



**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE
ARQUITECTO**

TEMA:

EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO DE LA UNIDAD EDUCATIVA 16
DE ABRIL – AZOGUES

DIRECTOR:

ARQ. FABIAN MOGROVEJO

AUTOR:

ANDREA SALOMÉ ASTUDILLO DELGADO

AZOGUES – ECUADOR

JUNIO 2019

CERTIFICACIÓN

Arq. Fabián Mogrovejo

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICA

Que el presente trabajo de titulación denominado: **“EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO DE LA UNIDAD EDUCATIVA 16 DE ABRIL – AZOGUES”**, desarrollado por la Srta. ANDREA SALOMÉ ASTUDILLO DELGADO, ha sido revisado y autorizado para su presentación.

Arq. Fabián Mogrovejo

DIRECTOR

AUTORÍA

El contenido del presente trabajo de fin de carrera denominado: **“EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO DE LA UNIDAD EDUCATIVA 16 DE ABRIL – AZOGUES”**, es de exclusiva responsabilidad de su autora.

Andrea Salomé Astudillo Delgado
AUTORA

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mi familia, por el apoyo incondicional que me brindaron durante mis años de estudio, por sus excelentes consejos y por alentarme a cumplir mis sueños.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Católica de Cuenca Sede Azogues, Facultad de Arquitectura y Urbanismo y a su personal docente que con dedicación han contribuido a mi formación profesional durante todos estos años.

De manera especial quiero expresar mi profundo agradecimiento al Arq. Fabián Mogrovejo, director del presente trabajo de titulación, por guiarme a lo largo de mi vida universitaria y su tutela en el desarrollo de mi tesis de grado. Ha sido un trabajo en conjunto en el que los dos hemos ido aprendiendo, fue un honor trabajar bajo su dirección.

Gracias a todos los que de una u otra forma han contribuido en este largo proceso de formación.

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza la evaluación del confort térmico de una institución educativa de la ciudad de Azogues, repotenciada en el año 2014 por el Programa Escuelas del Milenio del Ministerio de Educación del Ecuador.

En este estudio se abordan temas como: conceptos básicos de arquitectura bioclimática, la normativa y leyes existentes en el Ecuador respecto a edificios sustentables, centros educativos contemporáneos y Unidades Educativas del Milenio, entre otros.

La tesis se centra en el diagnóstico arquitectónico del edificio, la medición de la temperatura interior y el análisis de los factores del usuario que son los aspectos fundamentales para la evaluación, cuya interacción define el confort térmico de la institución educativa en cuestión.

En cuanto al software utilizado para la evaluación del confort térmico, se habla de manera general del programa “Ecotec” utilizado a nivel mundial para la medición del confort térmico en edificaciones,

Los resultados obtenidos demostraron la comprobación parcial de la hipótesis, ya que, el 70% de las aulas estudiadas están dentro del rango de confort térmico, a partir de los datos obtenidos, se propuso un conjunto de recomendaciones básicas para superar una parte de los problemas presentados en las zonas de estudio.

Palabras Clave:

CONFORT, TÉRMICO, SOSTENIBLE, UNIDAD EDUCATIVA

ABSTRACT

The thermal comfort assessment of an educational institution in Azogues was carried out, which was upgraded in 2014 by the Programa Escuelas del Milenio del Ministerio de Educación del Ecuador.

In order to carry out this research, topics such as: basic concepts of bioclimatic architecture, the regulations and existing laws in Ecuador regarding sustainable buildings, contemporary educational centers and Escuelas del Milenio, among others, were addressed.

The thesis focused on the architecture diagnosis of the building, the measurement of the indoor temperature and the analysis of the user factors that are the fundamental aspects for the evaluation, whose interaction defines the thermal comfort of this educational institution.

Regarding the software used for the thermal comfort evaluation, the “Ecotec” program used worldwide for the measurement of thermal comfort in building was generally discussed.

From the data obtained it was possible to establish the conclusions of this particular case, and, additionally, a set of basic recommendations was proposed to overcome a part of the issues showed up in the study areas.

Keywords:

COMFORT, THERMAL, SUSTAINABLE, EDUCATIONAL UNIT.

Índice

1	Generalidades.....	1
1.1	Introducción	1
1.2	Planteamiento del problema	2
1.3	Justificación del problema	3
1.4	Objetivos de la investigación.....	4
	General	4
	Específicos.....	4
1.5	Hipótesis.....	4
1.6	Metodología de la investigación.....	4
2	Marco teórico	7
2.1	Centros educativos contemporáneos.....	7
2.1.1	Centros educativos sustentables.	8
2.1.2	Unidades Educativas del Milenio (UEM).	9
2.1.3	Arquitectura sustentable.	10
2.1.4	Arquitectura bioclimática.	12
2.1.5	Confort térmico.	14
2.1.6	Normativa sobre construcción sustentable en Ecuador.	18
3	Diagnóstico del edificio.....	22
3.1	Levantamiento de información de la unidad educativa 16 de abril.....	22
3.1.1	Reseña histórica escuela “16 de abril”	22
3.1.2	Documentación legal	23
3.1.3	Normativa para escuelas del milenio.....	24
3.2	Planificación sostenible.....	28
3.2.1	Ubicación.....	29
3.2.2	Contexto inmediato	29
3.3	Zonificación general	30

4	Evaluación de confort térmico mediante el software “Ecotec”	35
4.1.	Software para el análisis térmico “Ecotec”	35
4.2.	Espacios a analizar	36
4.3.	Zonas Térmicas	38
4.4.	Factores del ambiente	41
4.4.1	Frecuencia y dirección del viento.....	41
4.4.2	Recorrido solar	45
4.4.3	Temperatura del aire	49
4.4.4	Humedad relativa.....	51
4.5.	Factores del usuario	52
4.5.1	Metabolismo	53
4.5.2	Vestimenta	55
4.6.	Evaluación.....	58
4.7.	Resultados	60
5	Conclusiones	65
6	Recomendaciones	68
7	Bibliografía	71
8	Anexos	74

Tablas

Tabla 1 Normativa y proyectos del Ecuador sobre arquitectura sustentable según orden cronológico	19
Tabla 2.- Pliegos del contrato - Estudios para la consultoría.....	24
Tabla 3.- Tipologías de unidades educativas del milenio	25
Tabla 4.- Normas técnicas y estándares de infraestructura educativa	27
Tabla 5.- Normas técnicas para el diseño de ambientes educativos	27
Tabla 6.- Resumen de referencias para las aulas de clase	28
Tabla 7.- Zonificación general – Funcionalidad	32
Tabla 8.- Especificaciones de los materiales	40
Tabla 9.- Datos generales de la ficha climatológica de Azogues	42
Tabla 10.- Calor metabólico generado en diferentes actividades.	54
Tabla 11.- Aislamiento térmico de diferentes conjuntos de ropa	56
Tabla 12.- Número de estudiantes en cada zona térmica.....	59
Tabla 13.- Resultados de la evaluación	62

Ilustraciones

Ilustración 1.- Modelo de encuesta	6
Ilustración 2.- Vista general de la escuela	10
Ilustración 3.- Muros con latas y tierra	10
Ilustración 4.- Tragaluz para calentar el espacio	10
Ilustración 5.- Taludes hechos con llantas recicladas	10
Ilustración 6.- Factores de la arquitectura bioclimática	13
Ilustración 7.- Ubicación de la Unidad Educativa 16 de abril	29
Ilustración 8.- Contexto inmediato	30
Ilustración 9.- Bloques de la Unidad Educativa 16 de abril	31
Ilustración 10.- Zonificación general	32
Ilustración 11.- Comparación de programas para el análisis térmico	35
Ilustración 12.- Espacios a analizar	37
Ilustración 13.- Zonas térmicas	39
Ilustración 14.- Esquema de vientos en las zonas de estudio	44
Ilustración 15.- Muro de piedra fachada posterior del aula 3	45
Ilustración 16.- Muro de piedra visto desde el aula 3	45
Ilustración 17 Estudio de soleamiento	48
Ilustración 18.- Uniforme de diario varones	57
Ilustración 19.- Uniforme de diario mujeres	57
Ilustración 20.- Uniforme de diario mujeres	57
Ilustración 21.-Uniforme de cultura física	57
Ilustración 22.- Uniforme de cultura física	57
Ilustración 23.- Uniforme exterior de cultura física	57

Gráficas

Gráficas 1.- Frecuencia y velocidad promedio anual del viento en Azogues.....	43
Gráficas 2.- Diagrama del recorrido solar	46
Gráficas 3.- Temperatura en la Unidad Educativa 16 de abril – Azogues.....	50
Gráficas 4.- Humedad en la unidad educativa 16 de abril – Azogues.....	51
Gráficas 5.- Resultados de las encuestas de la modalidad matutina.	63
Gráficas 6.- Resultados de las encuestas de la modalidad vespertina	63
Gráficas 7.- Resultados de la evaluación con el software Ecotec.....	63
Gráficas 8.- Resultados de la evaluación con el software Ecotec.....	67

Capítulo 1

Generalidades

1 Generalidades

1.1 Introducción

En el Ecuador, la educación ha experimentado grandes cambios. En los últimos años se ha transformado desde el método de enseñanza, hasta la infraestructura utilizada para esta actividad. Esta última tiene gran importancia para la educación y, por lo tanto, su programación, diseño, construcción, uso y mantenimiento tienen que ser pensados de tal manera que se obtenga el mayor beneficio del proyecto, un ahorro energético y una buena calidad ambiental en el interior de los espacios.

Las nuevas instituciones educativas cumplen con la función para la que han sido designadas, pero su diseño no se fundamenta en criterios de sustentabilidad que posibiliten la creación de un ambiente interior de calidad con buenas condiciones térmicas y mayores beneficios para sus usuarios.

Estamos conscientes del impacto que han provocado los arquitectos al medio ambiente, es por esta razón que se busca alternativas para generar construcciones sustentables. En el presente trabajo se realizará el diagnóstico del confort térmico de una institución educativa de la ciudad, que fue repotenciada en los últimos años por el Gobierno Nacional conjuntamente con el Ministerio de Educación. Los resultados obtenidos de la investigación demuestran la comprobación parcial de la hipótesis, en base a estos se pueden dar recomendaciones tanto administrativas como de diseño para mejorar la calidad ambiental interior de los espacios.

Para empezar la investigación propuesta se deberá abordar temas como: conceptos básicos de arquitectura bioclimática y sustentable, normativa y leyes existentes en el Ecuador respecto a edificios sustentables, emplazamiento y documentación de la institución, todo lo referente al software “Ecotec” utilizado a nivel mundial para la

medición del confort térmico en edificaciones y por último se hablará de recomendaciones que, de ser necesario, pudieran ser aplicadas al edificio.

1.2 Planteamiento del problema

El cambio climático es uno de los principales problemas que enfrenta el mundo en la actualidad. Los cambios en estas condiciones son consecuencia del uso descontrolado de los recursos no renovables. La construcción es la responsable de aproximadamente el 40% del consumo de energía y emisiones de CO₂ en el mundo, lo que ocasiona que este problema se agudice. Esta problemática, ha llevado a que se busquen soluciones desde una perspectiva sostenible para evitar esta mala práctica y poder generar condiciones de confort adecuadas dentro de los edificios, sin necesidad de gastar grandes cantidades de dinero.

Si se habla del Ecuador, uno de los problemas evidentes es la mala calidad de la infraestructura educativa. Los centros educativos que han sido diseñados y construidos recientemente, evidencian una pobre aplicación de criterios de sustentabilidad en su diseño arquitectónico, por lo que se supone son espacios con mala calidad ambiental interior.

Actualmente, no se entiende que la arquitectura debe adaptarse a una realidad cambiante, se tiene un modelo preconcebido de establecimientos educativos en los que, las fachadas se reducen a un muro alto que se cierra a la ciudad, en el que el contexto físico del sitio donde se emplaza, no tiene mayor relevancia, tampoco se piensa en estrategias de diseño para generar espacios que optimicen al máximo los recursos naturales existentes en la zona.

El problema que se ha analizado en el presente trabajo será: “El inadecuado confort térmico en el interior de las aulas de la Unidad Educativa 16 de abril, que se produce por

falta de criterios de sustentabilidad en el diseño arquitectónico”. Esto se evidencia en la inexistencia de un estudio bioclimático o sustentabilidad al momento de la consultoría del proyecto. Se puede suponer que al momento del diseño del nuevo proyecto no se pensó en la posibilidad de modificar los bloques existentes de tal manera que se pueda obtener el mayor provecho de los factores ambientales.

En el país aún no se tiene una conciencia ambiental arraigada. Es preocupante ver como los profesionales y, en este caso, las entidades públicas no ponen interés en el aspecto medio ambiental del proyecto, ni siquiera en generar buenas condiciones de confort térmico en espacios en los que los niños y jóvenes pasan alrededor de 8 horas diarias. El reto actual es incorporar el diseño sustentable dentro la gestión de los proyectos de construcción tanto públicos como privados.

1.3 Justificación del problema

El diagnóstico del confort térmico en centros educativos es un tema que ha sido poco estudiado en el país, peor aún si hablamos de la ciudad de Azogues, es por esto que resulta acertada la realización del presente estudio.

En la ciudad existen diversos centros educativos que tienen varios años de antigüedad, algunos, hasta 100 años. Para la investigación propuesta, es pertinente analizar la Unidad Educativa 16 de abril, ya que esta fue repotenciada en los últimos años.

A más de aportar a la ciudad, la investigación propuesta tiene un aporte académico institucional, ya que será uno de los primeros trabajos en esta línea de investigación, abriendo paso a futuros estudios relacionados con este tema y generando una base teórica que pueda servir de guía para personas interesadas en la arquitectura sustentable y en proyectos de instituciones educativas.

1.4 Objetivos de la investigación

General

Evaluar el confort térmico de la Unidad Educativa 16 de abril.

Específicos

- Elaborar el marco teórico que contenga conceptos básicos sobre arquitectura sustentable aplicados a centros educativos.
- Diagnosticar el edificio: Emplazamiento, infraestructura, diseño arquitectónico y documentación legal como condicionantes del confort térmico.
- Evaluar el comportamiento térmico actual de las aulas de clase mediante el software “Ecotec”.

1.5 Hipótesis

“La solución arquitectónica de la Unidad Educativa 16 de abril genera bajas condiciones de confort térmico en las aulas de clase”.

1.6 Metodología de la investigación

La metodología empleada en este estudio es de carácter mixto, ya que, se realizan encuestas, descripciones y una evaluación mediante el software “Ecotec” para determinar el confort térmico en las aulas.

A continuación, se explicará brevemente cada uno de las técnicas que se utilizan para la investigación propuesta:

Metodología mixta. -Se entiende como metodología mixta a un conjunto de procesos que implican la recolección y el análisis de datos tanto cuantitativos como cualitativos para lograr un mayor entendimiento de los aspectos a investigar.

Encuestas (cuantitativo). - Las encuestas son un método de investigación y recopilación de datos que se utilizan para obtener información de los alumnos del plantel sobre el confort térmico de sus aulas.

Luego de haber analizado la población y posterior a aplicar una fórmula para calcular la muestra de personas que serán encuestadas, se obtuvo como resultado que deben aplicarse un total de 148 encuestas, este valor será dividido en ocho paralelos de la modalidad matutina y vespertina.

Se estimó como margen de confiabilidad un 75%, ya que, los estudiantes no conocen mucho del tema y las respuestas no son del todo veraces. Los resultados de la encuesta aplicadas se observarán en los anexos.

A continuación, se presentará el modelo de la encuesta entregada a los estudiantes.

Ilustración 1.- Modelo de encuesta

Encuesta sobre el confort térmico en la "Unidad Educativa 16 de abril"

Indicación. - Encierre en un círculo la respuesta correcta, solo una respuesta podrá ser seleccionada en cada pregunta.

Cuestionario

1. **Edad**
 - a) 10 – 11 años
 - b) 12 – 13 años
 - c) 14 – 15 años
 - c) 13:00pm a 15:30pm
 - d) 16:00pm a 16:00pm
2. **Horario en el que Ud. estudia**
 - a) Matutina (7:00am a 13:00pm)
 - b) Vespertina (13:00pm a 18:00pm)
3. **Considera Ud. Que su salón de clases es:**
 - a) Muy caluroso
 - b) Caluroso
 - c) Fresco
 - d) Frio
 - e) Muy frio
4. **En algún momento del día, la luz del sol es intensa en el interior de su aula**
 - a) Si
 - b) No
5. **Si su respuesta fue afirmativa, indique en que horas es más intensa la luz del sol**
 - a) 7:00am a 10:00am
 - b) 10:30am a 13:00pm
6. **¿Cómo le gustaría que fuera su salón de clases?**
 - a) Más caliente
 - b) Más frio
 - c) Tal y como esta
7. **Tipo de vestimenta con que le va regularmente**
 - a) Uniforme escolar
 - b) Uniforme escolar y una bufanda
 - c) Uniforme escolar y una casaca extra
8. **Ud. Se enferma frecuentemente de problemas respiratorios?**
 - a) Si
 - b) No
9. **Si su respuesta fue afirmativa. Qué enfermedad presenta Ud. ¿Con más frecuencia?**
 - a) Resfriados
 - b) Dolor de garganta
 - c) Tos

Elaborado por: El autor de la tesis.

Descripción (cualitativo). - La descripción aporta información sobre alguien o algo, con diferentes niveles de detalle, esto es necesario para la investigación, ya que, existe partes que deberán ser descritas mediante texto o diagramas para su mejor comprensión.

Software "Ecotec" (cualitativo y cuantitativo). - El comportamiento térmico del edificio puede ser evaluado mediante Ecotect ya que reúne características importantes para el desarrollo del presente proyecto. Mediante el software se realiza un estudio detallado de los factores climáticos locales que influyen en el análisis del confort térmico y estrategias de diseño pasivo para futuras intervenciones en el edificio.

Capítulo 2

Marco teórico

2 Marco teórico

El proceso de diseño y construcción de una edificación sustentable es algo complejo, ya que se debe tener en cuenta varios aspectos que intervienen como la interacción social, la parte económica y ambiental.

En el presente capítulo se expone una base teórica y el estado de arte sobre centros educativos contemporáneos, sobre la arquitectura sustentable y bioclimática, el confort térmico y la legislación vigente en Ecuador referente a edificios educativos, para lograr que todas las personas, independientemente de su profesión, tengan una idea general de lo que engloba esta investigación.

2.1 Centros educativos contemporáneos.

Los centros educativos contemporáneos proponen en su diseño nuevas formas de distribución de los espacios. En estos edificios se introducen conceptos como: la sostenibilidad que básicamente se refiere al empleo de fuentes de energía renovables y a materiales que sean amigables con el medio ambiente; también se habla de la construcción abierta que se refiere a las edificaciones están en armonía con su entorno.

Entre los conceptos que son parte de este tipo de arquitectura, se encuentran el de “Ciudadelas educativas” que se refiere a. “Complejos arquitectónicos que integran aulas de clase, canchas deportivas, bibliotecas, auditorio, restaurantes, cafeterías entre otros, que son financiadas por el Estado y entregadas en concesión a la empresa privada para su construcción” (pedagógica, 2017).

El entender que los centros educativos contemporáneos se conciben con nuevas formas de diseñar espacios pensando en la sustentabilidad y el aprovechamiento de los recursos naturales, es de gran importancia, ya que, amplía la visión que se tiene en el país

al momento de diseñar centros educativos sustentables procurando crear espacios más confortables para los usuarios.

2.1.1 Centros educativos sustentables.

La importancia de los centros educativos radica en que. “Constituyen el punto de partida donde se inician los procesos de socialización y aprendizaje” (Reyes, 2008). Es por esta razón que se debe intentar que, tanto, la parte interior como exterior de los edificios estén en relación con los factores naturales que lo rodean.

Por lo tanto, es de gran importancia tener una nueva idea de los edificios educativos, en donde se planteen respuestas arquitectónicas basados en una realidad cambiante, en la que los proyectos ya no sigan los prototipos de una edificación en serie, sino que estén pensados de acuerdo a las necesidades de cada lugar, buscando la creación de ambientes sanos y adecuados para los usuarios.

Recientemente en el diseño de centros educativos, un aspecto que ha tenido mucha importancia es la comodidad, tanto para los alumnos como para los maestros. Estos deben ser espacios en los que la luz natural y la ventilación tienen un papel fundamental, para que las actividades que se lleven a cabo en ese lugar sean eficientes y de calidad. Existen varios autores que afirman que. “Generar edificios sustentables y con buenas condiciones de confort térmico influye directamente con el rendimiento de los usuarios en las diferentes actividades que realicen” (Trebilcock Kelly, Soto Muñoz, Figueroa San Martin, & Piderit Moreno, Metodología para el diseño de edificios educacionales confortables y resilientes, 2016, pág. 70).

Existe poca investigación sobre la aplicación y eficiencia de edificios creados bajo los modelos educativos centrados en la sustentabilidad, si se habla del Ecuador aun no existen edificaciones educativas creadas bajo criterios bioclimáticos, aun sabiendo que varios

estudios resaltan los efectos favorables que han tenido estos modelos entre estudiantes y maestros.

(Gerald A. Lieberman, 1998), por ejemplo. “Reporta los beneficios en el desempeño y disciplina estudiantil, luego de aplicar el modelo pedagógico “Environment as an Integrating Context for Learning”, que se refiere a vincular la enseñanza con el medio ambiente, esto fue aplicado en cuarenta escuelas seleccionadas de Estados Unidos dando muy buenos resultados.

Existe un ejemplo que valida la teoría de que se puede generar buenas condiciones de confort si se aprovechan los factores climáticos y los factores ambientales del lugar. En Uruguay, está ubicada la primera escuela sustentable de Latinoamérica (ver ilustración 2). Esta abarca todos los principios de la sustentabilidad y genera un ambiente de calidad en el interior del edificio. Este proyecto conocido como “Escuela sustentable”, fue diseñado por el grupo TAGMA, con ayuda del arquitecto norteamericano Michael Reynolds y consiste en “construir una red de escuelas públicas autosuficientes en cada país de, Latinoamérica utilizando un método para generar edificios totalmente autosuficientes y confortables para sus habitantes” (Tagma, 2016).

El edificio aplica varias estrategias de diseño pasivo, para obtener un confort térmico adecuado para los estudiantes. Algunas de las estrategias que aplica son:

- Para la construcción del edificio de 270 m² se utilizó aproximadamente un 60% de materiales reciclados (cubiertas, botellas de plástico y de vidrio, latas y cartón) y un 40% de materiales tradicionales (ver ilustración 3).
- Fue construida con el método “earthship o (navetierra)”, que busca obtener el máximo aprovechamiento de la energía del sol, del agua, del viento y de la tierra.

- La envolvente del edificio está pensada para permitir la entrada de luz por lo que se abre al norte, aprovechando al máximo la luz y la energía solar a través de un ancho corredor vidriado que climatiza de manera natural la escuela (ver ilustración 4).
- Al sur, el edificio se cierra con un muro de contención, hecho con sacos rellenos de arena que contiene el talud (ver ilustración 5). Esta estrategia, además de aumentar la inercia térmica, permite implantar tubos que provocan en verano, una ventilación cruzada a través de las aulas y en invierno, el calor provocado por el efecto invernadero del corredor norte permite climatizar las aulas.

Ilustración 2.- Vista general de la escuela



Recuperado de: (Tagma, 2016)

Ilustración 3.- Muros con latas y tierra



Recuperado de: (Tagma, 2016)

Ilustración 4.- Tragaluz para calentar el espacio



Recuperado de: (Tagma, 2016)

Ilustración 5.- Taludes hechos con llantas recicladas



Recuperado de : (Tagma, 2016)

Este ejemplo es una clara muestra de la aplicación correcta de estrategias de diseño pasivo para generar condiciones de confort térmico adecuadas que no perjudiquen la salud ni el rendimiento de los estudiantes.

El artículo, “Aplicación de arquitectura bioclimática en centros escolares rurales de El Salvador”, publicado por (Fernández, 2010), analiza la infraestructura educativa, cuestionando los diseños tipo, que generan edificaciones que no responden a las necesidades reales que tiene cada lugar y proyecto, en las que no se toma en cuenta los factores naturales como la topografía, dirección de los vientos dominantes, dirección del sol y la vegetación existente, elementos que son fundamentales para la arquitectura bioclimática.

Una reflexión acertada dice que “no existen soluciones universales en la construcción de escuelas primarias, como si se tratara de recetas de cocina previamente elaboradas; es necesario entonces compenetrarnos del problema; solo así se puede ofrecer una respuesta adecuada y específica” (Fernández, 2010).

El artículo, “Climatización de espacios arquitectónicos internos por medios bioclimáticos” en el Centro Regional Santa Ana de ITCA–FEPADE (Chávez Juárez, 2009) sirve de guía para la investigación, consistió en un estudio de diseño y remodelación de un aula para convertirla en bioclimática.

El propósito de este proyecto fue un diseño en el que intervinieran componentes bioclimáticos, de tal forma que la temperatura interna fuera regulada sin la utilización de equipos eléctricos. Se busca solucionar los problemas de diseño tradicional, de tal manera que el espacio se adapte al clima en el que se encuentra, ahorrando energía, mejorando la calidad ambiental interior y aportando mayores niveles de confort a los alumnos. El resultado de este proyecto podría ser utilizado como modelo en aulas bioclimáticas para escuelas.

Con los ejemplos expuestos es evidente que en otros países ya se están tomando en cuenta estrategias de diseño pasivo para crear espacios educativos con condiciones de

confort adecuadas para los estudiantes, con esta información se tiene una idea general de cuáles son las acciones que se puede implementar al momento de diseñar estos espacios de este tipo.

