuario estando de pie.	De acuerdo a UNICEF (2015), para un niño en etapa infante de 5 años de edad, su estatura estando de pie* oscila entre 1.00 a 1.10 metros. Se tomó de referencia al infante de pie, y se aumentó 0.30 m más como la forma representativa del infante con brazos estirados, por lo que la altura total de piso a sensor fue de 1.40 metros.
UNE-EN ISO 7726 – Ergonomía del ambiente térmico: Instrumentos para medir cantidades físicas (2006)	Para mediciones de temperatura radiante media por medio de globo negro, el sensor debe estar posicionado a una altura central, de 0.6 metros para personas sentadas y 1.10 metros para personas en posición de pie, en referencia al nivel del abdomen, cuando el ambiente es homogéneo. (Revisar) En caso contrario, (ambiente heterogéneo) * la altura se divide en tres partes: a nivel de la cabeza con 1.10 metros para personas sentadas y 1.70 metros para personas de pie, a nivel del abdomen con 0.60 metros para personas sentadas y 1.10 metros para personas de pie y a nivel de los tobillos, con 0.10 metros.	Dado que la normativa es en referencia a personas adultas, y al ser la evaluación en un ambiente heterogéneo, se consideraron las mediciones en tres alturas, en referencia a una persona en posición sentada, por la talla correspondiente a un infante, con el mismo aumento de 0.30 metros para una altura total de 1.40 metros.
ISO 16000 Parte 26 – Aire interior: Estrategia de muestreo para dióxido de carbono CO ² (2017)	Para mediciones de CO ² , en salas con una superficie de hasta 50 m ² , es posible realizar el monitoreo con un solo punto de muestreo, a una altura de 1.5 metros para evitar la interferencia de la respiración de los usuarios.	En este caso, la altura del sensor se colocó a 1.35 metros, con una diferencia de 0.15 metros por el estándar utilizado en la altura de los pedestales, explicado al pie de ésta tabla.
UNE-EN 12464-1 Iluminación. Iluminación en lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores (2022)	Para mediciones de iluminancia media en espacios interiores, el sensor debe estar al nivel del plano horizontal de la superficie de trabajo.	Para esta variable, las mediciones se hicieron en el plano horizontal de la superficie de trabajo, que en este caso fueron mesas de trabajo con diseño antropométrico para niños, a una altura de 0.50 metros. De igual manera, se hicieron mediciones a la altura del diafragma de un adulto en posición de pie.

Fuente: Elaboración propia en base a ASHRAE 55 (2017), UNE-EN ISO 7726 (2006), ISO 16000 (2017) Y UNE-EN 12464-1 (2022).

*Notas: Para todos los prototipos de pedestales diseñados, se realizó un aumento en la altura en referencia con la normativa, con el objetivo de que el infante entrara en contacto con el sensor. Se tomó de referencia al usuario en posición sentado, por la talla correspondiente a un infante. Se considera como ambiente heterogéneo, cuando la temperatura del aire, radiación, velocidad del aire y humedad, no pueden considerarse uniformes alrededor del sujeto.

Para la frecuencia de muestreo, se tomó como referencia los tiempos mínimos marcados por normatividad, esto debido a que, durante el proceso de pruebas piloto, se realizaron ajustes, mantenimiento de instrumentación y reorganización en las estrategias del posicionamiento de los equipos en base a las solicitudes de los docentes para evitar interrupciones en sus actividades escolares. En la tabla A2, se muestran las normas, las especificaciones en frecuencia de muestreo y periodo de monitoreo, y, los ajustes realizados.

Tabla A2. Relación de la normativa con frecuencias de muestreo y periodos de monitoreo.