2.1.2 Unidades Educativas del Milenio (UEM).

El proyecto impulsado por el Gobierno Nacional del Ecuador conjuntamente con el Ministerio de Educación “Unidad Educativa del Milenio” (UEM) surge “con el afán de mejorar la calidad de la educación pública y garantizar el acceso de la población escolar de las zonas rurales a los servicios educativos” (Zapata, 2017).

El propósito de la UEM es “mejorar la calidad de los servicios educativos creando infraestructura educativa integral, con innovadores recursos físicos y tecnológicos” (Zapata, 2017).

En teoría las UEM son infraestructuras educativas públicas, resultado de la absorción de escuelas pequeñas (rurales, comunales, barriales, etc). Cuentan con equipamientos modernos, tecnología de punta y aulas con ambientes temáticos para la comodidad de los niños.

Inicialmente estas infraestructuras respondían a un análisis previo del entorno en donde se las iba a implantar, dando como resultando edificaciones que estaban en armonía con su entorno inmediato (ambiental, social, cultural, etc.), estas se diseñaban y construían dependiendo de los materiales y técnicas constructivas propias de cada lugar. Pero tiempo después mediante Acuerdo No. 0483-12, el Ministerio de Educación entrega las “Normas técnicas y estándares de infraestructura educativa” de cumplimiento obligatorio para las futuras intervenciones en las instituciones educativas públicas.

La concepción inicial de las UEM era buena, ya que, para diseñar sus proyectos entendían el entorno general del lugar en el que se iban a emplazar, sin embargo, el

momento en el que el Ministerio de Educación emitió las normas generales para la construcción de estos espacios se volvieron edificios de concreto colocados en cualquier lugar sin pensar en el aprovechamiento de las condiciones naturales, tampoco se toma en cuenta la realización de estudios bioclimáticos, que son indispensables, ya que, en el país se tienen diferentes pisos climáticos y los diseños deberían responder a cada uno de estos. Por esta razón se empiezan a generar espacios educativos que cumplen con las normas técnicas, pero no responden a las características climáticas del lugar en el que se emplazan.

2.1.3 Arquitectura sustentable.

Para comprender que es arquitectura sustentable primero se tiene que saber de manera general lo que significa la sustentabilidad y con qué aspectos está relacionada. Según, (Fedrizzi, 2016) “la sustentabilidad significa crear lugares que sean ambientalmente responsables, saludables, equitativos y rentables, (...). La sustentabilidad está directamente relacionada con la sostenibilidad de los asentamientos humanos y del medio ambiente, con el objeto de mejorar las condiciones de vida de la gente”.

(Edwards, 2014) afirma que. “El concepto de sostenibilidad engloba, toda actividad humana (...). Diseñar de forma sostenible también significa crear espacios que sean saludables, viables económicamente y sensibles con las necesidades sociales”.

Entendiendo lo que significa la sustentabilidad, es momento de conocer el origen de la arquitectura sustentable como tal. El concepto de arquitectura sustentable proviene del “desarrollo sostenible”, del cual se habla por primera vez en 1987 en el informe “Nuestro futuro común”, conocido como el “Informe Brundtland” de las Naciones Unidas. En este se define el desarrollo sostenible como: “el desarrollo que satisface todas las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Brundtland, 1987).

A partir de la actual preocupación por el medio ambiente, se han buscado maneras de generar arquitectura con un mínimo impacto medio ambiental, lo que dio lugar al concepto de arquitectura sustentable, que puede entenderse como: “aquella que busca colaborar con la mitigación del cambio climático y mejorar la calidad de vida de los habitantes” (Piacentini, 2013).

En otras palabras, “se denomina arquitectura sustentable a las intervenciones humanas en el medio ambiente (construcciones), que deben de integrar los sistemas, sin abusar de los recursos naturales, ni perjudicar a las futuras generaciones” (Río, 2013).

Según (Heywood, 2015), “la arquitectura sustentable se fundamenta sobre 6 pilares básicos para conseguir la máxima eficiencia”.

Estos pilares son:

1. Optimización de recursos naturales y artificiales empleados en el proyecto.
2. Disminución del consumo energético durante la construcción y funcionamiento de la edificación.
3. Promover el uso de fuentes energéticas naturales.
4. Disminución de residuos y emisiones durante la construcción y funcionamiento de la edificación.
5. Aumento de la calidad de vida de los ocupantes de los edificios al generar una mejor calidad ambiental en el interior de sus espacios.
6. Disminución del mantenimiento y costo de los edificios.

Es importante comprender que los ocupantes de edificios sustentables están expuestos a niveles mucho más bajos de contaminantes y por ende se sienten mucho más cómodos en estos espacios con relación a los ocupantes de los edificios convencionales.

Una investigación realizada en la Universidad Carnegie Mellon demuestra que “estos beneficios pueden traducirse en un 2% a un 16% de aumento de la productividad de trabajadores y estudiantes” (V. Loftness, 2008).

La creación de espacios sustentables tiene un impacto positivo, tanto, en el medio ambiente como en el desempeño de las personas en sus actividades, ya que, mediante la aplicación de la arquitectura sustentable se pueden crear espacios saludables, amigables con el medio ambiente y generar un ahorro energético y económico significativo, todo esto con el fin de mejorar las condiciones de vida de la gente”.

Es de suma importancia que en la actualidad se apliquen criterios de diseño sustentable, ya que, está comprobado científicamente que tener espacios con una buena calidad ambiental interior incrementa el rendimiento de las personas y es saludable para sus usuarios.

2.1.4 Arquitectura bioclimática.

El cambio climático es un tema de preocupación en el mundo entero, es por esta razón que, en la actualidad, se vuelve indispensable la utilización de criterios de la arquitectura bioclimática para el diseño de proyectos arquitectónicos, sin importar la escala que tengan estos, ya que se puede obtener beneficios con respecto al confort térmico, visual y ambiental.

Sobre este tema se tienen varios conceptos que son acertados y pueden ayudar a tener una idea mucho más clara de lo que significa la arquitectura bioclimática. Entre estos tenemos:

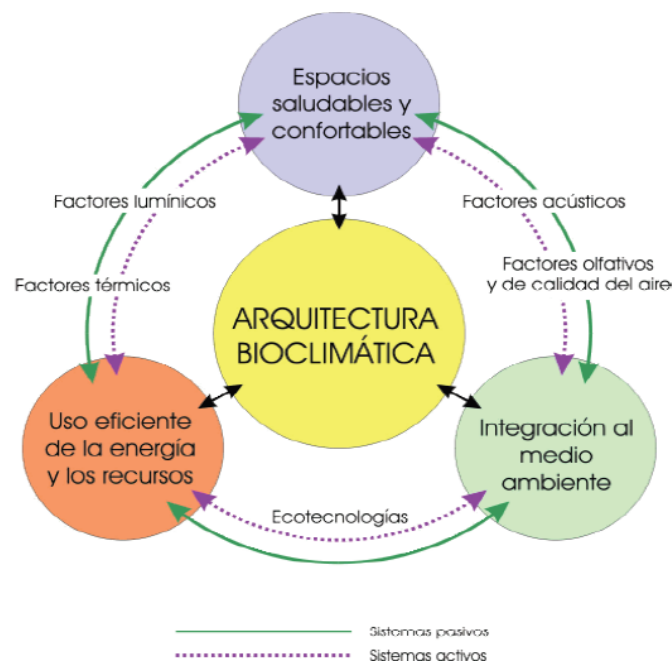
“Arquitectura bioclimática, es la que tiene en cuenta el clima y las condiciones del entorno. Juega con el diseño y los elementos arquitectónicos, aprovechando sus

condiciones para lograr un confort en su interior sin necesidad de usar sistemas de climatización” (Valverde, 2013).

Otra definición nos dice que la arquitectura bioclimática consiste en “el diseño de edificaciones teniendo en cuenta las condiciones climáticas del lugar, valorando aspectos medioambientales relevantes y aprovecha al máximo los recursos disponibles para reducir el consumo de energía y disminuir el impacto medioambiental de la edificación” (Morales, 2018).

Este tipo de arquitectura se enfoca en tres factores que están interconectados entre sí, como se puede observar en la ilustración 6:

Ilustración 6.- Factores de la arquitectura bioclimática



Recuperado de: Tesis (Confort térmico para viviendas en la ciudad de Cuenca).

De manera muy general se puede afirmar que la arquitectura bioclimática considera aspectos como: las condiciones del terreno, el recorrido del sol (este - oeste), la dirección de los vientos y la humedad del ambiente.

La arquitectura bioclimática está vinculada directamente con la salubridad de los edificios, puesto que, a través de un mejor confort térmico, el control de los niveles de

CO2 en el interior, una mayor iluminación y la utilización de materiales de construcción no tóxicos se puede generar espacios saludables y más limpios para los ocupantes, lo que reduciría en riesgo de contraer enfermedades. Esta se rige bajo 4 principios básicos:

- La creación de espacios más saludables para los residentes y usuarios.
- La eficiencia energética durante la vida útil de la edificación.
- La minimización de los residuos durante su construcción y su funcionamiento.
- El uso frecuente de fuentes de energías renovables y de materiales que no causen daño al medio ambiente.

Después de conocer de manera general lo que implica la arquitectura bioclimática podemos decir que “el proceso de diseño de la arquitectura bioclimática es como una sucesión de decisiones para optimizar la relación entre la gente y el clima, a través del sitio, lo construido, la vegetación y el equipamiento” (Ugarte, 2013).

Todos los conceptos expuestos tienen un mismo fin, crear edificaciones que garanticen un máximo confort en el interior de sus espacios, con el mínimo gasto energético y aprovechando las condiciones climáticas del lugar. Se debe destacar que si bien la arquitectura bioclimática tiene una realización local su beneficio es global.

2.1.5 Confort térmico.

Los arquitectos y planificadores deben entender que las personas buscan espacios en los que se sientan cómodas, con buenas condiciones de temperatura e iluminación para poder realizar sus actividades habituales.

Sentir demasiado calor o demasiado frío, tener una mala iluminación o no poder mirar al exterior a través de una ventana puede causar estrés, repercutir en la calidad de vida de los usuarios y por ende afectar el rendimiento en sus actividades. Es por esta razón que es importante entender qué “el confort es esencial para la creación de ambientes humanos

saludables y debe englobar los aspectos térmicos, de humedad, ventilación e iluminación (...). La ausencia de condiciones de confort adecuadas favorece el desarrollo de moho y bacterias” (Edwards, 2014).

Se dice que “puede considerarse que un entorno es razonablemente confortable si, el 80% de sus ocupantes se sienten a gusto desde el punto de vista térmico” (Designing Buildings, 2015).

Existen varios aspectos que influyen para que un ambiente tenga un adecuado confort térmico, lo que propiciará que la calidad ambiental interior de los espacios sea buena. Entre los aspectos que influyen tenemos: la temperatura, la humedad y el movimiento del aire. Por ejemplo, un área puede tener la temperatura adecuada, pero si el aire no circula de la manera correcta las personas no se sentirán cómodas. Una ventana operable puede hacer que los usuarios se sientan más cómodos que en un ambiente sellado que se mantiene a la temperatura ideal, simplemente por el hecho de que sienten control sobre el ambiente. Por lo tanto, “se entiende que el confort térmico es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico” (Moyano, 2012).

También el confort se puede definir como “la percepción de bienestar y comodidad que el ser humano tiene en un determinado ambiente, en el que se involucran parámetros ambientales de confort y factores de confort del usuario” (Espejo, 2014).

El confort térmico en la arquitectura bioclimática, trata de aprovechar el clima y las condiciones del entorno, a fin de generar un adecuado confort en su interior. También juega con el diseño y los elementos básicos de la arquitectura, sin la necesidad de que estos sean muy difíciles de aplicar.

Un concepto más técnico según la norma ISO 7730 indica que “el confort térmico es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico” (ISO 7730, 2006).

El brindar conceptos generales sobre el confort térmico tiene como objetivo dar a conocer los parámetros que ayudarán a valorar las condiciones microclimáticas de un espacio y determinar si son adecuados para el uso del ser humano.

Para esto se necesita de ciertos factores de confort que se entienden como las características de los usuarios del espacio y de parámetros de confort que son aquellas características del espacio determinado.

Factores de confort:

- Biológico - fisiológicas (edad, sexo, herencia, etc.).
- Sociológicas (tipo de actividad, educación, ambiente familiar, moda, tipo de alimentación, aclimatación cultural).
- Psicológicas (depende individualmente de cada usuario).

Parámetros ambientales o de confort:

- La temperatura del aire, la radiación, humedad y el movimiento del aire.
- Los parámetros de confort externos que interactúan entre sí para la consecución del confort térmico y que se encuentran representados en las cartas bioclimáticas.

Según (Serra, 2005), la sensación de confort térmico se da en el proceso de producción de calor para compensar las pérdidas hacia el exterior y mantener estable la temperatura corporal.

En este proceso se involucran seis aspectos clasificados en dos factores, estos son los que intervendrán para el análisis en el software:

Factores del usuario:

- Metabolismo.
- Vestimenta.

Factores del ambiente:

- Temperatura del aire.
- Temperatura de radiación.
- Humedad relativa.
- Velocidad del viento.

Diversos autores han discutido el hecho de que “el confort térmico en las aulas escolares tiene un impacto significativo en el rendimiento y la salud de los niños” (Sensharma, Woods y Goodwin 1998; Bluysen 2014), lo que toma aún más importancia cuando se considera que los niños van alrededor de 8 horas diarias a la escuela, es decir pasan más tiempo en este lugar que en cualquier otro edificio, con la excepción de sus casas. Este hecho marca la importancia de alcanzar un ambiente térmico confortable al interior de los establecimientos educativos. Debido a esto, algunas investigaciones recientes han llegado a la conclusión de que los niños son más sensibles a las temperaturas más altas que los adultos.

Según la (NEC cap.13, 2014), “para que exista confort térmico, las edificaciones deben mantenerse dentro del rango de 18 °C a 26 °C temperatura del ambiente”.

Es importante entender lo que significa el confort térmico y cuáles son los aspectos que este engloba para así poder generar espacios con buenas condiciones, que hagan que, las personas se sientan cómodas al trabajar en estos lugares, en donde ellas tengan el

control del ambiente. Al momento de diseñar espacios es indispensable estar conscientes de que la temperatura de un espacio independientemente de la función que cumpla debe estar entre el rango de confort térmico debido a que temperaturas menores o mayores son perjudiciales para la salud.

2.1.6 Normativa sobre construcción sustentable en Ecuador.

La normativa compartida en este punto es resultado de una recopilación general de la legislación del Ecuador en temas de sostenibilidad en la construcción, a través de leyes y proyectos oficiales que están contribuyendo o han contribuido a definir criterios de la sostenibilidad en el país. El conocimiento de la legislación vigente en el Ecuador en el campo de la arquitectura sostenible es de suma importancia para los profesionales, ya que, permite determinar las estrategias de diseño que se deben aplicar en cada proyecto.

En la tabla 1, se muestra un cuadro en el que, según los años de creación están las diferentes leyes y proyectos que se han generado en el país para crear edificios sustentables. Algunas de estas leyes tienen más relevancia que otras para la investigación, sin embargo, resulta importante tener una idea general de todas ellas para conocer cuáles han sido las estrategias que diferentes organismos, tanto públicos como privados, han puesto en marcha para generar construcciones amigables con el medio ambiente.

Tabla 1 Normativa y proyectos del Ecuador sobre arquitectura sustentable según orden cronológico

1992	2003	2007	2008	2009	2010	2011	2013	2014
<p>Arquitectura bioclimática</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manejo de desechos sólidos (EMAC-EP) 	<p>Gestión de desechos sólidos urbanos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ordenanza que regula la gestión de desechos sólidos en Cuenca (EMAC-EP) 	<p>Proyecto de energías renovables</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proyecto de energía eólica en San Cristobal - Galápagos (CELEC) 	<p>Arquitectura bioclimática</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atlas solar del Ecuador (CONELEC) 	<p>Arquitectura bioclimática</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se establece la Norma Técnica Ecuatoriana para la eficiencia energética de edificaciones (INEN) 	<p>Eficiencia energética</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cocinas de inducción 	<p>Arquitectura bioclimática</p> <ul style="list-style-type: none"> • "Energías renovables" Norma Ecuatoriana de Construcción NEC - Cap 14 (MIDUVI Y Cámara de construcción de Quito) 	<p>Gestión de residuos sólidos urbanos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reglamento para el manejo de residuos y desechos de construcción en Cuenca (EMAC-EP) • Certificación ambiental • Sistemas de evaluación ambiental (SEA) 	<p>Categorización Ambiental Nacional</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establece cuatro categorías en base al impacto y riesgo ambiental de los proyectos, obras y actividades.
			<p>Eficiencia energética</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lámparas fluorescentes, rangos de desempeño energético (INEN) 	<p>Eficiencia energética</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rendimiento térmico para colectores solares 	<p>Certificación ambiental</p> <ul style="list-style-type: none"> • Certificación ambiental ecuatoriana "Punto Verde" 			

Elaborado por: El autor de la tesis.

Luego de conocer de forma general la normativa y proyectos que existen en el Ecuador, hablaremos de los que más importancia tienen para la investigación propuesta.

- En el 2009 se establecen las actuaciones sobre las edificaciones que se encuentren en diferentes zonas climáticas del Ecuador con el fin de reducir su consumo energético, todo esto mediante el Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN que estableció la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2506:2009 para la Eficiencia energética en edificaciones: requisitos, y también establecen el rendimiento térmico de colectores solares en sistemas de calentamiento de agua para uso sanitario. NTE INEN 2507:2009.
- En el 2010, el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), crea la Certificación ecuatoriana ambiental “Punto verde” para incentivar a las empresas de producción y servicios del Ecuador, entre estas las que están relacionadas a la construcción, a implementar estrategias de producción más sanas para mitigar el impacto ambiental.
- En 2011 desde el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda y la Cámara de la Construcción de Quito en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC_113, capítulo 13 y el capítulo 14, se fomenta el diseño y construcción de edificaciones bajo puntos de vista de sostenibilidad, eficiencia, buen manejo de recursos, y disminución del consumo de combustibles fósiles. Esta norma se aplica a edificios que van a construirse, y a edificios cuyas modificaciones, remodelaciones o rehabilitaciones sean superiores al 25% de la envolvente del edificio.
- Al tomar conciencia de la problemática ambiental, la empresa privada empieza a dar incentivos y certificaciones para edificios sustentables. Este es el caso de Mutualista Pichincha, que en el 2012 emite una iniciativa con el Sistema de Evaluación

Ambiental SEA, para la construcción de viviendas en Ecuador, en la cual, a las viviendas construidas bajo los parámetros de sustentabilidad se las va valorando, siendo el máximo puntaje 100.

- En el 2013 el CONELEC emite la Regulación no. 001/13 para la utilización de los generadores de energía eléctrica producida con Recursos energéticos renovables no convencionales, en el sector eléctrico del Ecuador. Se establece una lista de precios y un periodo de 15 años de duración. Entre estos tipos de energía se tiene: la energía eólica, solar termoeléctrica, corrientes marinas, biomasa, biogás y geotermia.
- En el 2014 se crea la Categorización ambiental nacional, que establece cuatro categorías para clasificar las edificaciones y proyectos en base al impacto y riesgo ambiental generados por los mismos.

Si bien, en el Ecuador existe una actividad legislativa continua en lo referente a edificaciones sustentables, esto no implica que las entidades públicas y privadas tomen en cuenta estas normativas al momento de realiza el diseño y la construcción de estas infraestructuras, por lo que en el país se debería tener un control mucho más exhaustivo del cumplimiento de estas leyes.

En el país aún no se cuenta con ningún proyecto educativo que tenga certificación LEED (sistema de certificación de edificios desarrollado por el Consejo de construcción verde de Estados Unidos implementado en 1993), o que haya implementado algunas estrategias de diseño bioclimático o sustentable, con esto se resalta aún más la necesidad de concientizar a las personas y profesionales en la construcción sobre estos temas para que en un futuro no muy lejano la necesidad de tener edificios educativos sustentables sea algo imprescindible.

Capítulo 3

Diagnóstico del edificio
de la Unidad Educativa 16 de Abril.

3 Diagnóstico del edificio

3.1 Levantamiento de información de la unidad educativa 16 de abril

En este punto se evidenciarán los datos generales de infraestructura, usuarios, historia y la documentación legal de la institución educativa estudiada.

3.1.1 Reseña histórica escuela “16 de abril”

La Unidad Educativa 16 de abril toma su nombre de la fecha de cantonización de la ciudad de Azogues.

Los estudios para la construcción de esta institución se iniciaron el 19 de agosto de 2013, mediante resolución N° 024 del 5 de junio de 2013, se unificaron dos instituciones contiguas de la ciudad, las escuelas “José Belisario Pacheco” y “Naciones Unidas”.

Los trabajos para la construcción de la Unidad Educativa “16 de abril” iniciaron el 5 de enero del 2015. Estaba previsto que concluyan en ocho meses, sin embargo, debido a la falta de recursos económicos, por varias ocasiones la obra fue paralizada. El proyecto contó con una inversión de 2'186.315 dólares, y estuvo a cargo de la empresa China “Sinohydro”. Luego de dos años de reconstruir la infraestructura la obra fue entregada el 27 de octubre del 2016.

Esta institución es considerada como la escuela de educación básica más grande de la provincia por el número de estudiantes que posee, por sus docentes e infraestructura.

Inicia sus labores en el año lectivo 2016-2017, con una oferta académica de 1ro a 3ero de bachillerato. Existe un paralelo por año de educación, a excepción de decimo, primero, segundo y tercero de bachillerato de los cuales existe tres paralelos de cada uno. La

institución labora en jornada matutina y vespertina, al momento cuenta con un total de 1.000 estudiantes en las dos jornadas de trabajo.

La nueva infraestructura vincula dos edificaciones antiguas, cuenta con un total de 46 aulas, 2 centros de cómputo, 4 aulas para funciones administrativas, con una biblioteca pedagógica, la misma que ya se compartía entre las dos instituciones.

3.1.2 Documentación legal

Analizando los pliegos de la consultoría realizada para el proyecto, se puede observar claramente que no existió un estudio bioclimático ni de sustentabilidad para el diseño y ejecución de este proyecto, por lo que, es evidente que la intención de los contratistas es realizar espacios que cumplan funcionalmente, sin tener en cuenta el confort térmico interior y la habitabilidad de los mismos.

Toda la documentación legal expuesta en este punto será tomada de los pliegos del proyecto (Molina, 2014).

3.1.2.1 Pliegos del contrato

Para poder iniciar las obras, es indispensable disponer de una documentación técnica completa y tener un amplio conocimiento de la misma, por parte de todos los técnicos involucrados en su diseño, ejecución, dirección y control.

Como información técnica mínima que se solicita para la consultoría del proyecto, se deberá contar con los planos arquitectónicos, instalaciones hidrosanitarias, eléctricas, telefónicas, otras especiales, estudio de suelos, memorias de diseño y especificaciones técnicas, documentación que permita al contratista y su personal, el conocimiento de las obras

a ejecutar. En la tabla 2, se muestra, toda la información entregada en físico y digital al contratista.

Tabla 2.- Pliegos del contrato - Estudios para la consultoría

Información	Entregado
Diseño arquitectónico	✓
Diseño estructural	✓
Diseño hidrosanitario	✓
Diseño eléctrico	✓
Diseño electrónico	✓
Detalles constructivos	✓
Volúmenes de Obra	✓
Especificaciones técnicas	✓

Nota: Tomado de Pliegos del proyecto se la Unidad educativa 16 de abril

Como se puede apreciar en la tabla anterior, para la consultoría no se requiere la realización de estudios bioclimáticos, de confort térmico o sustentabilidad, por lo que, se puede llegar a la conclusión de que este proyecto no fue pensado para aprovechar las condiciones naturales del lugar ni generar un menor consumo energético.

3.1.3 Normativa para escuelas del milenio

Es importante en este punto acotar que, si bien, se conoce a la “Unidad educativa 16 de abril” como una UEM, esto no es del todo cierto, ya que, el área que ocupa es demasiado pequeña en comparación a lo reglamentario para estas intervenciones.

Existen diferentes tipos de UEM, estas se diferencian por su capacidad física y por los espacios construidos que cada una tiene, siendo la tipología mayor, la de más metraje

construido. Como se puede ver en la tabla 3; todas estas tipologías sobrepasan a la superficie existente para la implantación del proyecto.

Tabla 3.- Tipologías de unidades educativas del milenio

Descripción	Tipología menor	Tipología mayor
Área de terreno	1.2 ha	1.8 ha
Área de construcción	3.140 m ²	5.014 m ²
Capacidad por jornada	570 alumnos	1.110 alumnos
Número de aulas	22	30
Número de laboratorios	4	4
Área verde	30%	30%

Nota: Tomado de: Servicio de contratación de obra.

La tipología de la institución es: “Unidad educativa de tipología menor”, imposición que fue dada por la Coordinación Zonal de Educación N° 6, ya que, según lo reglamentario, es necesaria un área de 12.918,95 m² para una escuela del milenio, mientras que, en el área a intervenir existe únicamente 4.500 m². Por lo tanto, esta intervención es considerada como una repotenciación de las escuelas existentes.

Mediante el Acuerdo No. 0483-12, el Ministerio de Educación entrega las “Normas Técnicas y Estándares de Infraestructura Educativa” que deberán ser aplicadas en futuras intervenciones de instituciones educativas públicas. Se tiene claro que los modelos arquitectónicos de infraestructura educativa, están en relación directa con la seguridad, el confort, la habitabilidad y el dimensionamiento de la edificación escolar.

- Normas técnicas y estándares de infraestructura educativa. -

Este documento fue emitido el 28 de noviembre del 2012, en la ciudad de Quito. Estas normas y estándares están directamente relacionados con la pedagogía, ya que son un

conjunto de reglas y criterios normativos para diseñar y planificar las edificaciones escolares, con el fin de orientar a los profesionales a optimizar espacios para la adecuada distribución de las unidades educativas.