Normativa	Frecuencia de muestreo y periodo de monitoreo	Ajustes
ANSI/ASHRAE 55 – Condiciones ambientales térmicas para la ocupación humana (2017)	<p>Para temperatura, humedad y temperatura radiante media, los períodos de medición deberán ser de dos horas o más y, además, deberán representar una muestra del total de horas ocupadas en el período seleccionado para la evaluación o se llevarán a cabo durante períodos directamente determinados como las horas críticas de ocupación anticipada.</p> <p>Los intervalos de medición de la temperatura del aire, la temperatura radiante media y la humedad serán de cinco minutos o menos, y los de la velocidad del aire serán de tres minutos o menos.</p>	El periodo de medición se realizó durante 24h continuas con una frecuencia de muestreo de 0.5h (30 minutos).
ISO 16000 Parte 26 – Aire interior: Estrategia de muestreo para dióxido de carbono CO_2 (2017)	<p>Si se va a investigar si en una habitación prevalecen condiciones higiénicamente seguras con respecto a la concentración de CO_2, la concentración se registra continuamente durante un tiempo determinado durante el uso previsto (ocupación por personas) de la habitación.</p> <p>La medición se inicia después de que la habitación se haya ventilado enérgicamente, de modo que el punto de partida resultante sea la concentración de CO_2 del aire ambiente.</p>	El periodo de medición se realizó durante 24h continuas con una frecuencia de muestreo de 1h (60 minutos).

Fuente: elaboración propia en base a ASHRAE 55 (2017) e ISO 16000 (2017)

A.2 ERRORES DE MEDICIÓN

La fase 1 de pruebas piloto en ésta investigación, se caracteriza por los errores de medición encontrados durante el proceso de monitoreo, y las correcciones correspondientes para la obtención de resultados precisos y en base a la normatividad.

En relación a la variable de TBS y HR en exterior, se propuso instalar el instrumento con orientación hacia el sur del aula preescolar, en una zona restringida en la cual se pudieran evitar alteraciones en las mediciones por niños o personal educativo, sin embargo, como es posible ver en las figuras A8 y A9, los valores podían resultar alterados ya que el instrumento estaba rodeado de metal por medio del cerco perimetral, así como la protección de ventanas por medio de rejillas.



Figura A8, A9. Primera posición de instrumento para TBS y HR exterior.
Fuente. Fotografías tomadas por el autor.

Por lo anterior, se modificó la orientación en la posición del instrumento, y se colocó en orientación al norte, en una zona alejada de la concentración de los usuarios del patio central del espacio preescolar, a una distancia de 1 m del muro exterior del edificio adyacente, como se muestra en la figura A10.



Figura A10. Posición final de instrumento para TBS y HR exterior.
Fuente. Fotografía tomada por el autor

Para la variable de iluminancia, primero se realizaron mediciones sólo en interior, con luz natural (ventanas descubiertas y luminarias apagadas) y con luz artificial (ventanas cubiertas y luminarias encendidas). Para éste último, se cubrieron las ventanas por medio de una tela gruesa en color gris oscuro, para obtener oscuridad total, con un valor obtenido en todo el recinto de 1 lux, tal como se muestra en la figura A11.



Figura A11. Instalación de tela en ventanas del aula preescolar.
Fuente. Fotografía tomada por el autor

Debido a la complejidad de la instalación de las telas, y a la falta de precisión de los datos, se modificó el procedimiento para la evaluación de iluminación del aula preescolar, por lo que, las variables evaluadas fueron la iluminancia total del recinto, por medio de cálculos para la obtención del índice de local, iluminancia media y curvas de isolux, así como la ampliación de la cuadrícula marcada en el interior del aula, con la finalidad definir los puntos que cumplen la norma internacional.

En el caso de la temperatura radiante, al ser un ambiente heterogéneo, en el cual, la temperatura del aire no es constante, por lo que puede haber oscilaciones marcadas entre las diferentes alturas medidas, la norma ISO 7726 (2006) explica que dichas mediciones deben ser efectuadas en tres alturas diferentes: cabeza, abdomen y tobillos.

Por lo anterior, fue necesario cambiar de prototipo de pedestal para sostener tres instrumentos de globo negro en tres alturas, y así efectuar las mediciones de manera simultánea. De igual manera, al evaluar un espacio con usuarios infantiles, se tomó en consideración las alturas correspondientes a una persona en posición sentada (figura A12).



Figura A12. Prototipo final para mediciones de globo negro.
Fuente. Fotografía tomada por el autor

ANEXO B: PRUEBAS PILOTO, FASE 2

Las pruebas piloto fase 2, se realizaron con el fin de hacer correcciones en el posicionamiento y uso de la instrumentación de acuerdo a las necesidades de la investigación que se presentaron en las pruebas piloto fase 1.

Esta segunda fase, se realizó en las dos unidades de análisis seleccionadas, una vez admitido el acceso de la segunda unidad de análisis del sector público. El periodo de las pruebas se realizó en las primeras 2 semanas de junio, para posteriormente realizar el monitoreo continuo en periodo crítico de verano.

La manera en la que se inició la segunda fase de las pruebas piloto, fue por medio de la selección de variables que requerían un proceso detallado de instalación y registro de datos, de acuerdo a lo previsto en la fase 1, por medio de las estrategias de monitoreo y errores de medición encontrados descritos en el anexo A, por lo que la primera prueba, consistió en el registro de la variable de iluminancia.

Para esta variable, fue necesario un equipo auxiliar de mínimo de dos personas, ya que el tiempo permitido para estar dentro de las instalaciones y mover la mayor parte del mobiliario para realizar el registro fue de un máximo de treinta minutos en el caso del Preescolar B, el cual fue seleccionado para iniciar las pruebas en esta fase.

Se inició el proceso con el marcado de una cuadrícula de un mínimo de 5 cuadros a lo largo y a lo ancho del recinto, con un total de 25 puntos de medición, de acuerdo al índice de local, para posteriormente, determinar la iluminancia media, descrito por estudios especializados, como la Guía práctica sobre la iluminación en ambiente laboral, de la Superintendencia de riesgos de trabajo, desarrollado en Argentina, en 2012.

En éste caso (preescolar B), el registro de los puntos marcados se realizó a una altura aproximada de 1.10 metros, a la altura del diafragma de un adulto y no al plano horizontal de trabajo de un infante, esto, debido a la practicidad por el límite de tiempo para hacer las mediciones.

El registro de datos se realizó con una persona en el interior del recinto, la cual sostuvo el instrumento hacia arriba, de tal manera que recibiera la luz total (persona 1) y otra persona, la cual registró los datos obtenidos por cada punto (persona 2).