Este documento también indica cuales han sido las normas en las que se ha basado la estandarización y cuál es el resultado que se espera tomando en cuenta la habitabilidad, la sostenibilidad, el confort interior y el funcionamiento de la infraestructura.

- Estándares arquitectónicos de infraestructura educativa. -

El objetivo principal de los estándares arquitectónicos de infraestructura educativa es brindar seguridad, confort, habitabilidad y dimensionamiento de las edificaciones escolares, satisfaciendo las necesidades de los estudiantes y maestros. Estas se basan en normativas nacionales e internacionales ayudando a definir el área útil de los ambientes de acuerdo a la cantidad de estudiantes que asistan.

En las tablas 4 y 5 se encuentran las normas técnicas que deben ser aplicadas, en estas se puede apreciar el dimensionamiento de todas las áreas que conforma la institución.

Para la presente investigación se resaltaré únicamente la parte que corresponda al dimensionamiento de las aulas de clase, ya que el estudio se centra en el análisis del confort térmico al interior de estos espacios.

Tabla 4.- Normas técnicas y estándares de infraestructura educativa

Estándar unidades educativas nuevas				Estándar unidades educativas existentes	
Unidad	Ambiente	M2/ estudiantes	Capacidad recomendada	M2/ estudiantes	Capacidad recomendada
Modulo de aula pedagógica	Aula educación inicial	2,55	25	2,40 (a)	30
	Aula educación general básica	1,60 – 1,80	35 - 40	1,60 (b)	40
	Aula bachillera general unificado	1,60 – 1,80	35 - 40	1,60 (b)	40

Recuperado de: (Ministerio de Educación del Ecuador, 2012)

Tabla 5.- Normas técnicas para el diseño de ambientes educativos

Normas técnicas para diseño de ambientes educativos					
Ambiente	Capacidad	Área (m2)	Bruta	Área útil (m2)	Normativa
Aula educación inicial	25	72,00		64,00	Min 2,00 m2 Max 2,50 m2
Aula modular para EGB y BGU	35 - 40	72,00		64,00	Min 1,20 m2 Max 1,80 m2

Recuperado de: (Ministerio de Educación del Ecuador, 2012)

La información obtenida de las ilustraciones anteriores es de gran ayuda para la investigación, ya que, permite evaluar si las aulas cumplen con las especificaciones técnicas dictadas por el Ministerio de Educación del Ecuador.

El número de personas y la superficie que ocupa cada una está en relación directa con el confort térmico del lugar.

En la tabla 6, se presenta un resumen en la que se compararan las dimensiones de las aulas de la Unidad Educativa 16 de abril con las dimensiones que se encuentran en las normas técnicas de diseño.

Tabla 6.- Resumen de referencias para las aulas de clase

Zona educativa	Especificación	Normas técnicas de diseño	Unidad Educativa 16 de abril
	Capacidad recomendada	30 estudiantes	30 estudiantes
Aula de educación inicial	Área por estudiante	2 a 2.50 m ² por estudiante	1.55 m ²
	Área útil	64 m ²	47 m ²
	Capacidad recomendada	35 a 40 estudiantes	39 estudiantes
Aula modular para EGB	Área por estudiante	1.20 a 1.80 m ² por estudiante	1.20 m ²
	Área útil	64 m ²	47 m ²
	Capacidad recomendada	35 a 40 estudiantes	40 estudiantes
Aula modular para BGU	Área por estudiante	1.20 a 1.80 m ² por estudiante	1.18 m ² por estudiante
	Área útil	64 m ²	47 m ²

Elaborado por: Andrea Astudillo Delgado.

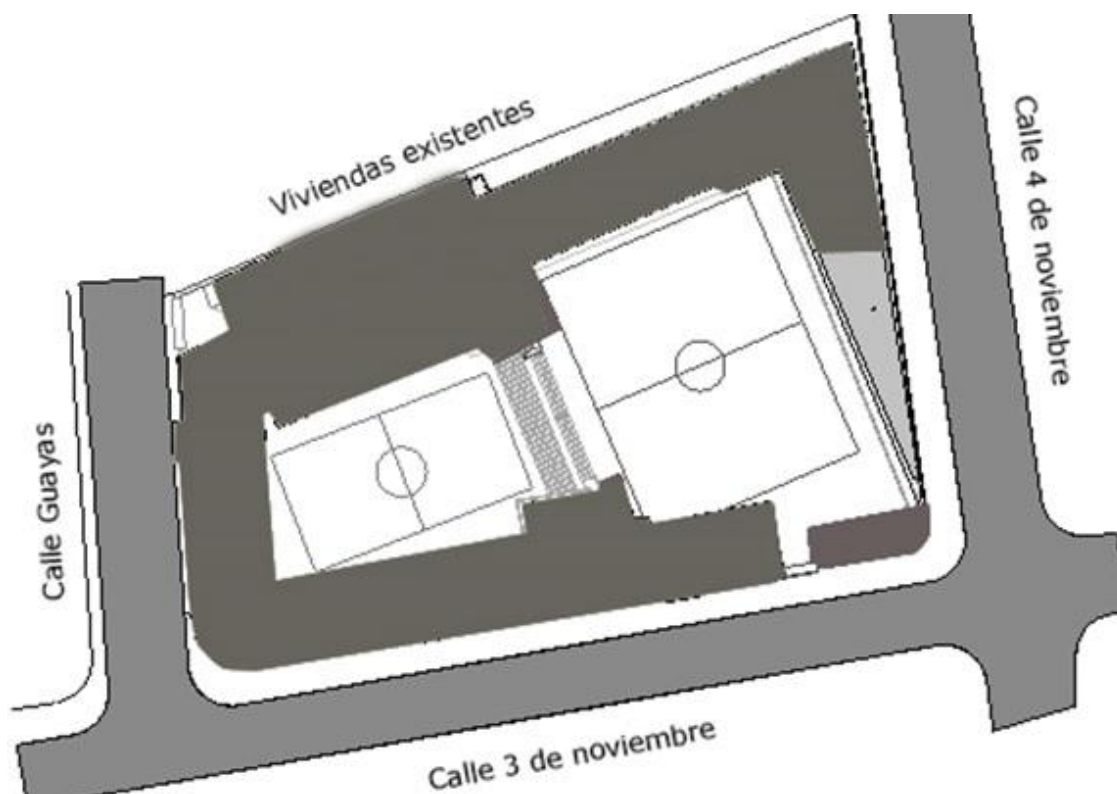
3.2 Planificación sostenible

Este punto de la investigación está enfocado al manejo sustentable del sitio en el que se emplaza el edificio, debido a que, es el aspecto que mayor relación tiene con el contexto o lugar del proyecto y la calidad ambiental interior de los espacios, por consecuencia con el confort térmico.

3.2.1 Ubicación

La Unidad Educativa “16 de abril” se encuentra en el área central de la ciudad de Azogues, en la zona de planeación Central “A”, limitando: al norte con viviendas existentes, al sur con la Calle 3 de noviembre, al este con la Calle 4 de noviembre y a oeste con la calle Guayas.

Ilustración 7.- Ubicación de la Unidad Educativa 16 de abril



Elaboración: Andrea Astudillo Delgado

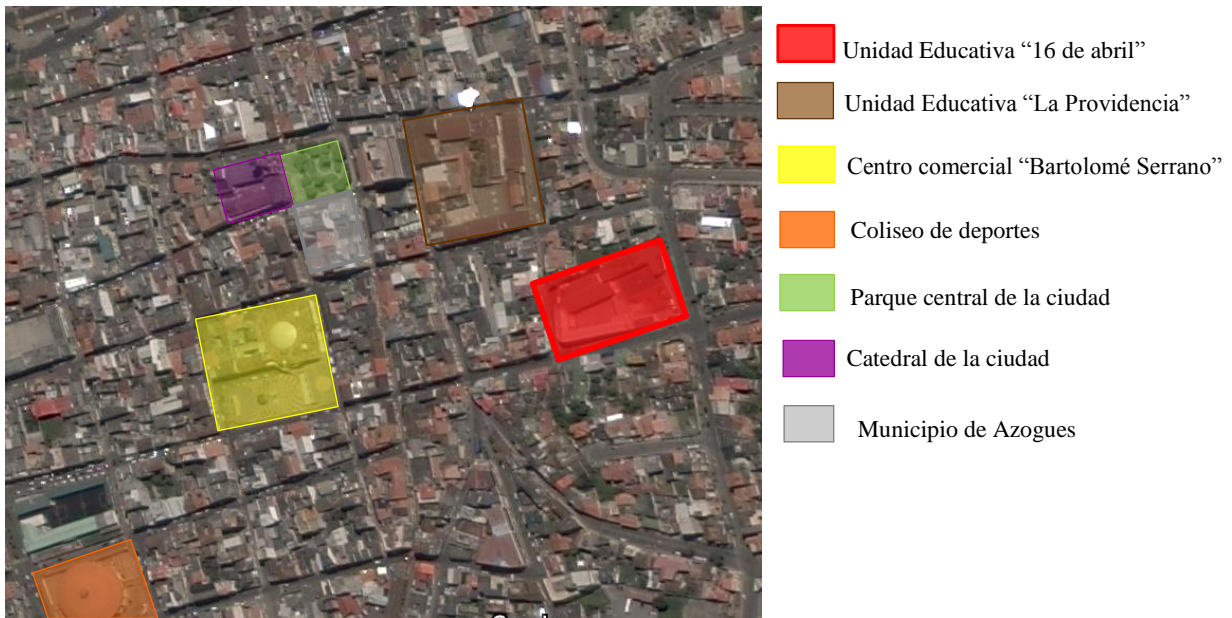
3.2.2 Contexto inmediato

La selección del sitio se relaciona directamente con los sistemas de transporte, infraestructura, distancia entre el edificio y los lugares donde interactúan sus ocupantes.

En el caso de estudio, el sitio para el emplazamiento de la obra ya estaba predeterminado, lo que hicieron los proyectistas fue respetar la ubicación de las construcciones preexistentes,

adecentar e implantar nuevos bloques. En cuanto a su relación con el contexto inmediato se puede apreciar en la ilustración 8.

Ilustración 8.- Contexto inmediato



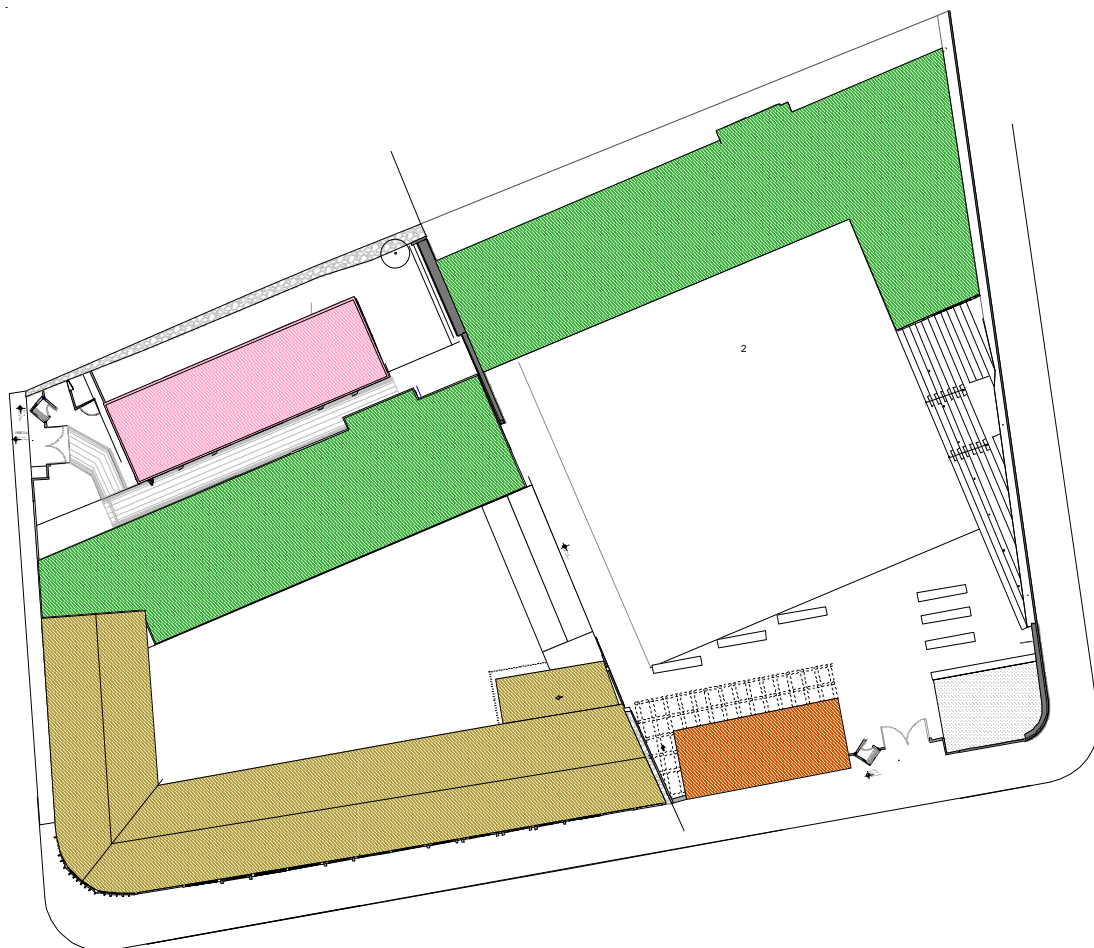
Recuperado de: Google maps, editado por el autor de la tesis.





3.3 Zonificación general

Al momento de iniciar el proyecto el terreno estaba conformado por dos plataformas las cuales ya tenían construcciones que correspondían a las escuelas antiguas. Razón por la cual se mantiene el mismo criterio del emplazamiento que tenían las escuelas anteriores.

En la ilustración 9 se puede observar cuales son los bloques nuevos y los que fueron rehabilitados.

Ilustración 9.- Bloques de la Unidad Educativa 16 de abril

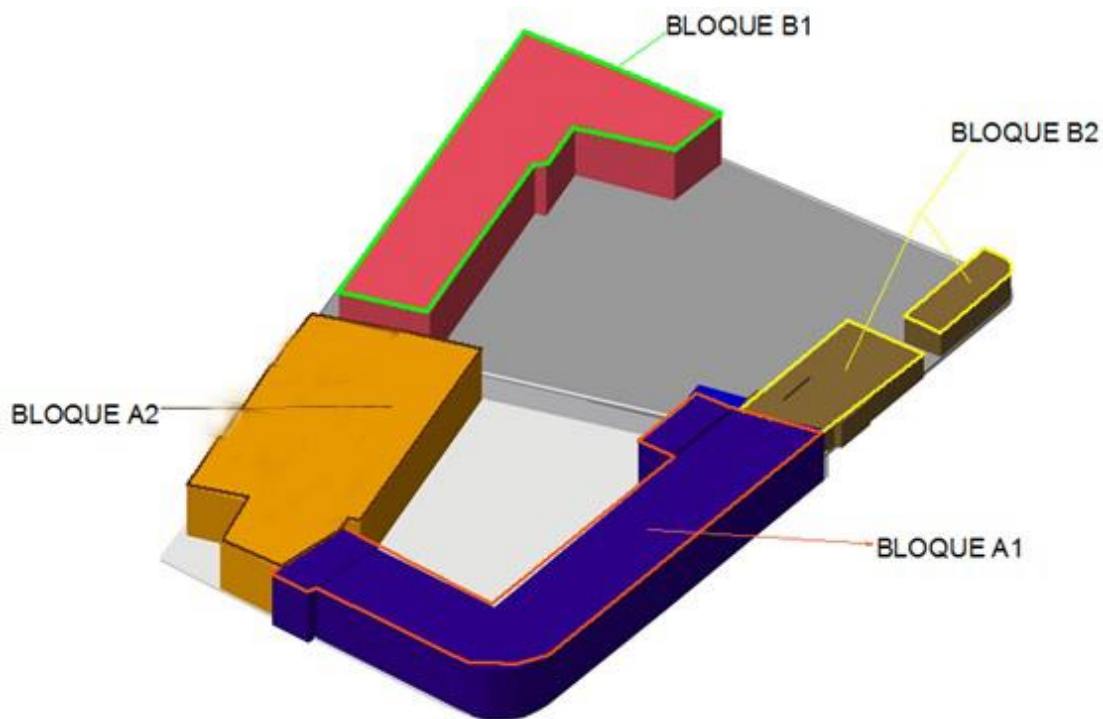


-  Bloques propuestos
-  Bloque independiente
-  Bloque rehabilitado (Corresponde a la Escuela Naciones Unidas)
-  Bloque rehabilitado (Corresponde a la Escuela José Belisario)

Recuperado de: Memoria técnica de la escuela 16 de abril

La zonificación final resulto en cuatro bloques (entre nuevos y rehabilitados) que están destinados para la realización de diferentes actividades, (ver ilustración 10).

Ilustración 10.- Zonificación general



Recuperado de: (Memoria técnica de la escuela 16 de abril)

En la tabla 7, se explicará de manera detallada que función va a cumplir cada bloque del proyecto.

Tabla 7.- Zonificación general – Funcionalidad

Bloque	Función
A1	Aulas, laboratorio de computación, inspección, aula de psicopedagogía, aula de labores, aula de recuperación pedagógica, laboratorio de ccnn, baños
A2	Aulas, bar, biblioteca, sala de profesores, bodega,
B1	Aulas, dirección, secretaria
B2	Aula, sala de audiovisuales, bar, baños

Nota: Tomado de (Memoria técnica de la escuela 16 de abril)

Capítulo 4

Evaluación del confort térmico
mediante el software Ecotect.

4 Evaluación de confort térmico mediante el software “Ecotec”

4.1. Software para el análisis térmico “Ecotec”

El software Ecotec es el programa que más facilidades presenta para el estudio planteado.

Se tomó la decisión de utilizar esta herramienta considerando los siguientes aspectos:

- Es un software de dominio público.
- Brinda una licencia estudiantil.
- Tiene compatibilidad con programas manejados en el medio (Autodesk).
- Compatibilidad con motores de cálculo.
- Interfaz, simulación y diseño.
- Acceso a base de datos meteorológicos.

A continuación, se muestra un gráfico en el que se compara el software “Ecotec” con otros programas para el análisis térmico.

Ilustración 11.- Comparación de programas para el análisis térmico.

	Designbuilder.	Energyplus.	Enercad.	Ecotect.	ESP-r.	Solacalc.	PC-Solar	Geosol.
Software de dominio público.				X	X			X
Licencia estudiantil				X				
Compatibilidad, línea Autodesk.	X			X				
Compatibilidad motores de cálculo.	X			X				
Interfaz.	X		X	X	X	X	X	X
Simulación.	X	X	X	X	X	X	X	X
Diseño.	X		X	X	X	X	X	
Base de datos metereológicos.	Limitada		Limitada	Limitada	Limitada	Limitada	Limitada	

Nota: Tomado de: Tesis Análisis del confort térmico en el proceso de diseño arquitectónico.

Después de observar la gráfica anterior, está claro que el software Ecotec es la herramienta de análisis sustentable más favorable para el estudio, ya que, ofrece la posibilidad de crear simulaciones y análisis de funcionamiento energético, esto se puede

aplicar a edificios existentes o en proceso de diseño permitiendo así generar espacios con buenas condiciones de confort.

4.2. Espacios a analizar

La Unidad Educativa 16 de abril cuenta con un total de 46 aulas destinadas para niños desde el inicial hasta jóvenes del tercero de bachillerato.

Después de un recorrido por las instalaciones de la institución se tomó la decisión de analizar únicamente cinco aulas. La selección se realizó con el objetivo de obtener variedad en los resultados del análisis, ya que, estos espacios son similares estéticamente pero su orientación y ubicación varían, lo que está directamente vinculado con el confort térmico de cada espacio.

Las aulas fueron seleccionadas de acuerdo a los siguientes criterios:

- Ubicación: Las cinco aulas están emplazadas en diferentes direcciones.
- Vientos: La dirección en la que circula el viento en esta zona provoca que las aulas no tengan la misma ventilación a pesar de que los vanos en cada una de ellas son similares.
- Soleamiento: La incidencia del sol en cada una de las aulas es diferente lo que hace que varíe el confort térmico en el interior.

Se supone que las aulas seleccionadas presentan las peores condiciones de confort térmico en su interior, ya que, sus características de ubicación, soleamiento y ventilación no son las más favorables para las personas, lo que puede ocasionar que los estudiantes presenten problemas para desarrollar sus actividades con total normalidad.

La selección de estas aulas en específico se realizó con el fin de demostrar que si estos lugares que presentan condiciones desfavorables para los estudiantes están en confort térmico es muy probable que el resto de aulas también lo estén.

En la ilustración 12, se muestra, las aulas que han sido escogidas para el estudio. En este se puede observar que estas están distribuidas en todos los bloques del conjunto, pero su orientación es en dirección norte o sur, por lo que es evidente que no existen aulas en las direcciones este u oeste. Esto fue un condicionante para la selección de las áreas de estudio.

Ilustración 12.- Espacios a analizar



NOMENCLATURA:
A1: BLOQUE DE AULAS / SUR
A2: BLOQUE DE AULAS, BIBLIOTECA / NORTE
B1: BLOQUE DE AULAS, ADMINISTRATIVO / NORTE
B2: BLOQUE DE AULAS Y BATERÍAS SANITARIAS / SUR

Nota: Recuperado de memoria técnica Unidad Educativa 16 de abril (Molina, 2014).. Editado por el tutor de la tesis.

Seguidamente, se explican los aspectos por los que estas aulas fueron escogidas para la evaluación de confort térmico.

- Aula 1.- Su altura con respecto al ingreso principal es de -3.70m, está orientada en dirección sur, se encuentra en la mitad de un bloque alargado de aulas, tiene incidencia de viento y está en dirección opuesta al recorrido del sol.
- Aula 2.- Se encuentra a un nivel -3.70m con respecto al nivel 0.00 del ingreso principal, una de sus caras da hacia un patio central mientras que otra hacia un pasillo cubierto, por lo que no tiene incidencia directa del viento ni del sol.
- Aula 3.- Se encuentra en el nivel -3.70m, una de sus caras da hacia un pasillo cubierto y la otra da hacia un muro alto de piedra por lo que las condiciones de soleamiento y ventilación en esta aula no son las mejores.
- Aula 4.- Está a nivel 0.00 con respecto al ingreso principal, cuenta con incidencia directa del viento y de manera indirecta del sol.
- Aula 5.- Esta aula se encuentra ubicada en una esquina del bloque B1 por lo que el sol y el viento no inciden directamente en ella.

4.3. Zonas Térmicas

Se entiende como zona térmica a un espacio delimitador por cuatro paredes que tiene una temperatura uniforme.

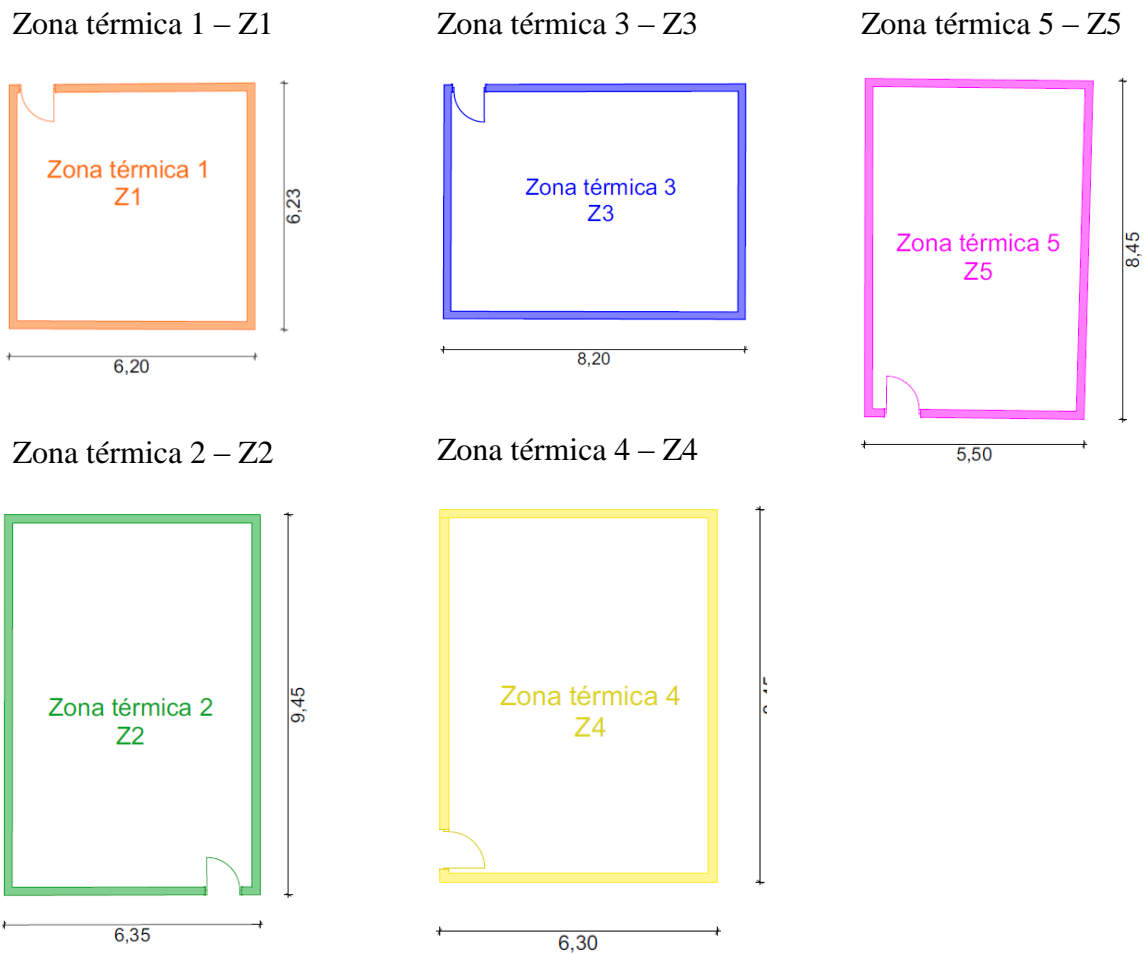
Para realizar los cálculos y simulaciones con el software Ecotect, se delimito las zonas térmicas que fueron analizadas en el programa.

Las aulas seleccionadas no cuentan con paredes divisorias en su interior, por lo que cada una de ellas es considerada como una zona térmica independiente. Es por esta razón que

tienen su respectivo color, ya que, para analizarlas en el software es indispensable que se diferencien, con la finalidad de que no exista confusión con los datos obtenidos.

En la ilustración 13, se muestran las diferentes zonas térmicas con sus respectivos colores.

Ilustración 13.- Zonas térmicas



Elaborado: Por el autor

- Materiales de las zonas térmicas

Conocer los materiales de los que están conformadas cada una de las zonas térmicas es indispensable para el análisis del confort térmico, debido a que cada uno de estos tiene propiedades que influyen en la temperatura interior del espacio.

En la tabla 8, se muestran los materiales que predominan en las aulas de clase con sus respectivas densidades, conductividad térmica y el espesor correspondiente a las especificaciones técnicas de la obra. Esta tabla aporta datos relevantes para el análisis del confort térmico en el software Ecotec.

Tabla 8.- Especificaciones de los materiales

Materiales	Espesor	Conductividad térmica	Densidad	Calor específico
Piso: Revestimiento cerámico de alto tráfico con mortero	0.05	0.31	1900	656
Mampostería de bloque de concreto de 15x20x40 cm	0.15	1.18	1230	1000
Paredes divisorias de bloque concreto de 10x20x40cm	0.10	1.18	1230	1000
Cielo raso de gypsum estucado	0.13	0.18	900	920
Ventanas de vidrio templado de 6mm	0.006	0.95	2500	836
Puerta de vidrio templado de 6mm	0.006	0.95	2500	836

Nota: Recuperado de conductividad térmica y densidad de materiales, Ecotec. Elaborador por: El autor de la tesis.

De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto, se sabe que todas las aulas fueron construidas con los mismos materiales, por lo que las características y propiedades de estos serán las mismas para las cinco zonas de estudio. Los materiales predominantes en la edificación son la del bloque de concreto y cerámica.

4.4. Factores del ambiente

Los factores ambientales son variables que definen las características físicas del ambiente interior de un edificio, es decir, el clima local.

Son aquellos factores naturales que influyen de manera directa en el estado de satisfacción o bienestar físico de las personas, estos son externos, no dependen del individuo.

Los factores ambientales pueden ser medidos con la ayuda de instrumentos y se han determinado rangos dentro de los cuales se pueden mantener unas condiciones de confort térmico adecuadas para el individuo. En el Ecuador el rango de confort térmico está entre los 18 a 26°C.

Mediante el ingreso de los factores ambientales en el software Ecotec se determinó el nivel de confort térmico en cada uno de los espacios.

Los factores ambientales que se analizaron fueron:

- Frecuencia y dirección del viento
- Recorrido solar
- Temperatura del aire
- Humedad relativa

A continuación, se habla específicamente de cada uno de estos factores tomando gráficas y datos generados por el software que muestran como es el comportamiento de los factores ambientales específicamente en la zona de la Unidad Educativa 16 de abril.

4.4.1 Frecuencia y dirección del viento

Para poder realizar el análisis de un proyecto en el software “Ecotec”, es indispensable contar con una base digital del clima del lugar en el que este emplazado el edificio. Existen

varias formas de crear fichas climáticas, en este caso fue creada en el mismo software ingresando los datos exactos del lugar de emplazamiento (ver tabla 9).

Tabla 9.- Datos generales de la ficha climatológica de Azogues

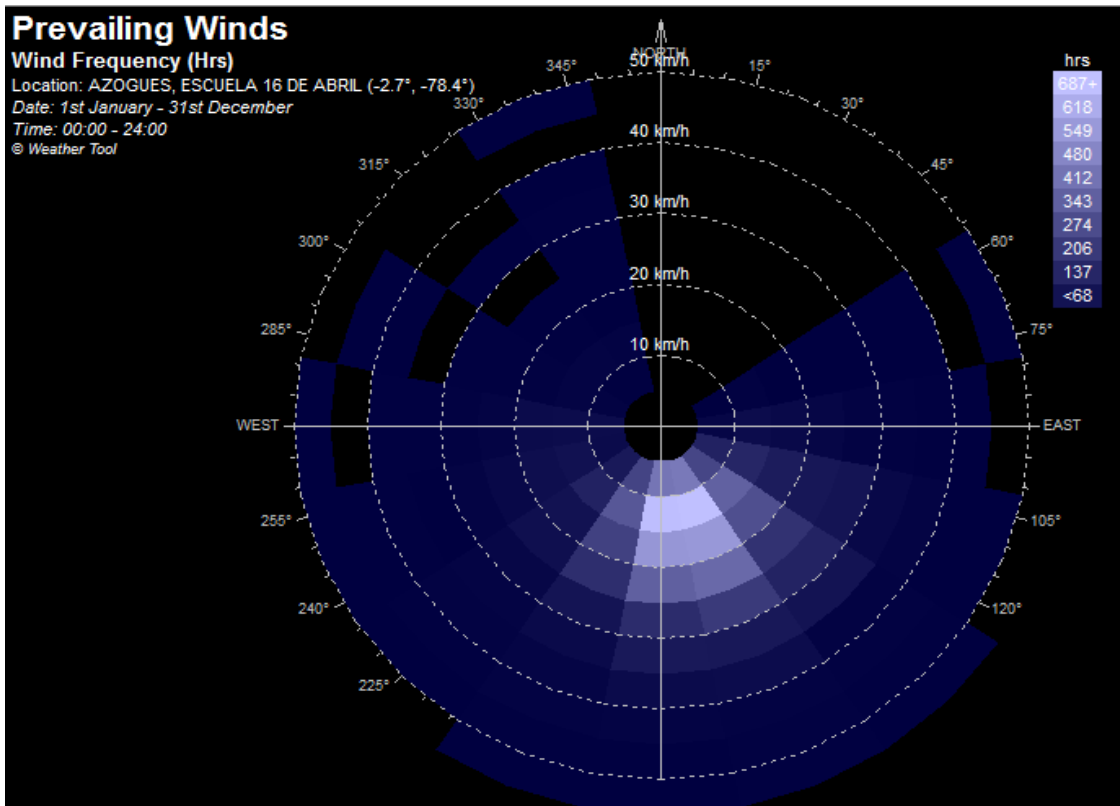
Azogues – Ecuador (Unidad Educativa 16 de abril)	
Uso horario. GTM	-5
Latitud	-2.70°
Longitud	-78.4°
Altitud	2540 m.s.n.m

Nota: Elaborado por el autor de la tesis.

Fue necesario ingresar estos datos en el programa, ya que, así se realizaron las simulaciones reales de la dirección, frecuencia y velocidad del viento en la ubicación exacta de la institución.

En la gráfica 1, se muestra de manera general la frecuencia y dirección del viento en la Unidad Educativa 16 de abril. Con esto se sabrá como incide realmente el viento en las zonas de estudio. Esta resulta de la ficha climática ingresada en el programa, la velocidad se mide desde el centro hacia los anillos radiales y la intensidad se representa mediante la escala de color.

Gráficas 1.- Frecuencia y velocidad promedio anual del viento en Azogues.

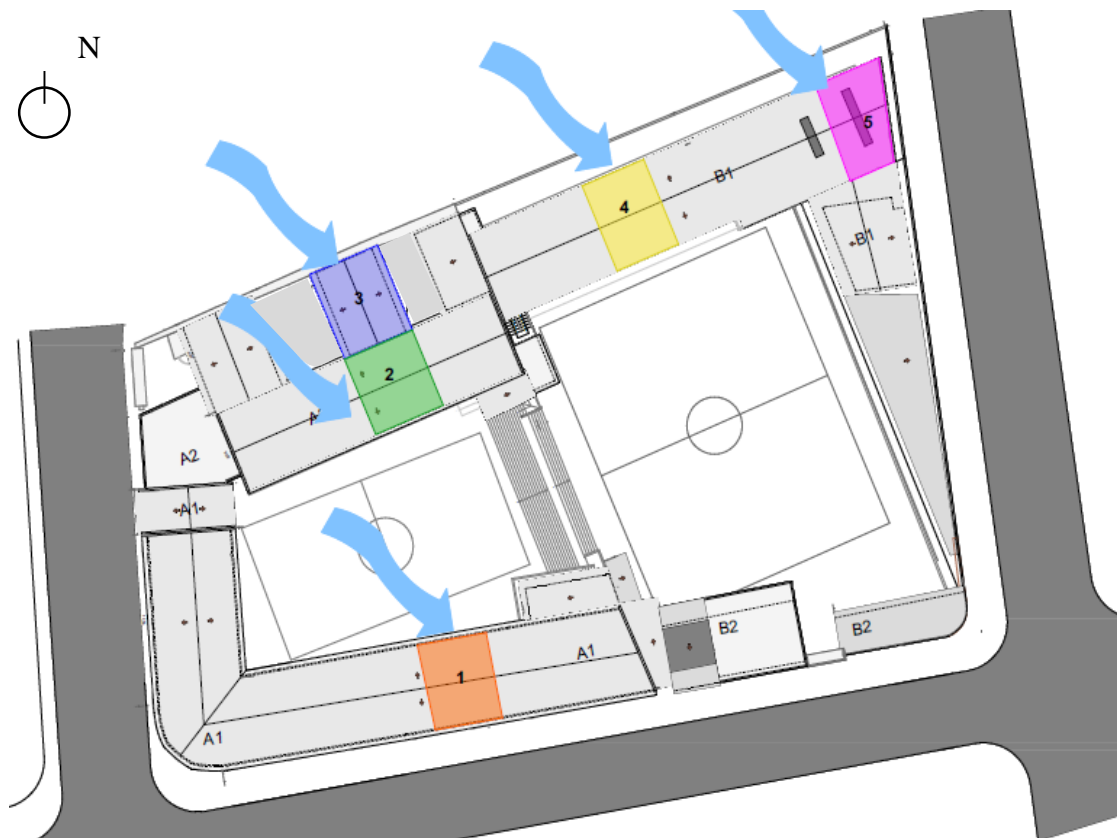


Nota: Elaborado por el autor de la tesis con ayuda del software Ecotec.

Para la zona de estudio los vientos predominantes son en dirección Sureste, 687 horas aproximadamente en el año mantienen una velocidad de 20 km/h, 618 horas al año tienen una velocidad de 10 km/h, 549 horas una velocidad de 25 km/h, 206 horas una velocidad de 35 km/h y al menos de 68 horas una velocidad de 40 a 50 km/h. En las restantes direcciones, en promedio, el viento alcanza una velocidad de 30 km/h y una frecuencia menor a 68 horas por cada dirección.

Luego de entender que la dirección del viento en la Unidad Educativa 16 de abril es sureste, se presenta la ilustración 14, en el que se puede observar como incide el viento en cada una de las zonas de estudio.

Ilustración 14.- Esquema de vientos en las zonas de estudio



Nota: Recuperado de: (Molina, 2014). Memoria técnica Unidad Educativa 16 de abril. Elaborado por: El autor de la tesis.

Se observa que todas las aulas están en dirección a la circulación del viento. No obstante, esto no garantiza que todas tengan una ventilación natural óptima, ya que existen barreras arquitectónicas que, en algunos casos, dificultan el paso del aire.

Explicando lo que ocurre en las aulas se sabe que, las aulas 3, 4 y 5 están junto a un muro alto de piedra lo que dificulta el paso directo del aire hacia su interior generando condiciones desfavorables para los estudiantes. En el caso del aula 3 el problema es más evidente ya que la separación que existe entre esta y la pared es poca, esto dificulta aún más el paso del aire y el sol al lugar. (ver ilustración 15 y 16).

Ilustración 15.- Muro de piedra fachada posterior del aula 3



Nota: Tomadas por: El autor de la tesis.

Ilustración 16.- Muro de piedra visto desde el aula 3.



Nota: Tomadas por: El autor de la tesis.

Puede observarse las barreras arquitectónicas que dificultan la ventilación adecuada en el interior de los espacios y como son percibidas estas desde el interior de las aulas de clase.

4.4.2 Recorrido solar

Para la realización del presente estudio sobre el confort térmico se tomó en cuenta el recorrido solar, por esta razón, se decidió que el análisis se haga en los días correspondientes a los solsticios y equinoccios del año 2018.

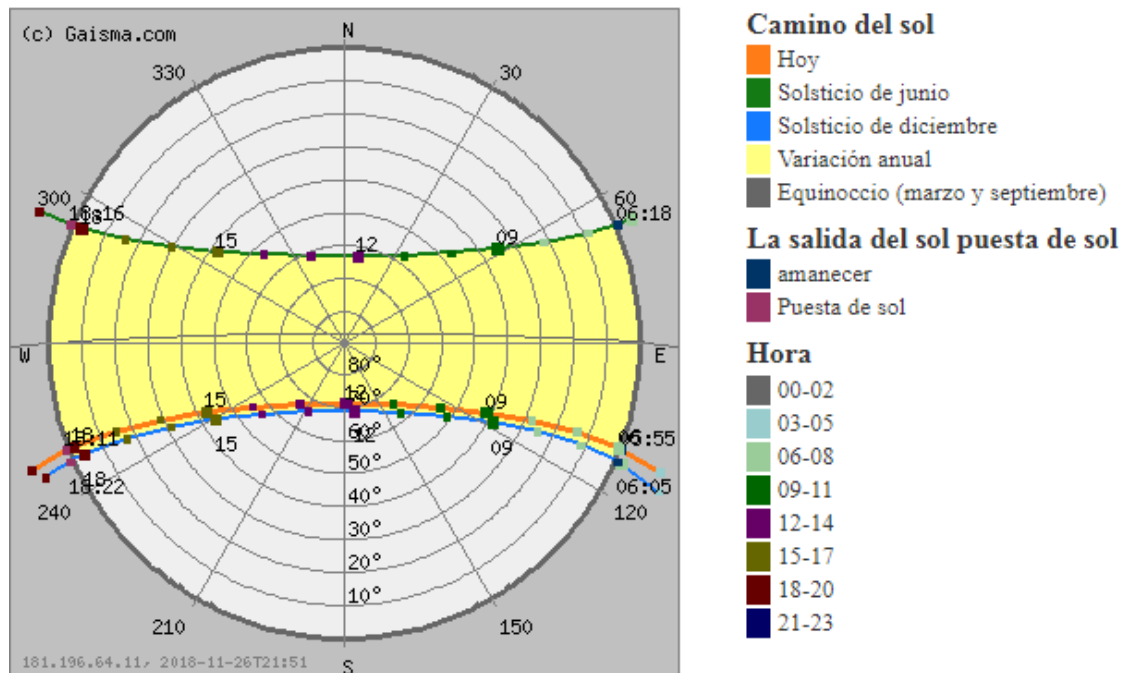
“El solsticio de verano es el 21 o 22 de junio, el de invierno el 21 o 22 de diciembre. El equinoccio de primavera ocurre el 20 o 21 de marzo y el de otoño el 21 o 22 de septiembre” (INSIVUMEH, 2018).

En el año 2018 estos eventos ocurrirán los siguientes días:

- Solsticios: 21 de junio y 21 de diciembre.
- Equinoccios: 20 de marzo y 21 de septiembre.

En la gráfica 2, se observa de manera general como es el recorrido del sol durante todo el año, en los solsticios y equinoccios.

Gráficas 2.- Diagrama del recorrido solar



Nota: Recuperado de (Gaisma, 2018) <https://www.gaisma.com/en/location/azogues.html>

El diagrama de trayectoria solar es una visualización de la trayectoria del sol a través del cielo. Este camino se forma al trazar los ángulos de azimut (izquierda-derecha) y de elevación (arriba-abajo) del sol en un día dado a un diagrama.

Con la ayuda de esta gráfica se justifican las fechas tomadas para el análisis de confort térmico, ya que, se puede observar claramente que los solsticios y equinoccios son los puntos máximos del recorrido del sol, por ende, se entiende que si las aulas están en confort térmico en estas fechas lo estarán durante todo el año.

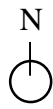
Los días en los que se realizó el análisis fueron seleccionados tomando en cuenta fechas en las que la institución labora con normalidad, por lo que los datos que se obtendrán del confort térmico en estas aulas serán verídicos.

- Soleamiento

Para analizar la incidencia solar en la institución se ha realizado simulaciones virtuales en 4 épocas del año: los equinoccios del 20 de marzo y 21 de septiembre y los solsticios del 21 de junio y 21 de diciembre, en 2 horas específicas del día 9:00 y 17:00, teniendo en cuenta que esta institución labora en dos jornadas (matutina y vespertina).

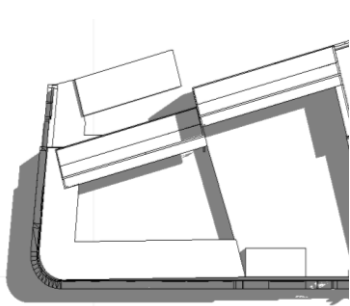
Este tipo de simulaciones permite reproducir de manera real la incidencia solar y los niveles de iluminación en un edificio ubicado en un determinado lugar, los resultados obtenidos se muestran en la ilustración 17:

ILUSTRACIÓN 17
ESTUDIO DE
SOLEAMIENTO

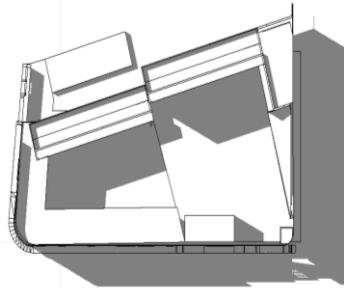


Solsticios

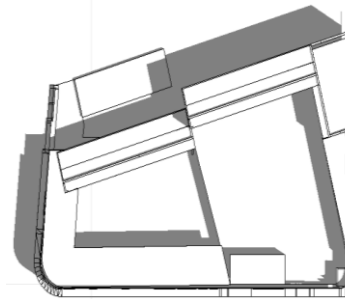
21 de junio 9:00



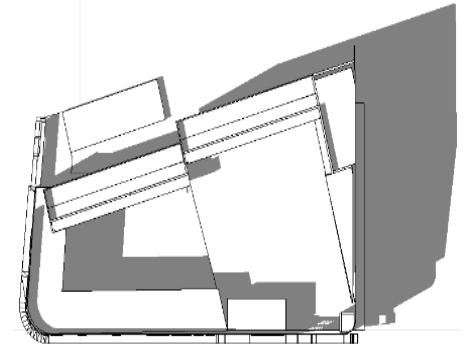
21 de junio 17:00



22 de diciembre 9:00

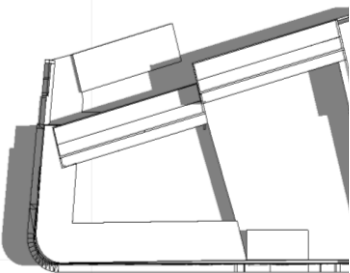


22 de diciembre 17:00

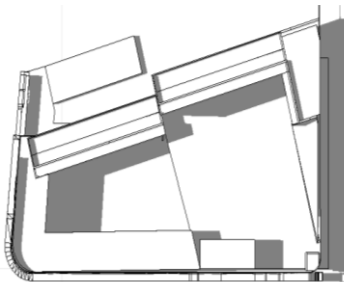


Equinoccios

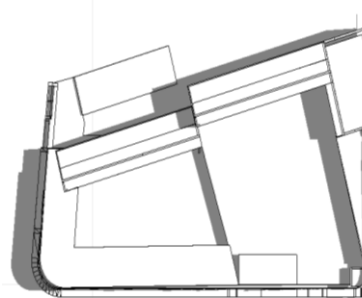
21 de marzo 9:00



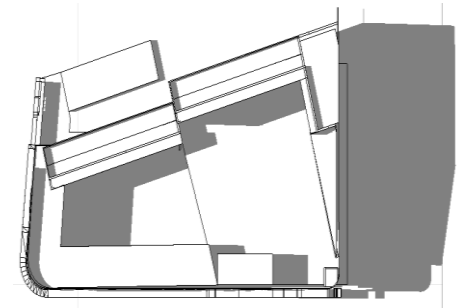
21 de marzo 5pm



22 de septiembre 9:00



22 de septiembre 17:00



El edificio se orienta longitudinalmente en sentido este-oeste, los patios centrales permiten que ingrese la luz, el calor y la ventilación natural hacia las aulas de clase, la manera en la que se encuentran emplazados cada uno de los volúmenes contribuye a que los espacios que están entorno a ellos reciban sol durante todo el día como se aprecia en los gráficos anteriores, y por ende, estos tengan las mejores condiciones de confort térmico; dependiendo de la altura de cada uno de los bloques la sombra que esta proyecta sobre los patios va variando de acuerdo a la fecha y hora del día.

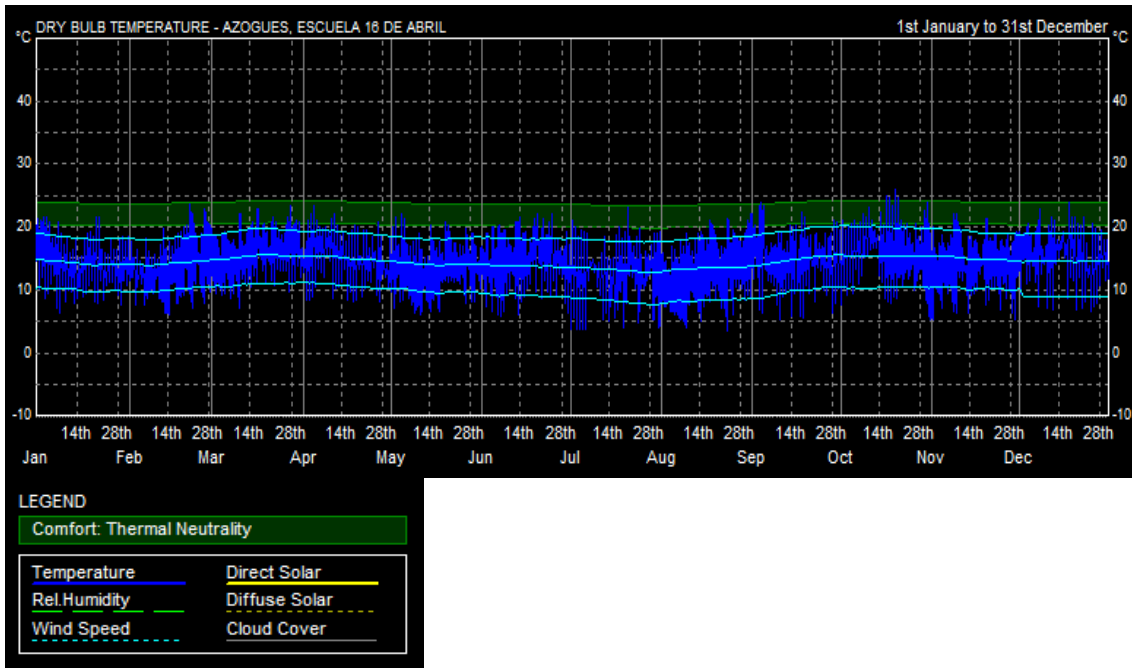
4.4.3 Temperatura del aire

La temperatura, es la propiedad de los elementos que determina si están en equilibrio térmico. Formalmente, se dice que “la temperatura es una magnitud relacionada con la rapidez del movimiento de las partículas que constituyen la materia. Cuanta mayor agitación presente éstas, mayor será la temperatura” (Rosa María Rodríguez Jiménez, 2004, pág. 15).

El principal factor que produce cambios de la temperatura del aire es la variación en el ángulo de incidencia de los rayos solares, esto depende netamente de la latitud. Se sabe que la Unidad Educativa 16 de abril está a una latitud de -2.70° .

Al ingresar el dato de la latitud en el software de análisis se simula como es la temperatura general la zona de la institución durante todo el año con sus variaciones, por lo que se obtendrán datos verídicos (ver gráfica 3) que fueron utilizados para medir el rango de confort térmico que presenta cada aula estudiada.

Gráficas 3.- Temperatura en la Unidad Educativa 16 de abril – Azogues.



Nota: Recuperado del software Ecotec. Elaborado por el autor de la tesis.

Luego de observar la gráfica anterior, se entiende que, la temperatura en el lugar en el que está emplazada la Unidad Educativa 16 de abril varía entre los 5 a 25° C durante todo el año, teniendo una temperatura promedio de 15°C.

Es importante recalcar, que, para que las personas se encuentren en confort térmico, la temperatura debe estar entre los 18 a 26°C. Según la gráfica de temperatura generada por el software, se observa que a lo largo del año existen variaciones considerables en la temperatura, esto es evidente en el mes de octubre donde la temperatura máxima llega hasta los 28 °C, mientras que los meses en los que se registra las temperaturas más bajas del año son los meses de julio y agosto en los que hay días que esta llega hasta los 3 °C.

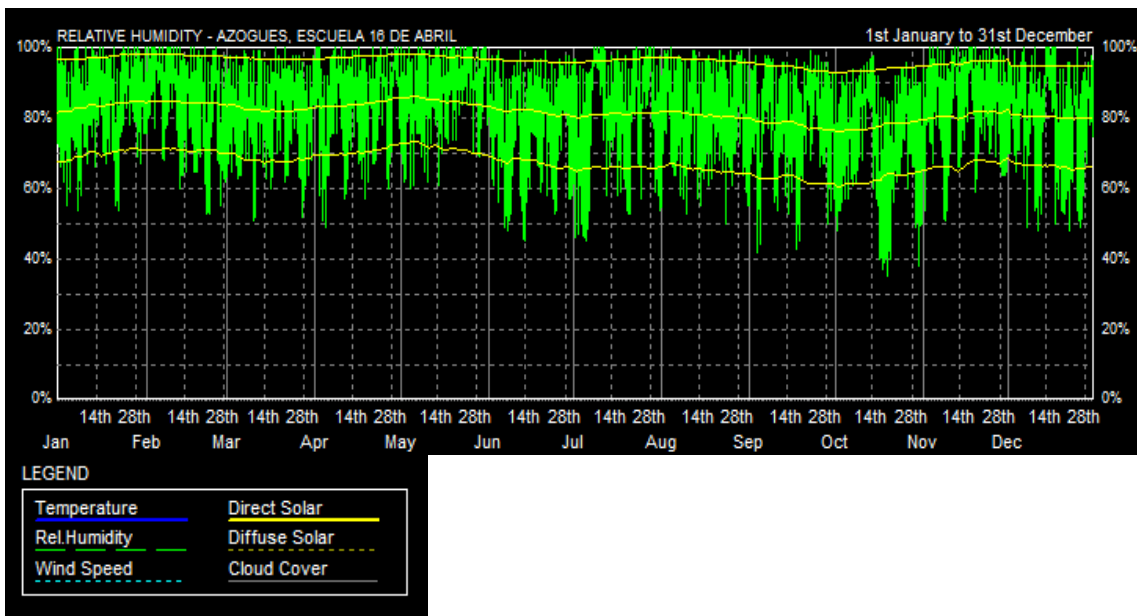
4.4.4 Humedad relativa

La humedad relativa se entiende como el porcentaje de humedad que contiene el aire. La característica más importante de esta es la de intensificar la percepción de calor o frío, esto se debe a su relación directa con la temperatura del aire.

Según las investigaciones de Grandjean (1972) y Becker (1986) “se establece que la humedad relativa en un ambiente interior no debe ser menor a 40%, porque puede ocasionar problemas respiratorios; ni mayor a 70%, ya que, esto produce dolores reumáticos en las personas” (Minke, 2005, pág. 19).

En la gráfica 4, se puede observar cómo es la variación de humedad relativa durante todos los meses del año en la Unidad Educativa 16 de abril.

Gráficas 4.- Humedad en la unidad educativa 16 de abril – Azogues.



Nota: Recuperado del software Ecotec. Elaborado por el autor de la tesis.

En sitio en el que se encuentra la institución, la humedad relativa promedio en el año es de 80%. La humedad relativa máxima en promedio es de 95%, únicamente en los meses de julio y octubre esta humedad baja hasta 85%. La humedad relativa mínima en promedio se

mantiene en 68%, siendo su variación más crítica en el mes de octubre, donde la humedad puede disminuir hasta 38%.

Con estos datos, se tiene claro que la humedad relativa promedio no está dentro de los límites aceptables para las personas, ya que, en la institución se tiene un promedio de 80% de humedad relativa lo que puede ocasionar molestias en la salud de los alumnos.

El tener conocimiento de este dato exacto es indispensable para poder realizar el análisis en el software, ya que, es un factor que incide directamente en la percepción del confort térmico de los usuarios.

4.5. Factores del usuario

Los factores del usuario se entienden como aquellas características que corresponden a las personas que usan un espacio. Son aquellas condiciones propias de las personas que determinan la respuesta que estos tengan hacia el ambiente. Son independientes de las condiciones ambientales exteriores y, más bien, se relacionan con las características biológicas, fisiológicas, sociológicas o psicológicas de los individuos, lo que quiere decir que, la percepción de un mismo ambiente varía en cada usuario dependiendo de sus condiciones.

Estos factores están directamente relacionados con el confort térmico, ya que, involucran un constante intercambio de energía del cuerpo humano para mantener su temperatura corporal frente a los cambios ambientales.

Según Serra et al “la sensación de confort térmico se da en el proceso de producción de calor para compensar las pérdidas hacia el exterior y mantener estable la temperatura” (Espejo, 2011).

En resumen, son los elementos necesarios para lograr que una persona tenga bienestar dentro de un espacio arquitectónico.

Entre los factores que se tomaron en cuenta para el análisis en el software Ecotec tenemos:

- Metabolismo
- Vestimenta

La definición y estudio de estos factores es fundamental para el análisis del comportamiento térmico actual de la edificación, por lo que a continuación se explica cada uno de ellos con los datos obtenidos.

4.5.1 Metabolismo

El metabolismo es el proceso mediante el cual las personas obtienen energía de los alimentos que ingieren, para con esta poder realizar sus actividades diarias y mantener estable su temperatura corporal.

Se dice que: “del total de energía liberada por los alimentos, del 75 al 80% se emplea para mantener en funcionamiento el organismo y su temperatura alrededor de 37°C, el 20 a 25% restante de energía se utiliza para desarrollar un trabajo” (Espejo, 2011, pág. 17).

El metabolismo es específico de cada persona y depende de las actividades que realizan; por lo tanto, las necesidades de producción de energía y su liberación son diferente en cada ser humano.

Para evaluar el metabolismo de una persona, es necesario analizar la actividad que realiza por un lapso mínimo de 1 hora, ya que, la capacidad de calor del cuerpo le hace “recordar” aproximadamente una hora la actividad.

El metabolismo se mide con la unidad denominada met, siendo su fórmula:

$$1\text{met} = 58 \text{ W/m}^2 = 50 \text{ kcal/h m}^2$$

met = Representa la energía liberada por metro cuadrado de superficie corporal.

El presente estudio se basa en analizar aulas de una institución, por ende, se tiene total conocimiento de cuáles son las actividades que los alumnos realizan mientras permanecen en este lugar.

Con la ayuda de la siguiente tabla (ver tabla 10) se sabe cuál es la cantidad de calor metabólico generado por estas actividades.

Tabla 10.- Calor metabólico generado en diferentes actividades.

Actividad	W/m²	met
Descansar		
Estar sentado, quieto	60	1,0
Estar de pie, relajado	70	1,2
Leer	55	1,0
Escribir	50	1,0
Baloncesto	250 – 440	5,0 – 7,6

Nota: Recuperado de Análisis del confort térmico en el proceso de diseño arquitectónico. Aplicación software ecotect 2011 p.18. Elaborado por: El autor de la tesis.

Las actividades que realizan los estudiantes mientras permanecen en el aula son:

- Estar sentado: 60w – 1 met
- Leer: 55w – 1met
- Escribir: 50w – 1met

Para evaluar la tasa metabólica de los estudiantes, es importante usar un valor promedio de todas las actividades que la persona ha realizado dentro de la última hora.

No se tiene el dato exacto de cuánto tiempo los estudiantes realizan cada una de estas actividades, ya que, al ser aulas de clases es casi imposible determinar estos rangos, por lo que se decidió sacar un promedio de las actividades que realizan para que todas las zonas de estudio tengan los mismos valores, teniendo como un valor promedio de actividades que realizan = 55w o 1met.

4.5.2 Vestimenta

Según el libro Arquitectura y Energía Natural se entiende que: “la vestimenta actúa como una barrera térmica por su resistencia térmica y comportamiento al paso de la humedad” (Espejo, 2011, pág. 18).

Para saber cuál es el nivel de aislamiento térmico que tiene cada prenda de vestir, se debe medir con la unidad denominada clo, siendo, $1\text{clo} = 0,115\text{m}^2\text{K/W}$

El valor del clo, se obtiene sumando los valores de las diferentes prendas individuales, hasta formar un conjunto. Este valor depende del atuendo y puede ser mayor o menor a 1. Obteniendo el valor del Clo a través del cálculo normalmente da una exactitud suficiente.

Después de un recorrido por la institución se conoció cuáles son los conjuntos de ropa que llevan a diario los alumnos y así se pudo obtener los valores de aislamiento térmico que son indispensables que el análisis en el software. En la tabla 11, se detalla el aislamiento térmico que estos conjuntos de ropa.

Tabla 11.- Aislamiento térmico de diferentes conjuntos de ropa

Conjunto de vestimenta	M2k/w	Clo
Conjunto básico estudiantes varones: Camisa ligera manga larga, pantalón de tela, suéter de lana, medias largas y zapatos de vestir.	0.14	0.92
Conjunto básico estudiantes mujeres: Camisa ligera manga larga, pantalón de tela, suéter de lana, medias largas y zapatos de vestir.	0.13	0.85
Conjunto básico deportivo: Camiseta manga corta, shorts, casaca fina, pantalón deportivo, medias largas de lana y zapatos deportivos.	0.12	0.75

Nota: Recuperado de Arquitectura bioclimática con énfasis en viviendas altoandinas (Fredy Huaylla, 2009, pág. 63) Elaborado por: El autor de la tesis.

Los alumnos de esta institución tienen dos uniformes distintos. El denominado de diario que está conformado por: un pantalón azul marino (en el caso de los varones) o una falda azul marino a la altura de la rodilla (en el caso de las mujeres), una camisa con cuello manga larga color blanco, una chompa de lana color rojo, medias altas de algodón (en el caso de las mujeres media pantalón de lana) y zapatos de vestir (ver ilustración 18, 19 y 20).

Ilustración 18.-
Uniforme de diario
varones



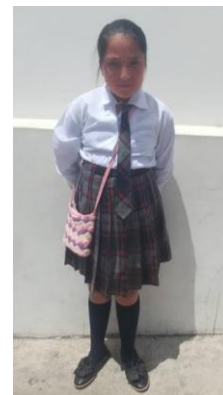
Nota: Tomada por el autor de la tesis.

Ilustración 19.-
Uniforme de diario
mujeres



Nota: Tomada por el autor de la tesis

Ilustración 20.-
Uniforme de diario
mujeres



Nota: Tomada por el autor de la tesis

Los días que los estudiantes tienen cultura física su uniforme está conformado por: un pantalón y casaca deportiva, un short de algodón (en el caso de las mujeres) o una pantaloneta (en el caso de los varones), una camiseta sin cuello de algodón, medias de algodón altas y zapatos deportivos (ver ilustración 21, 22 y 23).

Ilustración 21.-
Uniforme de cultura
física



Nota: Tomada por el autor de la tesis

Ilustración 22.-
Uniforme de cultura
física



Nota: Tomada por el autor de la tesis

Ilustración 23.-
Uniforme exterior de
cultura física



Nota: Tomada por el autor de la tesis.

Cabe recalcar que, no se tiene el dato exacto de los días en los que estos van con uniforme de cultura física. Es por esta razón que se tomó la decisión promediar los valores de los 3

conjuntos de ropa para obtener un resultado general que se ingresó en el software para poder analizar el confort térmico de los usuarios.

Se suman los valores del conjunto básico de estudiantes varones, más, el conjunto básico de ropa de mujeres, más, el conjunto básico deportivo y todo esto dividido para 3. Este valor promedio ayudó a tener un dato general que fue utilizado en todas las zonas térmicas para el análisis del confort térmico.

- Conjunto básico de estudiantes varones: 0.92 clo
- Conjunto básico de estudiantes mujeres: 0.85 clo
- Conjunto básico deportivo: 0.75 clo

$$\frac{0.92 + 0.85 + 0.75}{3} = 0.84$$

4.6. Evaluación

Para realizar el análisis del confort térmico en el software Ecotec fue necesario tener un listado de datos que debieron ser configurados en el programa para que las simulaciones y gráficos obtenidos sean reales. A continuación, se mostrarán los datos que fueron ingresados en cada una de las zonas térmicas.

- Propiedades de las zonas

Los datos comunes que se ingresaron en todas las zonas térmicas al momento de realizar el análisis en el software son los siguientes:

- Rango de confort térmico: 18.00°C - 26.00°C
- Vestimenta en día promedio: 0.84 clo.
- Actividad que realizan: 55W – 1met

- Humedad relativa promedio: 80%
- Sistema de ventilación: Natural.
- Horas de labores: de 7:00 a 18:30.
- Niveles de iluminación: 400 lux

Niveles de iluminación (lux): Ya que, el estudio no se enfoca en realizar un análisis de la iluminación de cada espacio, para los datos de la iluminación se tomó la referencia de la normativa ecuatoriana que dice que es “necesario 400 lux de iluminación para aulas de clase u oficinas” (MIDUVI, 2013, pág. 79).

Número de personas: A continuación, se muestra la cantidad de usuarios en cada zona térmica (ver tabla 12).

Tabla 12.- Número de estudiantes en cada zona térmica

Zonas térmicas	Número de estudiantes
Zona 1	40
Zona 2	38
Zona 3	25
Zona 4	41
Zona 5	41

Nota: Recuperado de registros de la Unidad Educativa 16 de abril. Elaborado por el autor de la tesis.

Como se puede observar, cada zona térmica tiene un número específico de estudiantes, estos valores deben ser ingresados con exactitud en el software, ya que, son variables importantes para medir el confort térmico en un espacio.

La evaluación del confort térmico en la Unidad Educativa 16 de abril, se realizó en 4 días del año: los solsticios (22 de diciembre y 21 de junio) y equinoccios (21 de marzo y 22 de

septiembre), estas se realizaron en base a los datos ya definidos por las propiedades de las zonas, materiales y la ficha climatológica de la ciudad.

Se realizó una evaluación de temperaturas horarias que permitieron conocer la temperatura interior de la zona de estudio en el período de tiempo que la institución está en funcionamiento. Cabe recalcar que al momento de la realización del estudio en el software Ecotec se tomaron en cuenta todas las horas en las que los estudiantes permanecen en la institución. Por lo que se obtuvieron datos de temperatura promedio comprendidos entre las 7am y 6:30 pm. Con lo que se supo cómo varia la temperatura durante toda la jornada de trabajo.

Además, esta evaluación permitió conocer el nivel de confort que tienen las zonas térmicas frente al rango de 18°C a 26°C recomendado. Mediante esta evaluación es posible determinar recomendaciones de corrección arquitectónica que pueden aplicarse para obtener un comportamiento térmico óptimo al interior de las aulas de clase.

Las gráficas correspondientes a los análisis realizados se encontrarán en los anexos de esta investigación.

4.7. Resultados

Luego de haber modelado todo el edificio con cada una de las zonas térmicas, se ingresaron todos los datos obtenidos para que el software simule de manera realista como es el comportamiento térmico en el interior de las aulas de clase.

Todos los datos obtenidos con anterioridad fueron indispensables para poder realizar el análisis de la edificación. Algunos de estos se consiguieron con ayuda del mismo software o mediante datos existentes en la documentación y biografía recaudadas.

Las gráficas y datos que arroja el Ecotec, permitieron comprender que algunas zonas térmicas están en discomfort dependiente de la fecha del año, ya que, el análisis se realizó en los días en que el sol está en sus puntos máximos se entiende que, si las aulas están en confort térmico en estas fechas lo estarán durante todo el año o viceversa.

A continuación, se muestra un cuadro resumen en el que se ven las diferentes zonas térmicas con la temperatura promedio en cada fecha de estudio (ver tabla 11):

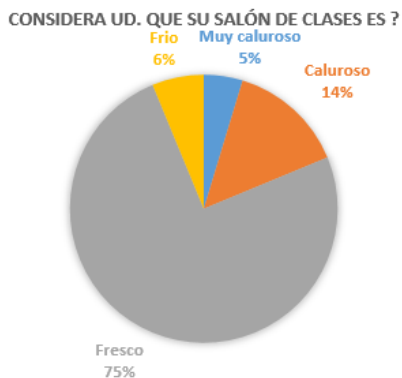
Tabla 13.- Resultados de la evaluación

Zona térmica	Día	Disconfort térmico (0°C a 17.9°C)	Confort térmico (18°C a 26°C)	Disconfort térmico (26.1°C a 40°C)
Zona 1	21 de diciembre	16.4°C		
	21 de junio		21°C	
	20 de marzo		20.3°C	
	21 de septiembre		19°C	
Zona 2	21 de diciembre		19.6°C	
	21 de junio		20.9°C	
	20 de marzo		20.2°C	
	21 de septiembre		18.9°C	
Zona 3	21 de diciembre	15.9°C		
	21 de junio	17.2°C		
	20 de marzo	16.5°C		
	21 de septiembre	15.1°C		
Zona 4	21 de diciembre		19.5°C	
	21 de junio		20.8°C	
	20 de marzo		20.1°C	
	21 de septiembre		20.1°C	
Zona 5	21 de diciembre		18.8°C	
	21 de junio		20°C	
	20 de marzo	17.8°C		
	21 de septiembre	17.8°C		

Nota: Elaborado por el autor de la tesis

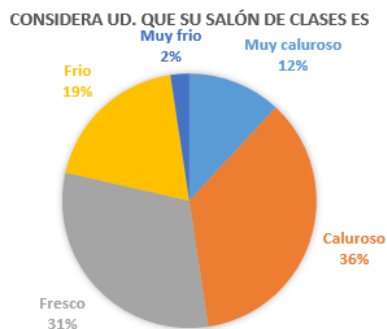
Es necesario realizar una comparación entre los resultados obtenidos por el programa y los datos obtenidos de las encuestas realizadas a los usuarios de la institución. A continuación, se presentan las gráficas de estos datos:

Gráficas 5.- Resultados de las encuestas de la modalidad matutina.



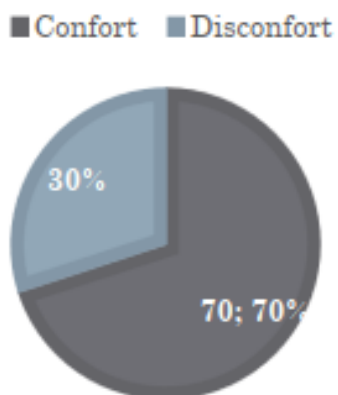
Nota: Elaborado por el autor de la tesis

Gráficas 6.- Resultados de las encuestas de la modalidad vespertina



Nota: Elaborado por el autor de la tesis

Gráficas 7.- Resultados de la evaluación con el software Ecotec



Nota: Elaborado por el autor de la tesis

De estos datos se demuestra que únicamente los estudiantes de la modalidad matutina tienen una percepción térmica similar a los datos que se obtuvieron luego del análisis en el ecotec. Mientras que, los alumnos de la modalidad vespertina perciben que la temperatura del ambiente interior de su salón de clases está en discomfort.

5 Conclusiones

Una vez culminada la investigación se comprobó que el software Ecotec es una herramienta de mucha utilidad en el proceso de diseño arquitectónico bioclimático, que interviene directamente en la generación de espacios con un correcto funcionamiento térmico. Para su adecuada utilización fue necesario una evaluación conceptual sobre cada uno de los factores que intervienen en el proceso, la relación que estos tienen con las condiciones climáticas del área de emplazamiento y el conocimiento de los estudios previamente realizados por otras personas en otras instituciones.

Luego de analizar toda la información técnica existente sobre las Unidades educativas del milenio, se llegó a la conclusión de que, las normas que se estandarizan para todas las intervenciones limitan el diseño de espacios 100% confortables para los estudiantes. En el caso de la escuela 16 de abril se exigió que el proyecto contara con todas las especificaciones de una escuela del milenio, en un área muy reducida de terreno.

Los resultados obtenidos en esta investigación contribuyeron para probar que la hipótesis planteada al inicio del estudio como base de la misma se cumple parcialmente.

La hipótesis es la siguiente:

“La solución arquitectónica de la Unidad Educativa 16 de abril genera bajas condiciones de confort térmico en las aulas de clase”.

Luego de considerar los resultados obtenidos del análisis, es evidente que, el estudio niega parcialmente la hipótesis, ya que, el 70% de los datos indican que las aulas de clase están en confort térmico la mayor parte de las horas de funcionamiento. Esta situación es contraria a lo que se pensó que sucedería al iniciar la investigación.

En términos generales, esta investigación nos demuestra que, a pesar de no haberse realizado estudios bioclimáticos al momento del diseño del proyecto, la mayoría de aulas están en confort térmico durante el año.

A continuación, se describen los datos más relevantes que demuestran el cumplimiento parcial de la hipótesis.

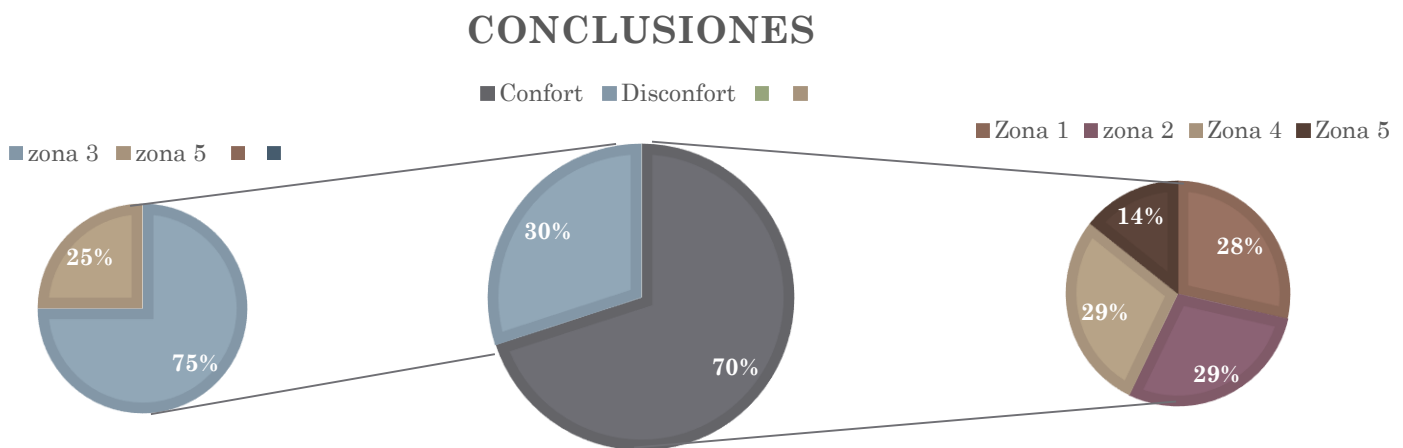
- La temperatura promedio diaria en el interior de las aulas de clase se mantiene entre los rangos de 15.1°C a 21°C durante las horas de funcionamiento.
- Se analizaron 5 zonas térmicas en 4 diferentes fechas del año, por lo que se obtuvieron 20 resultados diferentes, de los cuales: 6 indican que las aulas están bajo el rango de confort térmico con un promedio de 16.7°C durante la jornada laboral, mientras que 14 resultados muestran que están en confort térmico durante las horas de funcionamiento con un promedio de 19.6°C.
- Se evidencia que las zonas que cumplen con las condiciones de confort térmico representan un 70% del total estudiado, estas son: la zona 1, zona 2 y zona 4; las mismas que están ubicadas en torno a los patios centrales de la institución y cuentan con una adecuada ventilación y soleamiento durante todo el año.
- El 30% de los datos restantes corresponden a las zonas 3 y 5, teniendo una temperatura promedio de 16.71°C por lo que es evidente que estas se encuentran bajo el rango de confort térmico admisible.
- Se pudo observar que el 20% de estos resultados pertenecen a la zona de estudio 3 y el 10% restante pertenece a la zona térmica 5.
- La zona de estudio 3 es la que mayores problemas presentan, ya que, en ninguna época del año está en confort térmico, esto se debe a que se encuentra complemente

aislada de los patios de la institución, además está rodeada por una serie de barreras arquitectónicas que impiden el paso adecuado del aire y el sol al interior del espacio, además se debe toma en cuenta que esta alberga a niños del inicial, por lo que es más preocupante la situación.

- En la zona de estudio 5 el problema de discomfort térmico se presenta en 2 fechas correspondientes a los equinoccios, por lo que se puede decir que la mitad del tiempo esta aula está en confort térmico, el problema se presenta en esta debido a que solo una parte está directamente relacionada con el patio central.

Es necesario generar un gráfico en el que se vean plasmadas las conclusiones de la Investigación (ver gráfico 8).

Gráficas 8.- Resultados de la evaluación con el software Ecotec



Nota: Elaborado por el autor de la tesis

Leyenda:

Zona 1.- Orientada en dirección sur, en la mitad de un bloque alargado de aulas.

Zona 2.- Junto a la entrada principal.

Zona 3.- Orientada en dirección sur, junto a un pasillo cubierto.

Zona 4.- Frente al ingreso principal.

Zona 5.- Ubicada en una esquina del bloque B1, junto a los graderíos.

6 Recomendaciones

Para corregir los problemas detectados se darán tres clases de recomendaciones unas de tipo general, otras de tipo administrativo y otras de tipo técnico - constructivo. La implementación de estas permitirá que los espacios existentes cuenten con buenas condiciones de confort térmico para los estudiantes.

Las recomendaciones son las siguientes:

Generarles:

- Se debe institucionalizar la contratación de estudios bioclimáticos dentro de los pliegos de un proyecto, ya sea público o privado, se debe contar con un equipo multidisciplinario que genere la mayor eficiencia.
- Dentro de las normas existentes para la construcción de instituciones educativas se debe implementar estrategias de diseño bioclimático que vayan de acorde a cada región del Ecuador, con el fin de generar edificios sustentables en el país.
- Este estudio es solo una pequeña parte de todo el análisis bioclimático que se puede realizar para el diseño de edificaciones, por esta razón es recomendable que en futuros estudio se abarquen aspectos como: ventilación, iluminación, sistemas de recolección de aguas lluvia, captación solar pasiva, entre otros; todo esto con el fin de mejorar la calidad de vida de los usuarios.

Administrativas:

- El rector o la persona a cargo de la administración general de la institución debe exigir que se realicen estudios bioclimáticos al momento del diseño del proyecto con el fin de aprovechar al máximo las condiciones naturales de cada lugar generando un diseño

pasivo que es un método utilizado con el fin de obtener edificios que logren su acondicionamiento ambiental con factores naturales lo que supondría un ahorro económico sustancial, mejoraría las condiciones de confort térmico en el interior de sus espacios lo que a su vez hace que los usuarios rindan más, y reduciría el impacto ambiental generado por la obra.

- El rector de la institución debería tomar la decisión de reubicar a los estudiantes de las aulas con problemas en otros salones que cuenten con buenas condiciones de confort térmico y mover a esta zona laboratorios, ya que, estos se ocupan esporádicamente.

Técnico - constructivas

Los problemas que se evidenciaron fueron únicamente en las zonas 3 y 5, por esa razón las recomendaciones van dirigidas únicamente a estas 2 aulas.

- En el caso de la zona 3 que se encuentra en disconfort térmico durante todo el año, se debe considerar la posibilidad de realizar una corrección arquitectónica mediante el control de la calefacción solar pasiva por medio de sistemas captadores indirectos, esto implicaría colocar un muro invernadero en la fachada posterior del aula para así captar de energía de radiación solar mediante el cristal, acumularla e ingresarla al interior del espacio, haciendo que la temperatura interior se eleve y los espacios sean confortables para los usuarios. Con esta recomendación se evitaría el colocar aparatos eléctricos de calefacción y tampoco se afectaría la construcción original.
- En el caso de la zona 3 y la zona 5 se debería generar un aislamiento térmico en base a fibras de madera. La principal ventaja de utilizar este material es que aumentara la temperatura interior del espacio. En este caso se deberá colocar piso flotante sobre el

suelo de las aulas, ya que, es una solución rápida y de fácil instalación que permitirá que al ambiente interior sea confortable, además se lo puede colocar directamente sobre el piso de cerámica por lo que su instalación no representaría una interrupción en las labores diarias ni la generación de desperdicios.

7 Bibliografía

- Brundtland, O. y. (1987). Nuestro Futuro Común - Informe Brundtland. Tokio.
- Chávez Juárez, W. A. (2009). Diseño y remodelación de aula bioclimática. Santa Ana de ITCA–FEPADE: ITCA Editores.
- Designing Buildings, “. C. (11 de Marzo de 2015). Designing Buildings Wiki. Obtenido de https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Thermal_comfort_in_buildings
- Edwards, B. (2014). Guía básica de sustentabilidad 2ª ed. Londres: Editorial Gustavo Gili.
- Espejo, J. P. (2011). ANÁLISIS DEL CONFORT TÉRMICO EN EL PROCESO DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Espejo, J. P. (2011). ANÁLISIS DEL CONFORT TÉRMICO EN EL PROCESO DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO. Loja.
- Espejo, J. P. (2014). ANÁLISIS DEL CONFORT TÉRMICO EN EL PROCESO DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO. APLICACIÓN DE SOFTWARE ECOTEC. Loja: UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA.
- Fedrizzi, R. (2016). Guía de Conceptos Básicos de Edificios verdes y LEED- 2da ed. Washington, DC: U.S. Green Building Council.
- Fernández, J. C. (2010). Aplicación de arquitectura bioclimática en centros escolares rurales de El Salvador. Revista Tecnológica, 11-13.
- Fredy Huaylla, A. G. (2009). Arquitectura blioclimática con énfasis en viviendas altoandinas. CER - UNI .
- Gaisma. (26 de Noviembre de 2018). Obtenido de <https://www.gaisma.com/en/location/azogues.html>
- Gerald A. Lieberman, P. y. (1998). Closing the Achievement Gap: Using the Environment as an Integrating Context for Learning. State Education and Environment Roundtable. San Diego, California: Poway CA.
- Heywood, H. (2015). 101 reglas básicas para edificios y ciudades sostenibles. Barcelona - España : Gustavo Gili.

- INSIVUMEH. (2018). Solsticios y Equinoccios .
- ISO 7730, n. (2006). Ergonomía del ambiente térmico. Madrid: Aenor.
- MIDUVI, M. d. (2013). NEC cap 15 intalaciones electrodomesticas. Quito, Ecuador.
- Minke, G. (2005). Manual de construcción en tierra. Kaseel, Alemania: Editorial Fin de siglo.
- Molina, A. D. (2014). DIAGNÓSTICO PARA LA INTERVENCIÓN DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA LA ESCUELA 16 DE ABRIL. Azogues.
- Morales, M. T. (2018). DIPLOMADO DE CONSTRUCCIÓN EN TIERRA CRUDA Y BIOCLIMÁTICA. Quito.
- Moyano, M. P. (2012). CONFORT TÉRMICO en el área soci al de una vivienda unif amiliar. Cuenca.
- NEC cap.13, N. E. (2014). Eficiencia energética en la construcción en Ecuador.
- pedagógica, C. v. (8 de septiembre de 2017). Arquitectura Escolar Contemporánea. Bogotá, Bogotá, Colombia.
- Piacentini, S. (2013). Energy book series - Volume # 1 Materials and processes dor energy: communicating current research and technological developments. Madris: Formatex.
- Reyes, M. R. (2008). Espacios educativos y desarrollo: Alternativas desde la sustentabilidad y la regionalización. Investigación y ciencia de la universidad autónoma de Aguascalientes - Mexico , 10.
- Río, A. D. (2013). REFLEXIONES SOBRE LA ARQUITECTURA SUSTENTABLE EN MÉXICO. Revista Legado de Arquitectura y Diseño, 77-91.
- Rosa María Rodríguez Jiménez, Á. B. (2004). Meteorología y climatología . Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.
- Serra, H. C. (2005). Arquitectura y energia natural. Mexico D.F: Alfaomega.
- Tagma. (2016). Escuela sustentable. Canelones, Uruguay.
- Trebilcock Kelly, M., Soto Muñoz, J., Figueroa San Martin, R., & Moreno, B. (2016). Metodología para el diseño de edificios educacionales confortables y resilientes. Revista AUS, 70-76.

- Trebilcock Kelly, M., Soto Muñoz, J., Figueroa San Martín, R., & Piderit Moreno, B. (2016). Metodología para el diseño de edificios educacionales confortables y resilientes. *Revista AUS*, 70.
- Ugarte, J. (2013). *GUIA DE ARQUITECTURA BIOCLIMATICA. INSTITUTO DE ARQUITECTURA TROPICAL.*
- V. Loftness, V. H. (2008). Soporte para la toma de decisiones sobre inversiones en construcción (Building Investment Decision Support, BIDS™): Herramienta rentable para promover componentes de alto desempeño, infraestructuras flexibles e integración de sistemas para edificios comer. AIA.
- Valverde, K. S. (2013). *CONFORT TÉRMICO PARA VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE CUENCA.* Cuenca.
- Zapata, A. M. (2017). Habitabilidad de las Unidades Educativas del Milenio Estandarizadas, en el Ecuador para la región Sierra. Cataluña.

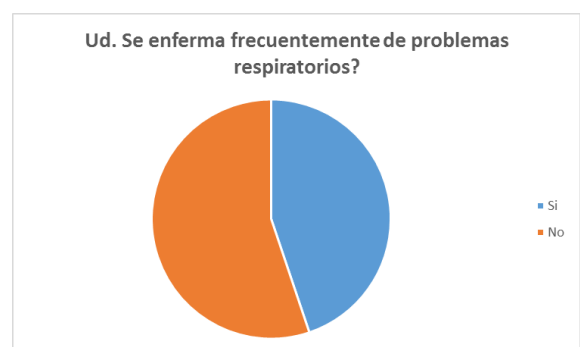
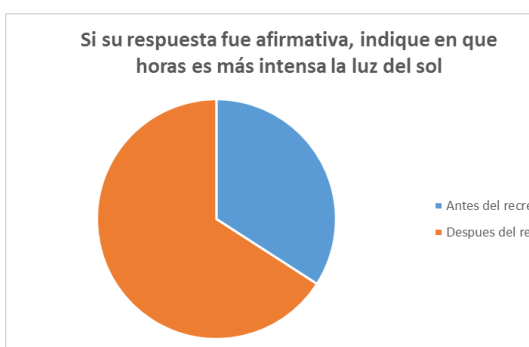
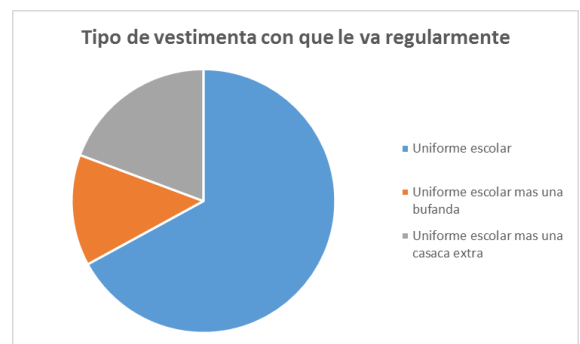
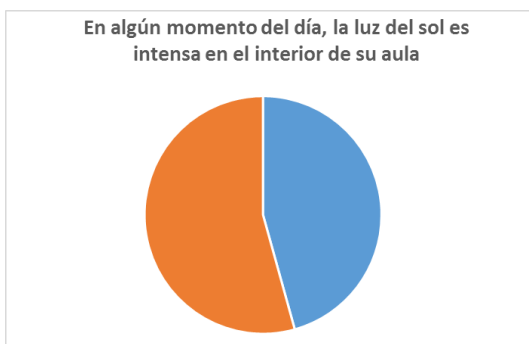
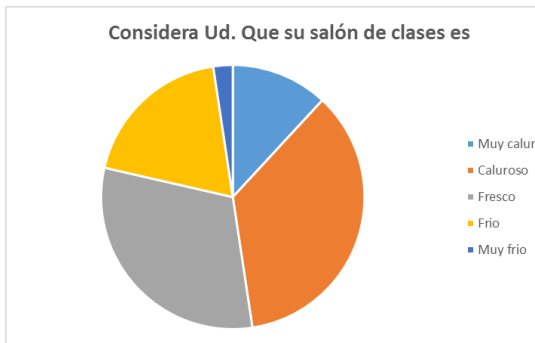
8 Anexos

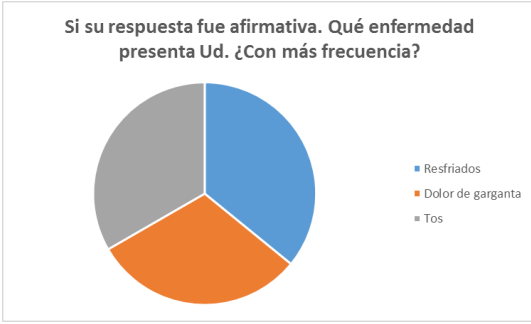
Anexo 1

Resultados de las encuestas aplicadas a los estudiantes

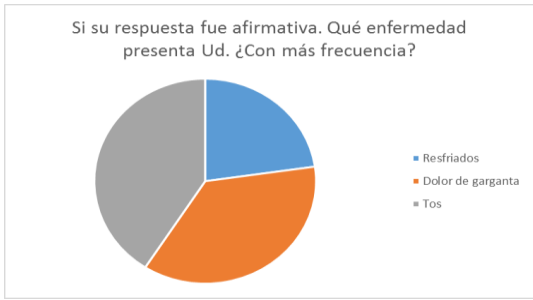
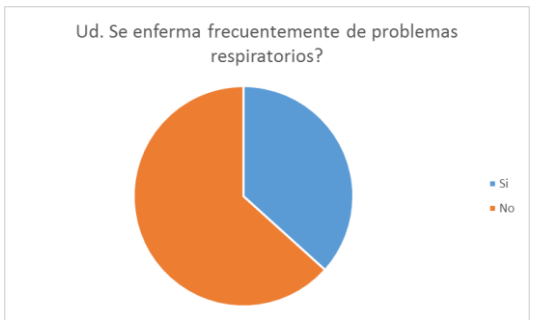
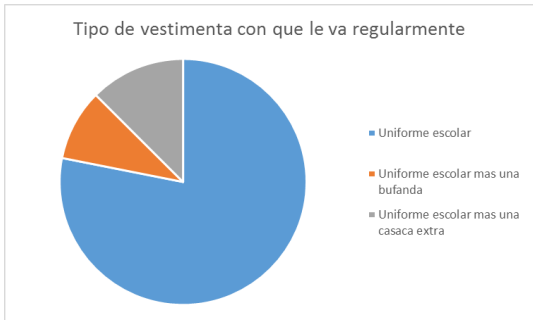
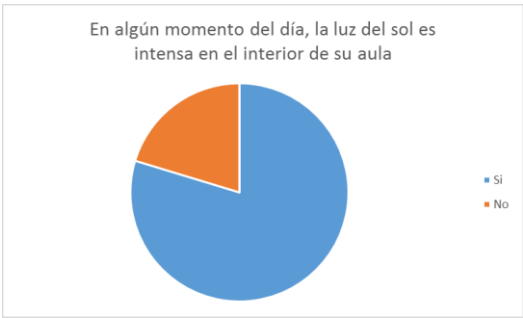
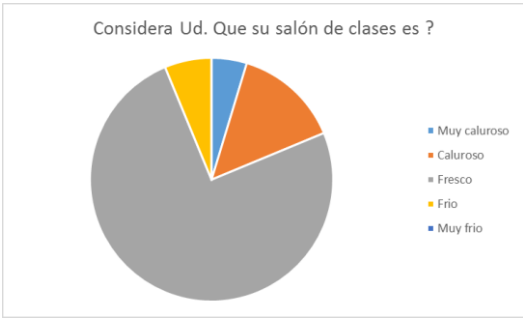


Modalidad matutina





Modalidad vespertina

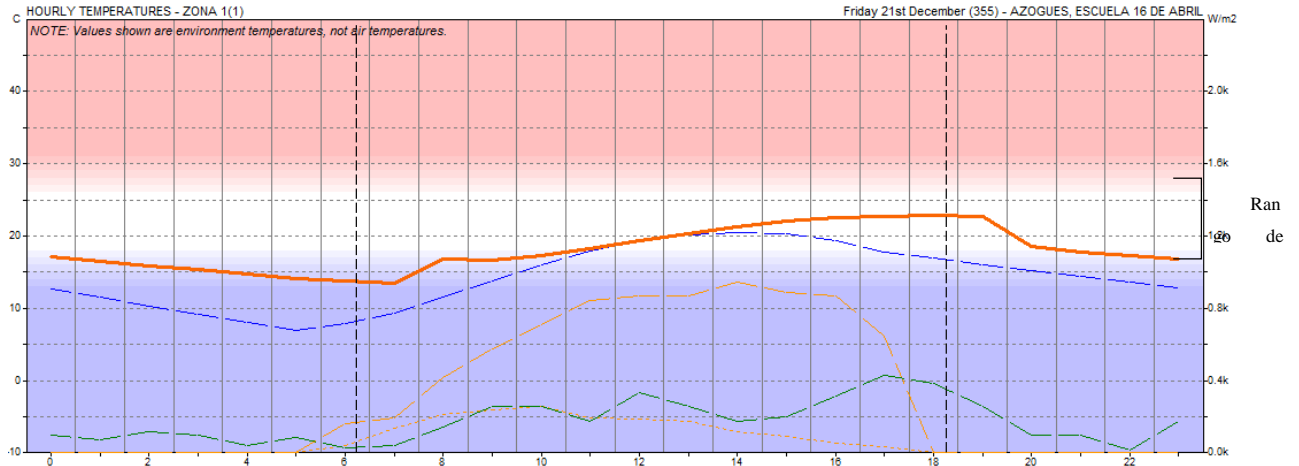
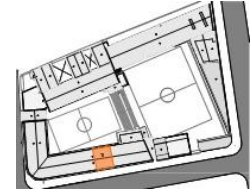


Anexo 2

Resultados de la evaluación de confort térmico

Zona térmica 1

Solsticio – 21 de diciembre



Leyenda

Temperatura promedio de la zona térmica

Temperatura promedio exterior

Resultados Zona 1

Banda de confort térmico: 18 C – 26 C

Temperatura promedio (todo el día): 15.3 C

Temperatura interna promedio (horas de funcionamiento): 19.7 C

Superficie total: 157.260 m²

Área total expuesta: 157.260 m²

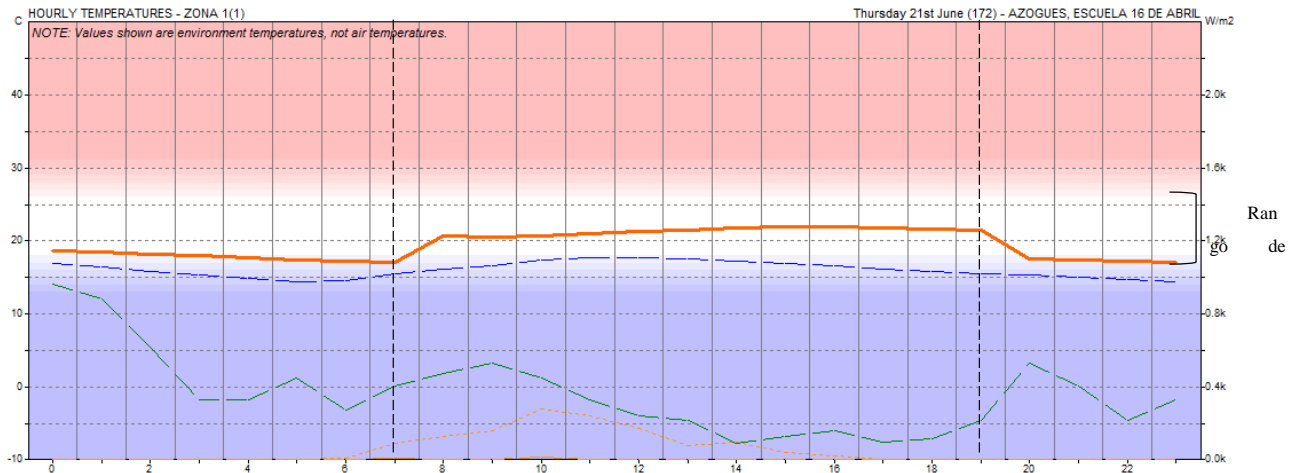
Conductividad total (AU): 392 W/°K

Admitancia total (AY): 646 W/°K

HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP. DIF (C)
00	17.1	12.6	4.5
01	16.5	11.5	5.0
02	15.9	10.3	5.6
03	15.3	9.2	6.1
04	14.7	8.0	6.7
05	14.1	6.9	7.2
06	13.7	7.9	5.8
07	13.4	9.4	4.0
08	16.9	11.6	5.3
09	16.7	13.8	2.9
10	17.3	16.0	1.3
11	18.2	17.9	0.3
12	19.3	19.3	0.0
13	20.3	20.1	0.2
14	21.3	20.5	0.8
15	22.1	20.3	1.8
16	22.6	19.4	3.2
17	22.7	17.7	5.0
18	22.8	16.9	5.9
19	22.6	16.1	6.5

En horas de no ocupación la temperatura interna se mantiene térmico con un promedio de 15.3°C, a las 7:00 inicia en 13.4°C y va aumentando gradualmente, a las 8:00 existe un aumento de 3.5°C, manteniéndose bajo la banda de confort térmico, de 8:00 a 12:00, aumenta 2.4°C con una temperatura de 19.3 °C, de 12:00 a 18:00 esta sigue aumentando hasta llegar a su máximo valor de 22.8°C, luego desciende hasta 22.6°C para las 19:00.

Solsticio – 21 de junio



Leyenda

Temperatura promedio de la zona térmica

Temperatura promedio exterior

Resultados Zona 1

Banda de confort térmico: 18 C – 26 C

Temperatura promedio (todo el día): 16.7 C

Temperatura interna promedio (horas de funcionamiento): 21 C

Superficie total: 157.260 m2

Área total expuesta: 157.260 m2

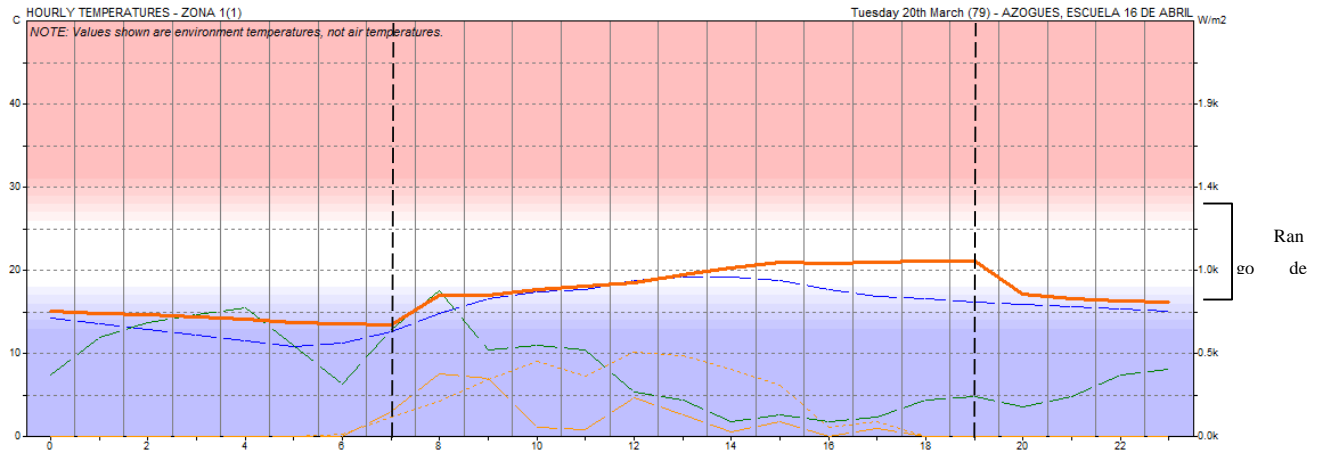
Conductividad total (AU): 392 W/°K

Admitancia total (AY): 646 W/°K

HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00	18.7	17.0	1.7
01	18.5	16.5	2.0
02	18.2	15.9	2.3
03	18.0	15.4	2.6
04	17.7	14.9	2.8
05	17.5	14.4	3.1
06	17.2	14.6	2.6
07	17.1	15.5	1.6
08	20.6	16.1	4.5
09	20.5	16.6	3.9
10	20.7	17.4	3.3
11	21.1	17.8	3.3
12	21.4	17.8	3.6
13	21.5	17.5	4.0
14	21.8	17.3	4.5
15	22.0	16.9	5.1
16	21.9	16.6	5.3
17	21.8	16.2	5.6
18	21.6	15.9	5.7
19	21.4	15.6	5.8

En horas de no ocupación la temperatura interna se mantiene muy cerca la banda de confort térmico con un promedio de 17.9°C, en horas de ocupación la temperatura aumenta significativamente llegando a una temperatura de 22.1°C a las 15:00, desde esa hora hasta las 19:00 la temperatura empieza a descender llegando a 21.4°C al momento que cesan las actividades en la institución.

Equinoccio - 20 de marzo



Leyenda

- Temperatura promedio de la zona térmica
- Temperatura promedio exterior

Resultados

Banda de confort térmico: 18 C – 26 C

Temperatura promedio (todo el día): 16.3 C

Temperatura interna promedio (horas de funcionamiento): 19 C

Superficie total: 157.260 m2

Área total expuesta: 157.260 m2

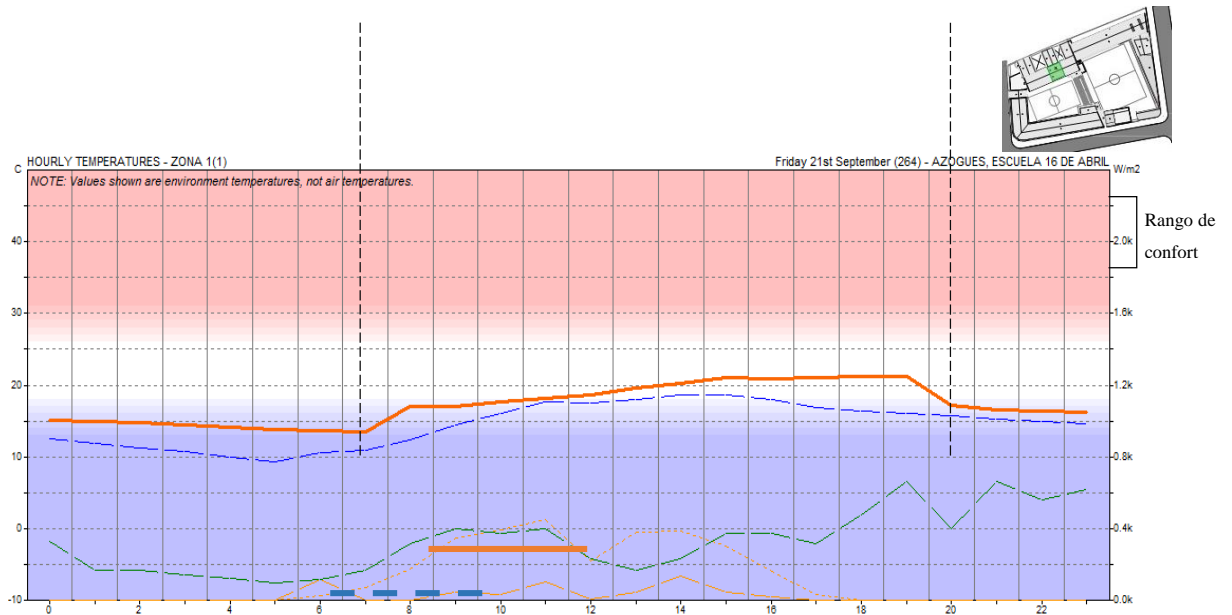
Conductividad total (AU): 392 W/°K

Admitancia total (AY): 646 W/°K

HOOR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP. DIF (C)
00	15.2	14.3	0.9
01	14.9	13.6	1.3
02	14.7	13.0	1.7
03	14.5	12.3	2.2
04	14.1	11.6	2.5
05	13.8	10.9	2.9
06	13.7	11.3	2.4
07	13.5	12.7	0.8
08	17.0	14.8	2.2
09	17.0	16.7	0.3
10	17.7	17.5	0.2
11	18.1	17.7	0.4
12	18.6	18.8	-0.2
13	19.6	19.2	0.4
14	20.3	19.2	1.1
15	21.0	18.9	2.1
16	20.9	17.8	3.1
17	21.0	16.9	4.1
18	21.2	16.6	4.6
19	21.2	16.3	4.9

En horas de no ocupación la temperatura interna se mantiene bajo la banda de confort térmico con un promedio de 14.4°C, en horas de ocupación la temperatura se incrementa, en la primera hora de funcionamiento de 7:00 a 8:00 existe un aumento de 3.5°C, y manteniendo así durante 2 horas con una temperatura de 17°C, de 9:00 a 11:00 existe una variación de apenas 1.1°C, ingresando a la banda de confort térmico con 18.1°C, de 11:00 a 15:00 la temperatura asciende a 21°C, variando en las siguientes horas hasta llegar a 21.2°C al terminar la jornada a las 19:00.

Equinoccio - 21 septiembre



Leyenda

Temperatura promedio de la zona térmica

Temperatura promedio exterior

Resultados Zona 1

Banda de confort térmico: 18 C – 26 C

Temperatura promedio (todo el día): 14.4 C

Temperatura interna promedio (horas de funcionamiento): 19 C

Superficie total: 157.260 m2

Área total expuesta: 157.260 m2

Conductividad total (AU): 392 W/°K

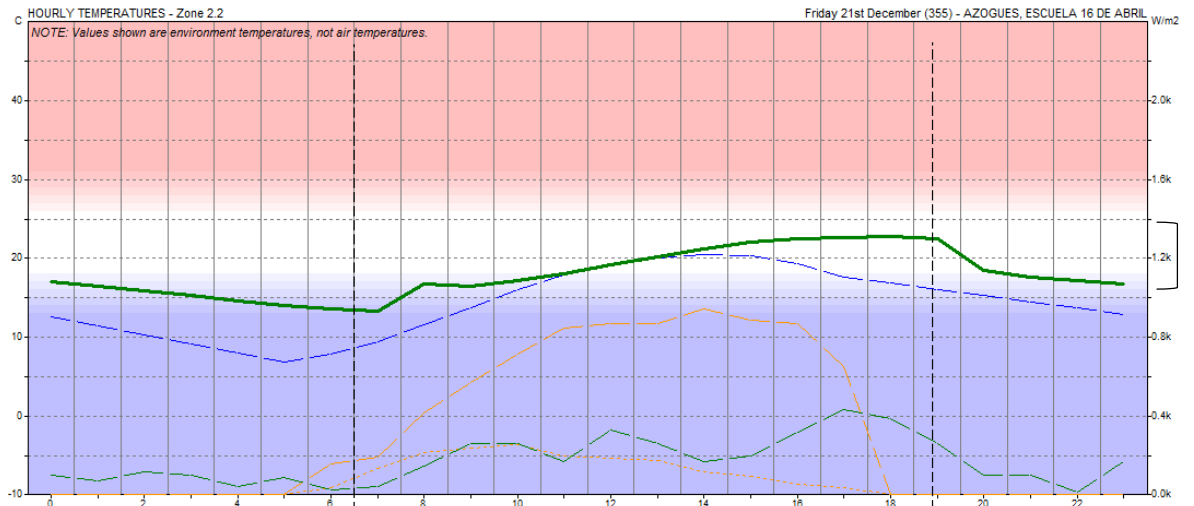
Admitancia total (AY): 646 W/°K

HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP. DIF (C)
00	15.2	12.5	2.7
01	14.9	11.9	3.0
02	14.7	11.3	3.4
03	14.5	10.7	3.8
04	14.1	10.0	4.1
05	13.8	9.4	4.4
06	13.7	10.6	3.1
07	13.5	11.0	2.5
08	17.0	12.3	4.7
09	17.0	14.5	2.5
10	17.7	16.0	1.7
11	18.1	17.7	0.4
12	18.6	17.5	1.1
13	19.6	18.0	1.6
14	20.3	18.7	1.6
15	21.0	18.7	2.3
16	20.9	18.0	2.9
17	21.0	16.8	4.2
18	21.2	16.4	4.8
19	21.2	16.1	5.1

En horas de no ocupación la temperatura interna se mantiene bajo la banda de confort térmico con un promedio de 14.4°C. La jornada inicio con una temperatura de 13.5°C, la temperatura va variando hasta llegar a 21°C a las 15:00 y manteniéndose en ese rango hasta las 19:00, por lo que está aula de clase se mantiene en la mitad de la banda de confort térmico la mayor parte del tiempo.

Zona térmica 2

Solsticio - 21 diciembre



Rango de confort

Leyenda

Temperatura promedio de la zona térmica ———

Temperatura promedio exterior - - - - -

Resultados

Banda de confort térmico: 18 C – 26 C

Temperatura promedio (todo el día): 16 C

Temperatura interna promedio (horas de funcionamiento): 19.6 C

Superficie total: 151.799 m²

Área total expuesta: 151.799 m²

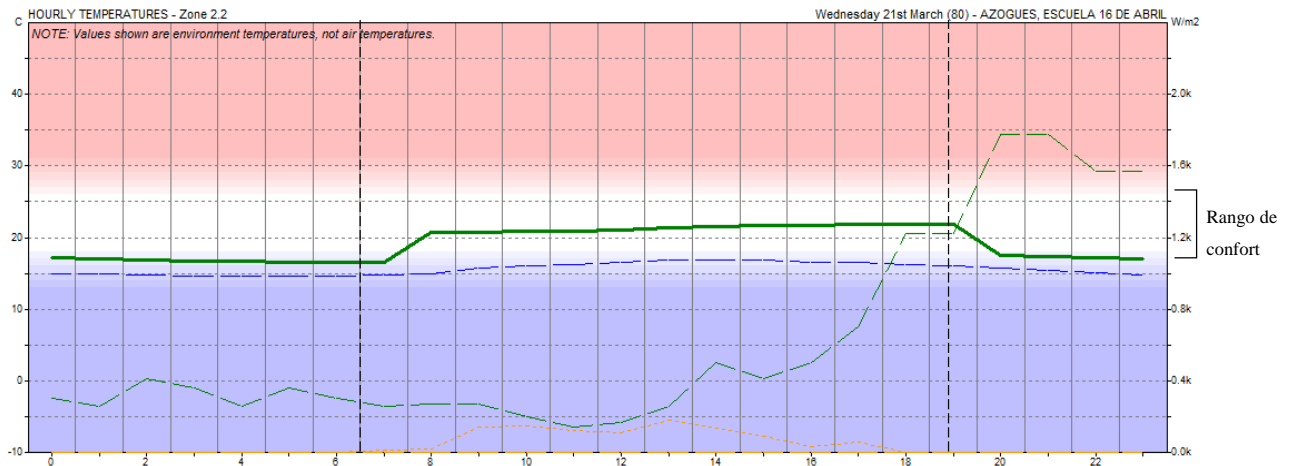
Conductividad total (AU): 381 W/°K

Admitancia total (AY): 624 W/°K

HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00	17.1	12.6	4.5
01	16.5	11.5	5.0
02	15.9	10.3	5.6
03	15.3	9.2	6.1
04	14.7	8.0	6.7
05	14.1	6.9	7.2
06	13.7	7.9	5.8
07	13.4	9.4	4.0
08	16.7	11.6	5.1
09	16.5	13.8	2.7
10	17.2	16.0	1.2
11	18.1	17.9	0.2
12	19.2	19.3	-0.1
13	20.2	20.1	0.1
14	21.2	20.5	0.7
15	22.0	20.3	1.7
16	22.5	19.4	3.1
17	22.7	17.7	5.0
18	22.7	16.9	5.8
19	22.6	16.1	6.5

En horas de no ocupación la temperatura interna se mantiene bajo la banda de confort térmico con un promedio de 15.3°C. Al inicio de la jornada la temperatura es de 13.4°C, esta va aumentando paulatinamente durante el día, hasta ingresar a la banda de confort térmico con 19.2°C, de 12:00 a 15:00 aumenta 2.8°C y se mantiene en entre los 22°C y 22.7°C hasta terminar la jornada de trabajo.

Solsticio - 21 junio



Leyenda

Temperatura promedio de la zona térmica

Temperatura promedio exterior

Resultados

Banda de confort térmico: 18 C – 26 C

Temperatura promedio (todo el día): 15.9 C

Temperatura interna promedio (horas de funcionamiento): 20.2

Superficie total: 151.799 m2

Área total expuesta: 151.799 m2

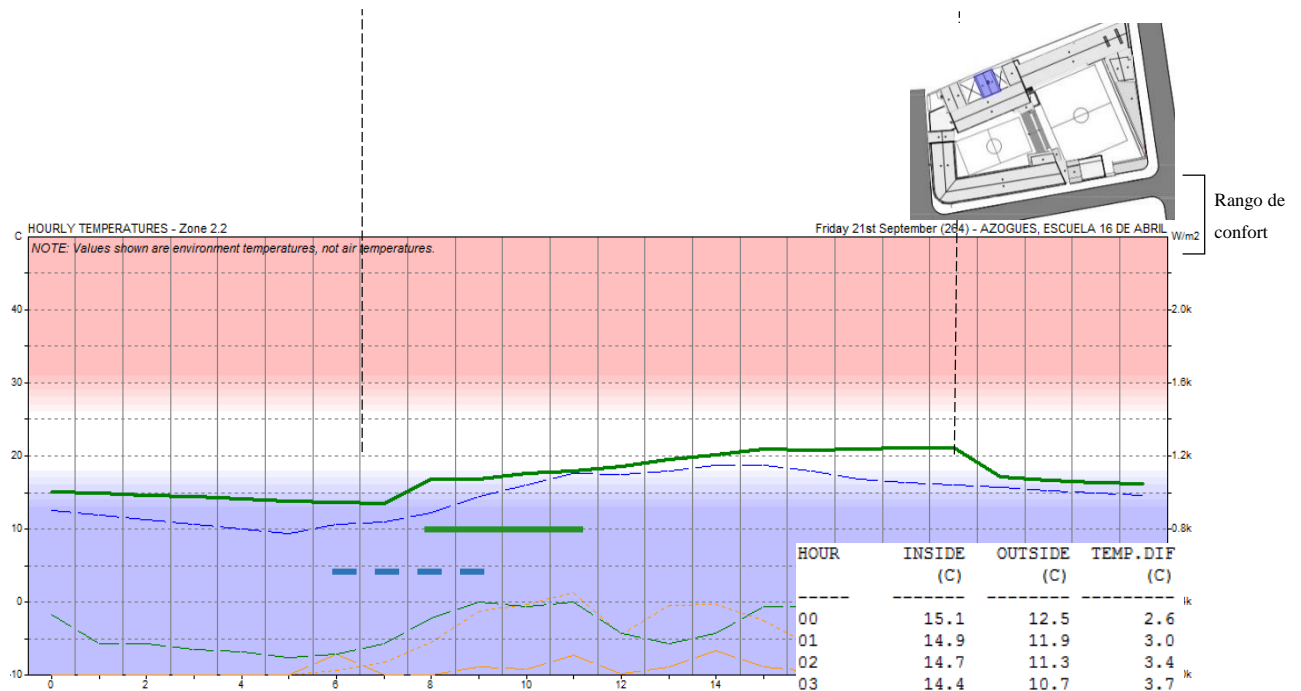
Conductividad total (AU): 381 W/°K

Admitancia total (AY): 624 W/°K

HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00	16.9	15.0	1.9
01	16.8	14.9	1.9
02	16.7	14.8	1.9
03	16.5	14.7	1.8
04	16.5	14.6	1.9
05	16.4	14.6	1.8
06	16.4	14.6	1.8
07	16.4	14.8	1.6
08	19.9	14.9	5.0
09	20.0	15.7	4.3
10	20.1	16.1	4.0
11	20.2	16.3	3.9
12	20.3	16.5	3.8
13	20.6	16.8	3.8
14	20.8	16.9	3.9
15	20.9	16.9	4.0
16	20.9	16.6	4.3
17	21.1	16.6	4.5
18	21.1	16.3	4.8
19	21.0	16.0	5.0

En horas de no ocupación la temperatura interna está por debajo de la banda de confort térmico con un promedio de 16.6°C. A las 7:00 la temperatura del espacio es de 16.4°C, de 7:00 a 9:00 la temperatura aumenta 3.6°C, ingresando así a la banda de confort térmico con 20°C, desde las 9:00 a 17:00 la temperatura se mantiene en un rango de 20°C a 21.1°C, a partir de las 17:00 hasta las 19:00 esta es constante, comprobando así que la zona 2 está en confort térmico en esta época del año.

Equinoccio - 21 septiembre



Leyenda

Temperatura promedio de la zona térmica

Temperatura promedio exterior

Resultados

Banda de confort térmico: 18 C – 26 C

Temperatura promedio (todo el día): 14.3 C

Temperatura interna promedio (horas de funcionamiento): 18.9

Superficie total: 151.799 m²

Área total expuesta: 151.799 m²

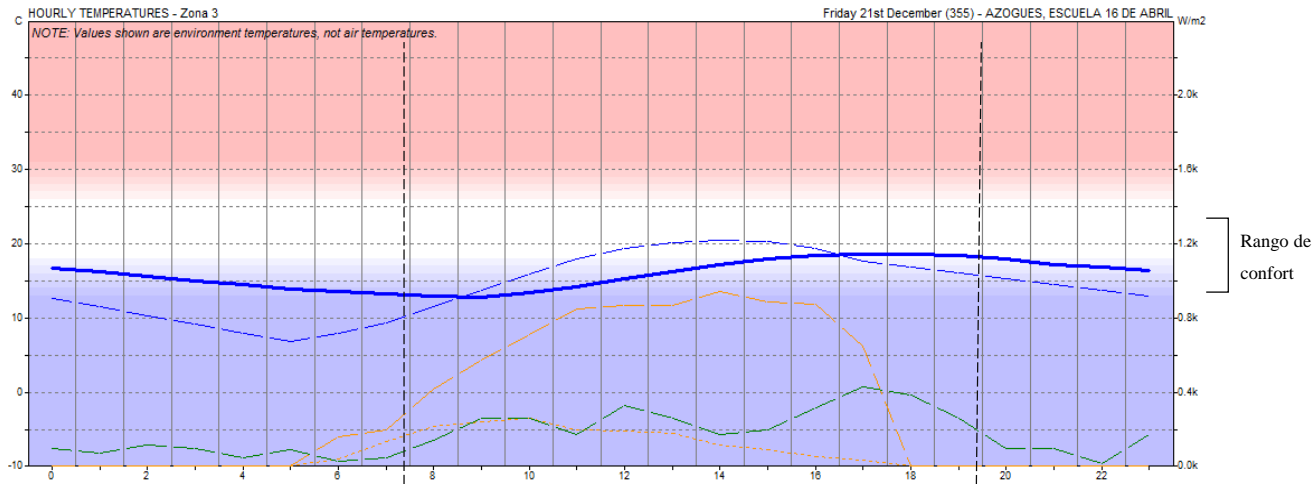
Conductividad total (AU): 381 W/°K

Admitancia total (AY): 624 W/°K

En horas de no ocupación la temperatura interna está por debajo de la banda de confort térmico con un promedio de 14.3°C. En horas de ocupación la temperatura va aumentando de 12:00 a 15:00 la temperatura sube hasta los 21°C, a partir de esta hora la temperatura va variando entre los 20.8°C hasta finalizar la jornada a las 19:00 con una temperatura de 21.1°C, manteniéndose la mayor parte del tiempo en confort térmico.

Zona térmica 3

Solsticio 21 diciembre



Leyenda

Temperatura promedio de la zona térmica —————

Temperatura promedio exterior - - - - -

Resultados

Banda de confort térmico: 18 C – 26 C

Temperatura promedio (todo el día): 15 C

Temperatura interna promedio (horas de funcionamiento): 15.9 C

Superficie total: 184.700 m2

Área total expuesta: 128.635 m2

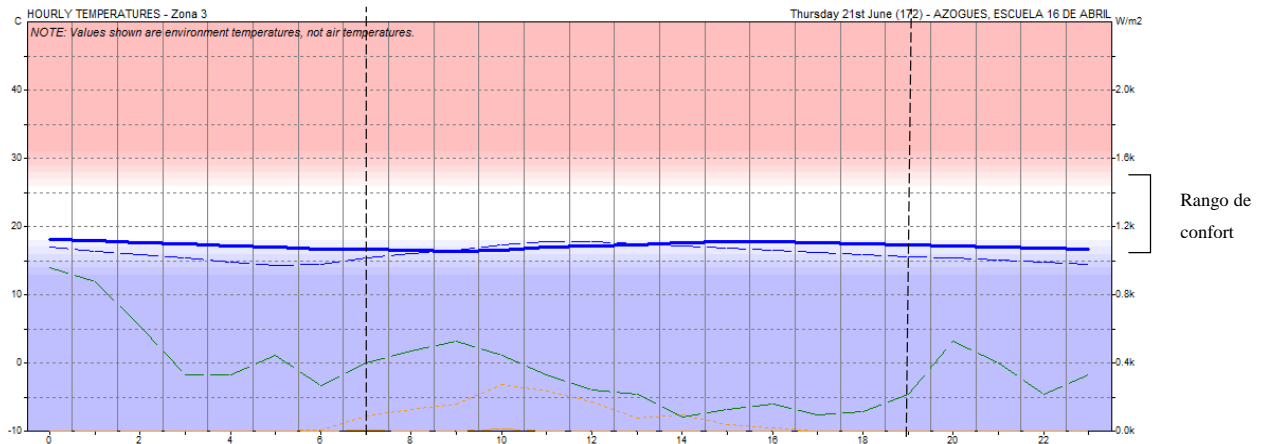
Conductividad total (AU): 392 W/°K

Admitancia total (AY): 751 W/°K

HOURLY	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP. DIF (C)
00	16.7	12.6	4.1
01	16.2	11.5	4.7
02	15.6	10.3	5.3
03	15.0	9.2	5.8
04	14.5	8.0	6.5
05	13.9	6.9	7.0
06	13.5	7.9	5.6
07	13.2	9.4	3.8
08	13.0	11.6	1.4
09	12.8	13.8	-1.0
10	13.4	16.0	-2.6
11	14.2	17.9	-3.7
12	15.3	19.3	-4.0
13	16.2	20.1	-3.9
14	17.2	20.5	-3.3
15	17.9	20.3	-2.4
16	18.4	19.4	-1.0
17	18.5	17.7	0.8
18	18.6	16.9	1.7
19	18.4	16.1	2.3

En horas de no ocupación la temperatura interna está por debajo de la banda de confort térmico con un promedio de 15°C. Al inicio de la jornada la temperatura se encuentra en 13.2°C, desde las 15:00 hasta las 19:00 esta va variando muy poco llegando a los 18.4°C, con estos resultados es evidente que esta zona de estudio permanece la mayor parte del tiempo en disconfort térmico.

Solsticio - 21 de junio



Leyenda

Temperatura promedio de la zona térmica

Temperatura promedio exterior

Resultados

Banda de confort térmico: 18 C – 26 C

Temperatura promedio (todo el día): 16.7 C

Temperatura interna promedio (horas de funcionamiento): 17.2 C

Superficie total: 184.700 m²

Área total expuesta: 128.635m²

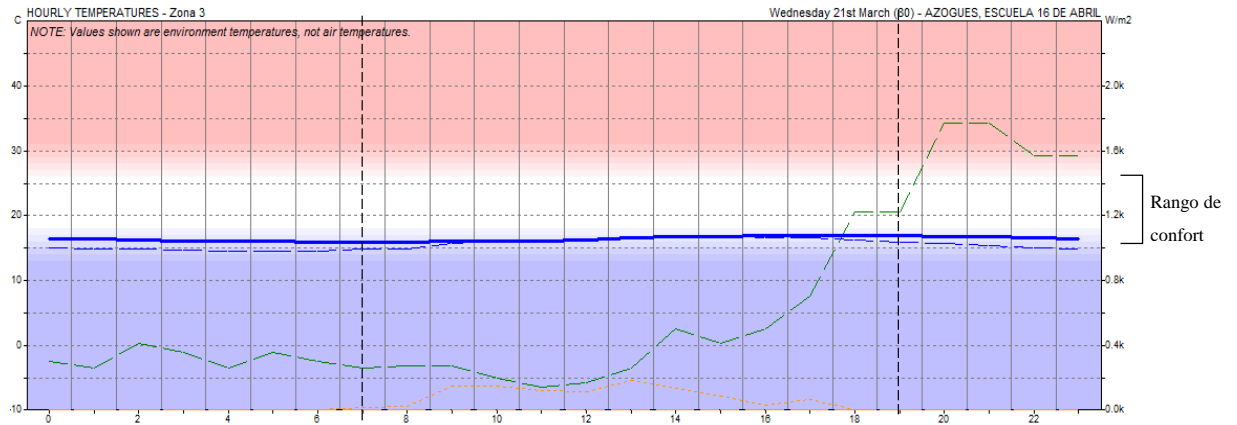
Conductividad total (AU): 392 W/°K

Admitancia total (AY): 751 W/°K

HOOR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00	18.2	17.0	1.2
01	18.0	16.5	1.5
02	17.8	15.9	1.9
03	17.5	15.4	2.1
04	17.3	14.9	2.4
05	17.0	14.4	2.6
06	16.8	14.6	2.2
07	16.7	15.5	1.2
08	16.6	16.1	0.5
09	16.4	16.6	-0.2
10	16.6	17.4	-0.8
11	17.0	17.8	-0.8
12	17.2	17.8	-0.6
13	17.4	17.5	-0.1
14	17.7	17.3	0.4
15	17.8	16.9	0.9
16	17.8	16.6	1.2
17	17.6	16.2	1.4
18	17.5	15.9	1.6
19	17.3	15.6	1.7

En horas de no ocupación la temperatura interna está por debajo de la banda de confort térmico con un promedio de 16.7°C. Al iniciar la jornada se tiene una temperatura de 16.7°C, 7:00 a 15:00 existe un aumento de 1.1°C llegando a una temperatura de 17.8°C, que es el valor más alto en toda la jornada de trabajo, desde las 15:00 hasta las 19:00 la temperatura va descendiendo lentamente hasta llegar a 17.3°C. Es evidente que esta aula de clase no se encuentra en confort térmico durante todo el día.

Equinoccio - 20 de marzo



Leyenda

Temperatura promedio de la zona térmica

Temperatura promedio exterior

Resultados

Banda de confort térmico: 18 C – 26 C

Temperatura promedio (todo el día): 15.9 C

Temperatura interna promedio (horas de funcionamiento): 16.5 C

Superficie total: 184.700 m²

Área total expuesta: 128.635m²

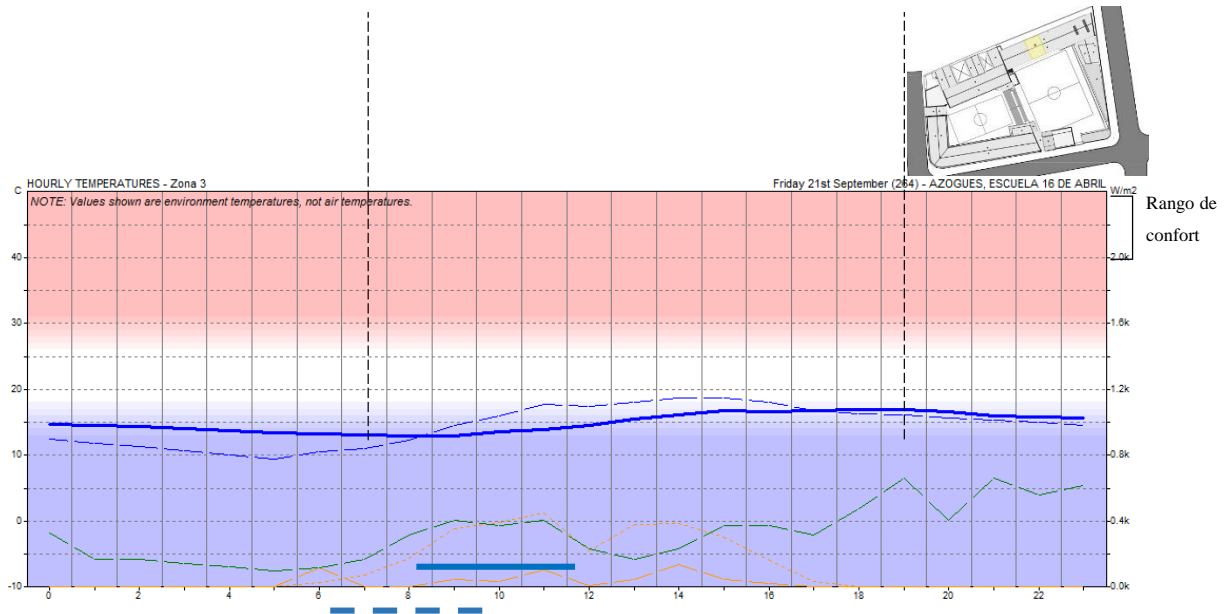
Conductividad total (AU): 392 W/°K

Admitancia total (AY): 751 W/°K

HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00	16.5	15.0	1.5
01	16.4	14.9	1.5
02	16.3	14.8	1.5
03	16.1	14.7	1.4
04	16.1	14.6	1.5
05	16.0	14.6	1.4
06	16.0	14.6	1.4
07	16.0	14.8	1.2
08	15.9	14.9	1.0
09	16.0	15.7	0.3
10	16.1	16.1	-0.0
11	16.2	16.3	-0.1
12	16.2	16.5	-0.3
13	16.6	16.8	-0.2
14	16.8	16.9	-0.1
15	16.8	16.9	-0.1
16	16.9	16.6	0.3
17	17.0	16.6	0.4
18	17.0	16.3	0.7
19	17.0	16.0	1.0

En horas de no ocupación la temperatura interna está por debajo de la banda de confort térmico con un promedio de 15.9°C. La temperatura al iniciar las labores es de 16°C, esta no varía considerablemente en el transcurso del día, a partir de las 17:00 la temperatura alcanza 17°C y se mantiene así durante las 3 horas restantes de labores hasta las 19:00. Esta aula de clases durante todas las horas de funcionamiento se encuentra por debajo de la banda de confort térmico.

Equinoccio 21 de septiembre



Leyenda

Temperatura promedio de la zona térmica

Temperatura promedio exterior

Resultados

Banda de confort térmico: 18 C – 26 C

Temperatura promedio (todo el día): 14.3 C

Temperatura interna promedio (horas de funcionamiento): 15.1 C

Superficie total: 184.700 m²

Área total expuesta: 128.635m²

Conductividad total (AU): 392 W/°K

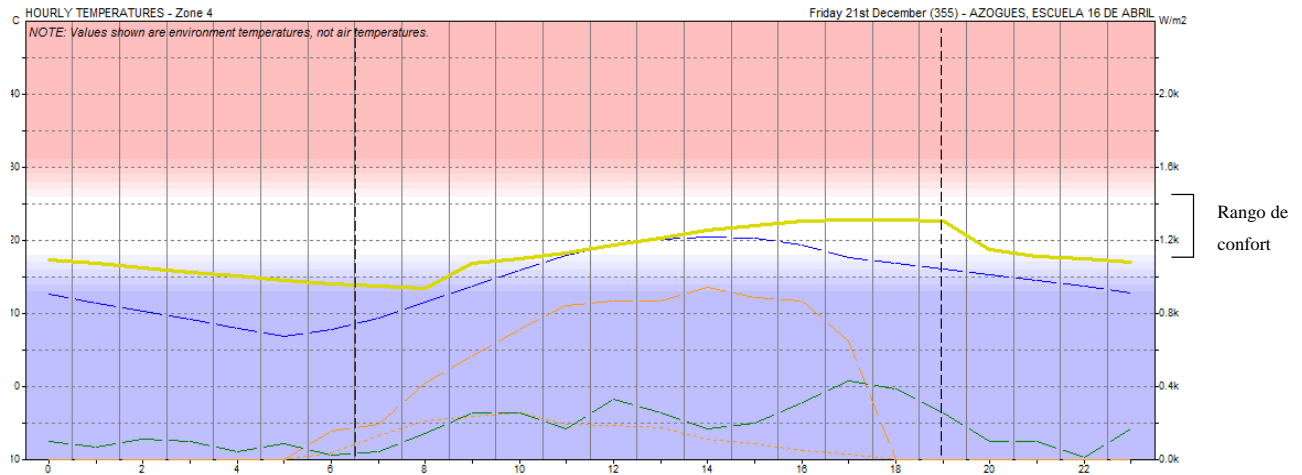
Admitancia total (AY): 751 W/°K

HOOR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP. DIF (C)
00	14.7	12.5	2.2
01	14.5	11.9	2.6
02	14.3	11.3	3.0
03	14.1	10.7	3.4
04	13.8	10.0	3.8
05	13.5	9.4	4.1
06	13.3	10.6	2.7
07	13.2	11.0	2.2
08	13.0	12.3	0.7
09	13.0	14.5	-1.5
10	13.7	16.0	-2.3
11	14.0	17.7	-3.7
12	14.5	17.5	-3.0
13	15.4	18.0	-2.6
14	16.1	18.7	-2.6
15	16.8	18.7	-1.9
16	16.7	18.0	-1.3
17	16.7	16.8	-0.1
18	17.0	16.4	0.6
19	16.9	16.1	0.8

En horas de no ocupación la temperatura interna está por debajo de la banda de confort térmico con un promedio de 14.3°C. A las 7:00, la temperatura es 13.2°C, que está muy por debajo de la banda de confort, de 7:00 a 12:00 existe un incremento de 1.2°C, llegando a los 14.5°C, siguiendo en desconfort térmico, a las 18:00 la temperatura alcanza su valor máximo llegando a 17°C, durante este transcurso esta aumenta lentamente. Con los datos obtenidos se verifica que esta zona de estudio no ingresa a la banda e confort térmico en ningún momento del día.

Zona térmica 4

Solsticio 21 de diciembre



Leyenda

Temperatura promedio de la zona térmica

Temperatura promedio exterior

Resultados

Banda de confort térmico: 18 C – 26 C

Temperatura promedio (todo el día): 16 C

Temperatura interna promedio (horas de funcionamiento): 19.5 C

Superficie total: 160.891 m²

Área total expuesta: 113.956 m²

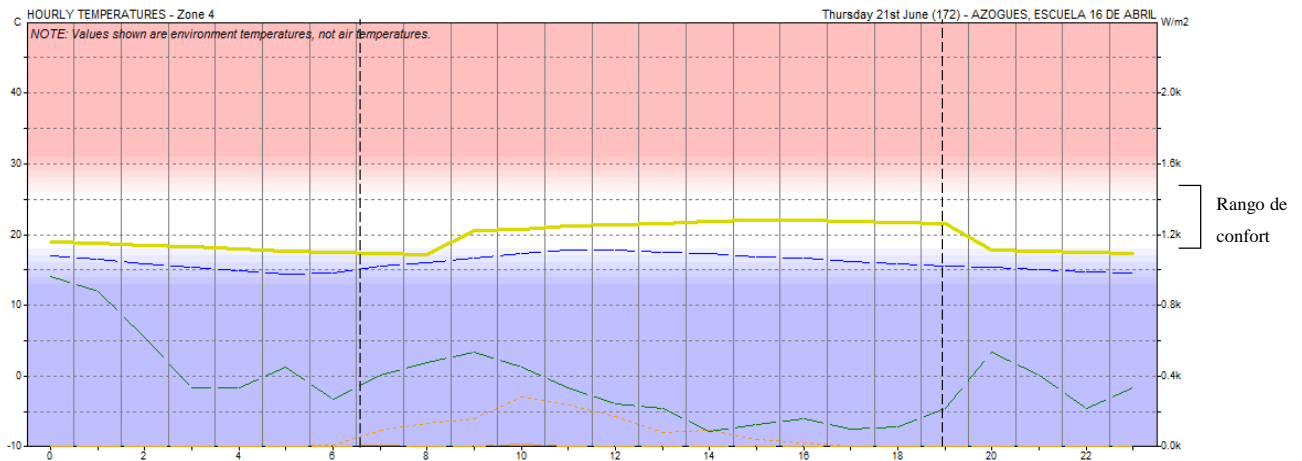
Conductividad total (AU): 359 W/°K

Admitancia total (AY): 659 W/°K

HOOR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00	17.3	12.6	4.7
01	16.8	11.5	5.3
02	16.3	10.3	6.0
03	15.7	9.2	6.5
04	15.1	8.0	7.1
05	14.5	6.9	7.6
06	14.1	7.9	6.2
07	13.8	9.4	4.4
08	13.5	11.6	1.9
09	16.8	13.8	3.0
10	17.5	16.0	1.5
11	18.3	17.9	0.4
12	19.4	19.3	0.1
13	20.4	20.1	0.3
14	21.3	20.5	0.8
15	22.1	20.3	1.8
16	22.6	19.4	3.2
17	22.8	17.7	5.1
18	22.8	16.9	5.9
19	22.7	16.1	6.6

En horas de no ocupación la temperatura interna está por debajo de la banda de confort térmico con un promedio de 15.68°C. A las 7:00, la temperatura es 13.8°C, hasta las 12:00 existe un incremento de 5.6°C, llegando a los 19.4°C, a las 17:00 la temperatura alcanza su valor máximo llegando a 22.8°C, manteniéndose en este rango durante las dos horas restantes de funcionamiento.

Solsticio 21 de junio



Leyenda

Temperatura promedio de la zona térmica

Temperatura promedio exterior

Resultados

Banda de confort térmico: 18 C – 26 C

Temperatura promedio (todo el día): 16.7 C

Temperatura interna promedio (horas de funcionamiento): 20.8 C

Superficie total: 160.891 m²

Área total expuesta: 113.956 m²

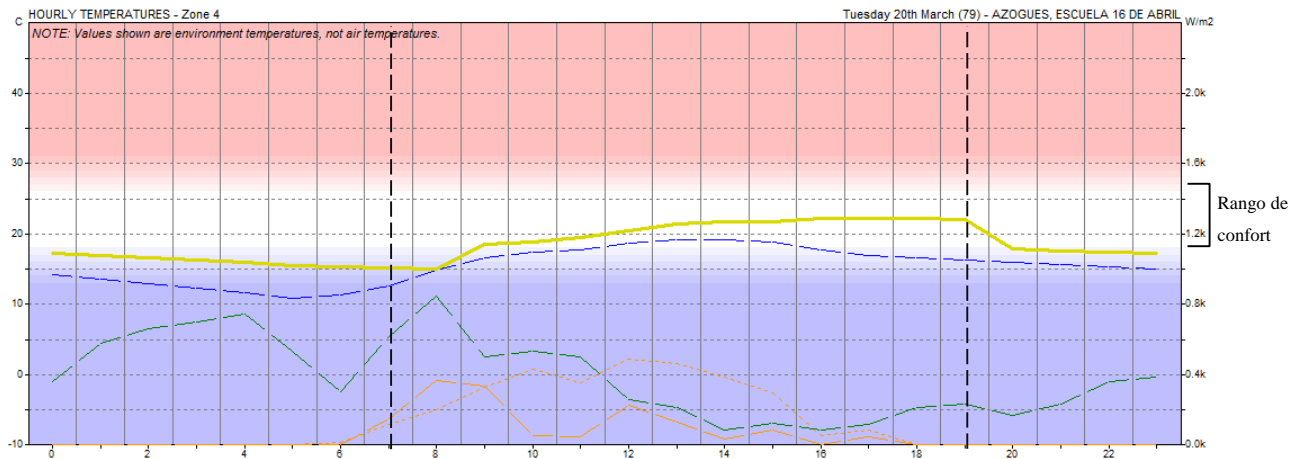
Conductividad total (AU): 359 W/°K

Admitancia total (AY): 659 W/°K

HOOR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP. DIF (C)
00	18.9	17.0	1.9
01	18.7	16.5	2.2
02	18.4	15.9	2.5
03	18.2	15.4	2.8
04	18.0	14.9	3.1
05	17.7	14.4	3.3
06	17.5	14.6	2.9
07	17.3	15.5	1.8
08	17.2	16.1	1.1
09	20.6	16.6	4.0
10	20.7	17.4	3.3
11	21.2	17.8	3.4
12	21.4	17.8	3.6
13	21.6	17.5	4.1
14	21.9	17.3	4.6
15	22.0	16.9	5.1
16	22.0	16.6	5.4
17	21.8	16.2	5.6
18	21.7	15.9	5.8
19	21.5	15.6	5.9

En horas de no ocupación la temperatura interna promedio es de 18.2°C. A las 7:00, la temperatura es 17.3°C, de 7:00 a 12:00 existe un incremento de 3.9°C, llegando a los 21.2°C, a las 15:00 la temperatura alcanza su valor máximo llegando a 22°C, durante este transcurso esta disminuye lentamente.

Equinoccio - 20 de marzo



Leyenda

Temperatura promedio de la zona térmica ———
 Temperatura promedio exterior ———

Resultados

Banda de confort térmico: 18 C – 26 C

Temperatura promedio (todo el día): 16.3 C

Temperatura interna promedio (horas de funcionamiento): 20.1 C

Superficie total: 160.891 m²

Área total expuesta: 113.956 m²

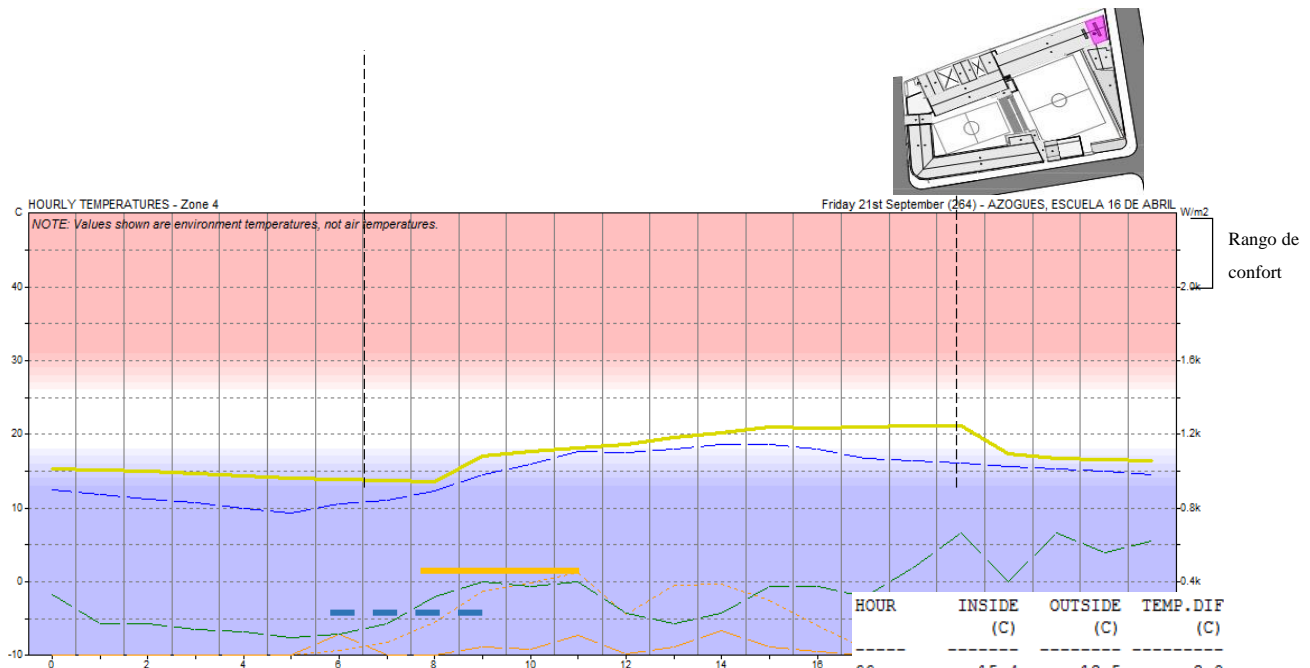
Conductividad total (AU): 359 W/°K

Admitancia total (AY): 659 W/°K

HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP. DIF (C)
00	17.2	14.3	2.9
01	16.9	13.6	3.3
02	16.6	13.0	3.6
03	16.3	12.3	4.0
04	16.0	11.6	4.4
05	15.6	10.9	4.7
06	15.3	11.3	4.0
07	15.2	12.7	2.5
08	15.1	14.8	0.3
09	18.6	16.7	1.9
10	18.8	17.5	1.3
11	19.5	17.7	1.8
12	20.5	18.8	1.7
13	21.4	19.2	2.2
14	21.7	19.2	2.5
15	21.8	18.9	2.9
16	22.2	17.8	4.4
17	22.3	16.9	5.4
18	22.2	16.6	5.6
19	22.1	16.3	5.8

En horas de no ocupación la temperatura interna está por debajo de banda de confort térmico con un promedio de 15.9°C. Al iniciar las horas de ocupación la temperatura se encuentra en 15.2°C, de 7:00 a 9:00 esta se incrementó hasta los 18.6°C, a las 12:00 la temperatura asciende hasta los 20.5°C, de 12:00 a 16:00 esta se incrementa 1.7°C, desde esta hora hasta las 19:00 que finalizan las funciones la temperatura se mantiene entre los 22.1°C y 22.3°C.

Equinoccio 21 de septiembre



Leyenda

Temperatura promedio de la zona térmica

Temperatura promedio exterior

Resultados

Banda de confort térmico: 18 C – 26 C

Temperatura promedio (todo el día): 14.3 C

Temperatura interna promedio (horas de funcionamiento): 20.1 C

Superficie total: 160.891 m2

Área total expuesta: 113.956 m2

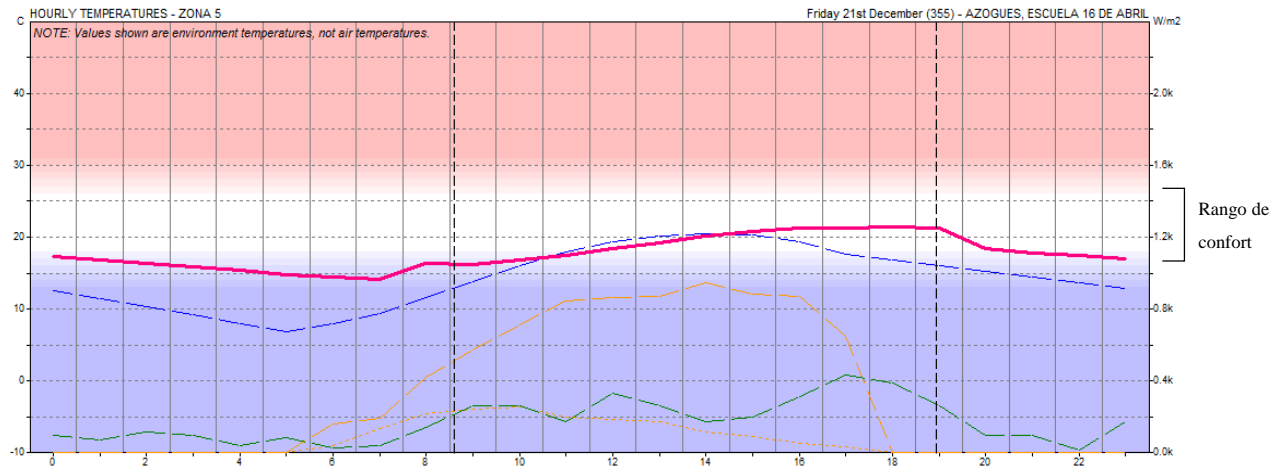
Conductividad total (AU): 359 W/°K

Admitancia total (AY): 659 W/°K

En horas de no ocupación la temperatura interna está por debajo de la banda de confort térmico con un promedio de 14.7°C. A las 7:00, la temperatura es 13.8°C, de 7:00 a 12:00 existe un incremento de 4.9°C, llegando a los 18.7°C, hasta las 18:00 la temperatura va incrementándose constantemente alcanza su valor máximo llegando a 21.2°C, hasta finalizar la jornada laboral este valor se mantiene.

Zona térmica 5

Solsticio 21 de diciembre



Leyenda

Temperatura promedio de la zona térmica

Temperatura promedio exterior

Resultados

Banda de confort térmico: 18 C – 26 C

Temperatura promedio (todo el día): 16 C

Temperatura interna promedio (horas de funcionamiento): 18.8

Superficie total: 276.833 m²

Área total expuesta: 184.845 m²

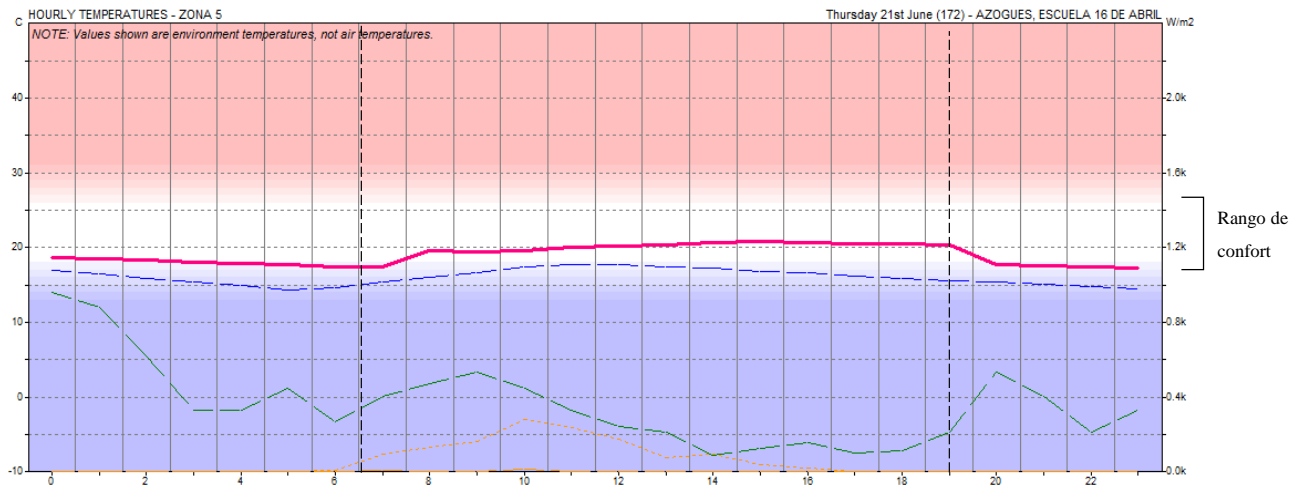
Conductividad total (AU): 511 W/°K

Admitancia total (AY): 1099 W/°K

HOOR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP. DIF (C)
00	17.3	12.6	4.7
01	16.8	11.5	5.3
02	16.3	10.3	6.0
03	15.8	9.2	6.6
04	15.3	8.0	7.3
05	14.8	6.9	7.9
06	14.5	7.9	6.6
07	14.2	9.4	4.8
08	16.4	11.6	4.8
09	16.2	13.8	2.4
10	16.8	16.0	0.8
11	17.5	17.9	-0.4
12	18.4	19.3	-0.9
13	19.3	20.1	-0.8
14	20.1	20.5	-0.4
15	20.8	20.3	0.5
16	21.2	19.4	1.8
17	21.3	17.7	3.6
18	21.4	16.9	4.5
19	21.2	16.1	5.1

En horas de no ocupación la temperatura interna está por debajo de la banda de confort térmico con un promedio de 15.82°C. A las 7:00, la temperatura es 14.2°C, de 7:00 a 13:00 existe un incremento de 5.1°C, llegando a los 19.3°C, la temperatura va subiendo, a las 18:00 la temperatura alcanza su valor máximo llegando a 21.4°C, permaneciendo en ese rango durante la última hora de funcionamiento.

Solsticio – 21 de junio



Leyenda

Temperatura promedio de la zona térmica

Temperatura promedio exterior

Resultados

Banda de confort térmico: 18 C – 26 C

Temperatura promedio (todo el día): 16.7 C

Temperatura interna promedio (horas de funcionamiento): 20 C

Superficie total: 276.833 m2

Área total expuesta: 184.845 m2

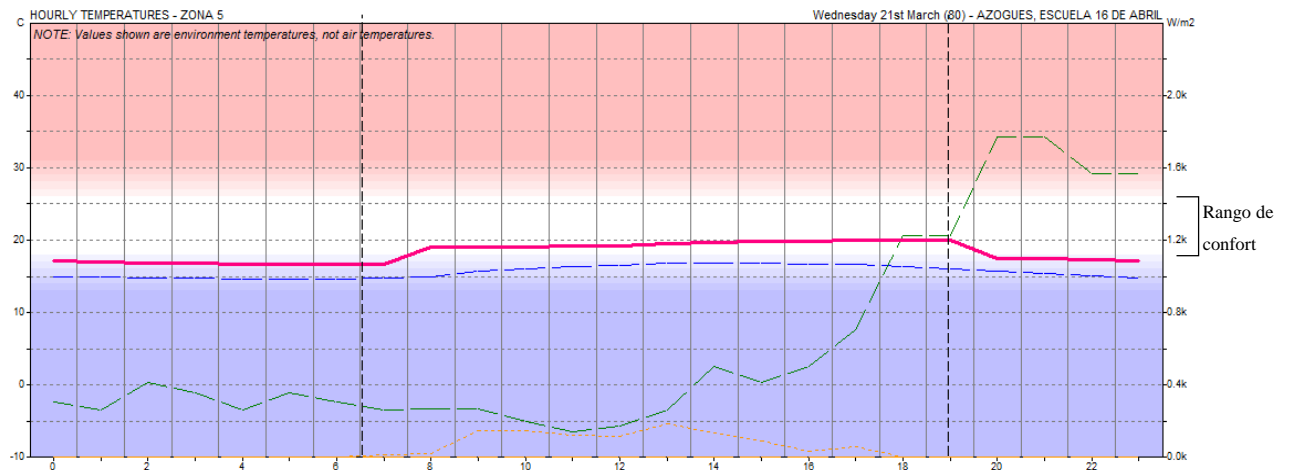
Conductividad total (AU): 511 W/°K

Admitancia total (AY): 1099 W/°K

HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP. DIF (C)
00	18.7	17.0	1.7
01	18.6	16.5	2.1
02	18.3	15.9	2.4
03	18.1	15.4	2.7
04	17.9	14.9	3.0
05	17.7	14.4	3.3
06	17.5	14.6	2.9
07	17.4	15.5	1.9
08	19.7	16.1	3.6
09	19.5	16.6	2.9
10	19.7	17.4	2.3
11	20.0	17.8	2.2
12	20.3	17.8	2.5
13	20.4	17.5	2.9
14	20.7	17.3	3.4
15	20.8	16.9	3.9
16	20.7	16.6	4.1
17	20.6	16.2	4.4
18	20.5	15.9	4.6
19	20.3	15.6	4.7

En horas de no ocupación la temperatura interna promedio es de 18.11°C. A las 7:00, la temperatura es 17.4°C, de 7:00 a 8:00 existe un incremento de 2.3°C, llegando a los 19.7°C, la temperatura va incrementándose lentamente hasta llegar a los 20.8°C a las 15:00 la temperatura, a partir de aquí está disminuye gradualmente hasta terminar la jornada laboral con 20.3°C.

Equinoccio – 20 de marzo



Leyenda

Temperatura promedio de la zona térmica

Temperatura promedio exterior

Resultados

Banda de confort térmico: 18 C – 26 C

Temperatura promedio (todo el día): 15.9 C

Temperatura interna promedio (horas de funcionamiento): 17

Superficie total: 276.833 m²

Área total expuesta: 184.845 m²