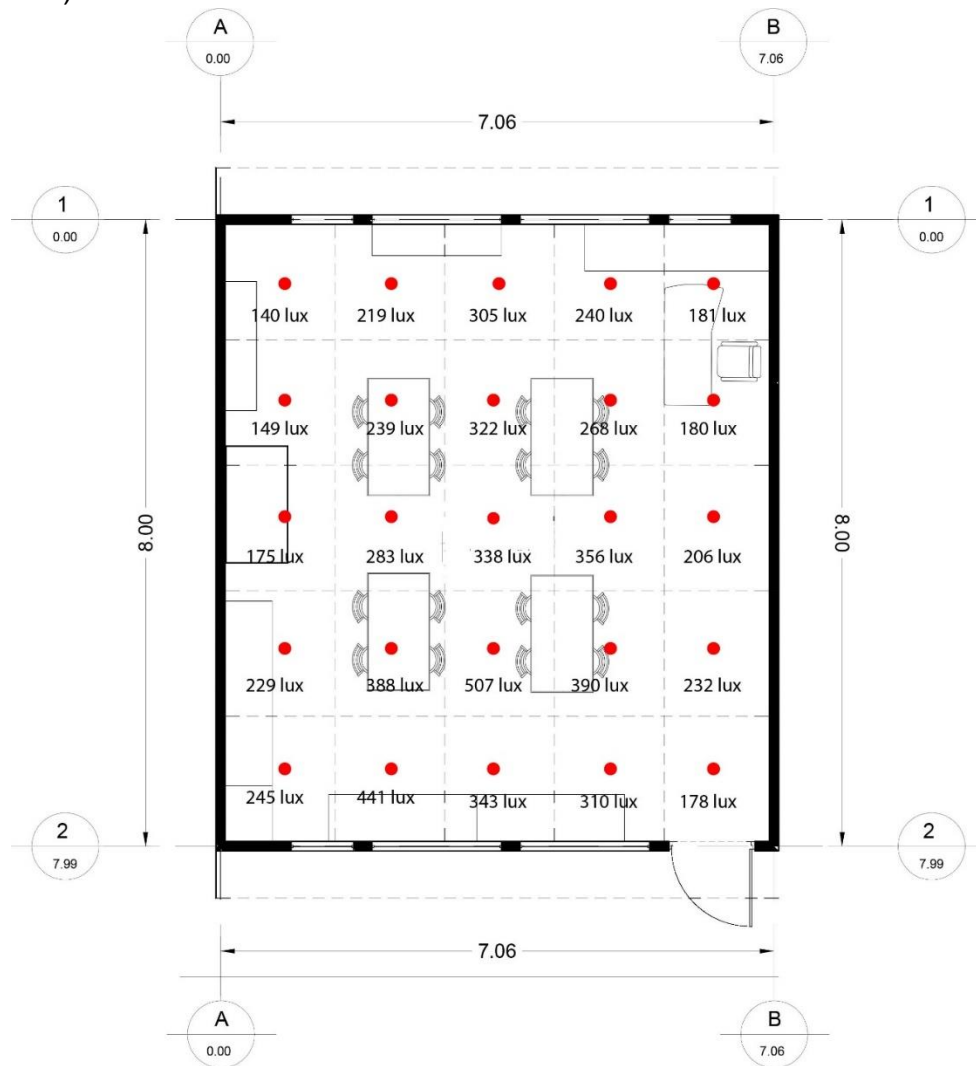


Figura B1. División del aula preescolar B en relación a la variable de iluminancia.
Fuente: Elaboración propia.

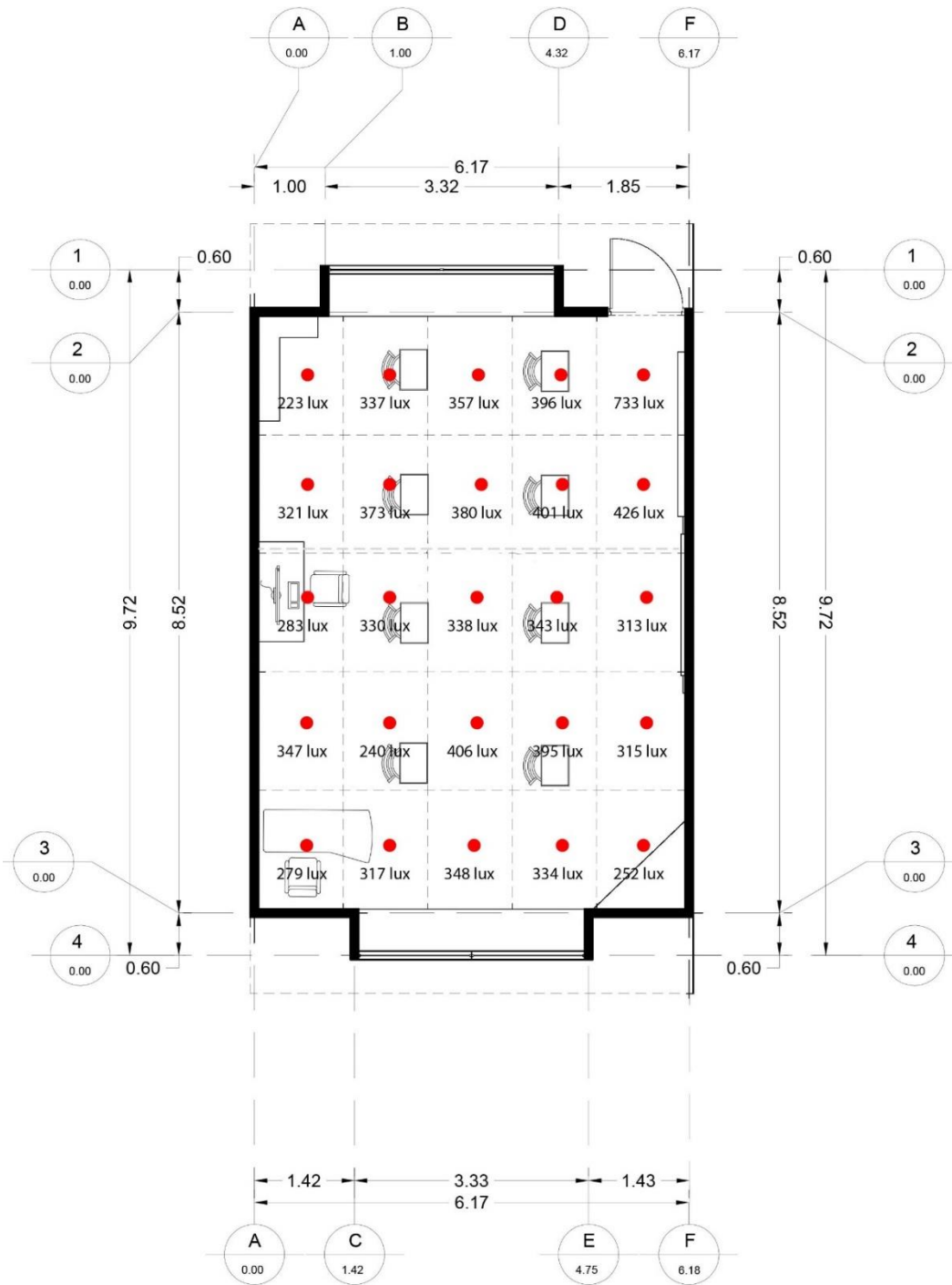


Figura B2. División del aula preescolar B en relación a la variable de iluminancia
Fuente: Elaboración propia.

En el caso del preescolar A, se realizó el mismo procedimiento que en el preescolar B. En este caso, el registro de los datos por puntos de medición se realizó a una altura aproximada de 50 centímetros, en referencia a la altura del plano horizontal de trabajo de un infante, ya que en ésta unidad de análisis (preescolar A), fue posible realizar movimientos del mobiliario por tener mayor disponibilidad de tiempo (Figura B2).

Debido a los límites de tiempo mencionados con anterioridad, en el caso del preescolar B, el acceso permitido fue durante la hora de receso de los niños, por lo que se realizó en horarios de actividades escolares, entre las 10:30 a 11:00 horas. En el caso del preescolar A, el acceso permitido fue después de las actividades escolares, por lo que se realizó en horarios de las 16:00 a las 17:00 horas.

Con los datos obtenidos, se realizó un cálculo para determinar el índice del local, de acuerdo a la fórmula:

$$\text{índice del local} = \frac{\text{Ancho x Largo}}{\text{Altura de montaje (Ancho + Largo)}}$$

En donde el ancho y largo, es en referencia a las medidas del aula preescolar, y la altura del montaje, es la distancia entre la luminaria instalada y el plano horizontal de trabajo.

Un cálculo para determinar la iluminancia media, de acuerdo a la fórmula:

$$E_{\text{Media}} = \frac{\Sigma \text{ de valores medidos (Lux)}}{\text{Cantidad de puntos medidos}}$$

Y, el método geométrico matemático para la división de un segmento en partes iguales, para la definición e identificación de las curvas de isolux.

Para las variables de TBS y HR interior, en el caso del preescolar A, se instalaron dos pedestales como los descritos en el anexo A.1, en cada lado del recinto, de tal manera que fueran lo menos invasivos posibles a petición de la maestra a cargo, y de acuerdo a la norma, ASHRAE 55 (2017), la cual especifica una distancia de 1 m hacia adentro desde el muro con ventanas, en posición central, en referencia a la ventana más grande. Esto debido a que las mediciones deben tomarse en los lugares donde se estiman u observen valores extremos dentro de los parámetros térmicos (figura B3).



Figura B3. Instalación final de sensores de TBS y HR, preescolar A
Fuente. Fotografía tomada por el autor

En caso contrario, para el preescolar B, se colocó un solo sensor en el centro geométrico del espacio, en la búsqueda, y a petición de la maestra a cargo, de ser lo menos invasivos posible para evitar interrupciones en las actividades escolares, por lo que, se ató el sensor a un cordón previamente atado a la viga de acero estructural de la cubierta del recinto (figura B4).



Figura B4. Instalación final de sensor de TBS y HR, preescolar B
Fuente. Fotografía tomada por el autor

Para la parte del monitoreo continuo, los instrumentos previamente colocados para las pruebas piloto, de TBS y HR, se dejaron en la misma posición, y los sensores de las variables de iluminancia, CO_2 y T_r , se colocaron en conjunto, en una zona no invasiva, seleccionada por la maestra a cargo y en referencia a la normativa (Figuras B5 y B6).



Figura B5. Instalación final de sensores de iluminancia, CO_2 y T_r , preescolar A
Fuente. Fotografía tomada por el autor



Figura B6. Instalación final de sensores de iluminancia, CO_2 y T_r , preescolar B
Fuente. Fotografía tomada por el autor



ARQ. ANA TERESA SOBERANES LÓPEZ ☯ CONDICIONES DE HABITABILIDAD AMBIENTAL
PARA AULAS DE APRENDIZAJE PREESCOLAR EN CLIMA CÁLIDO SECO-EXTREMOSO ☯
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA ☯ FACULTAD DE ARQUITECTURA Y
DISEÑO ☯ PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA, URBANISMO Y
DISEÑO ☯ UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA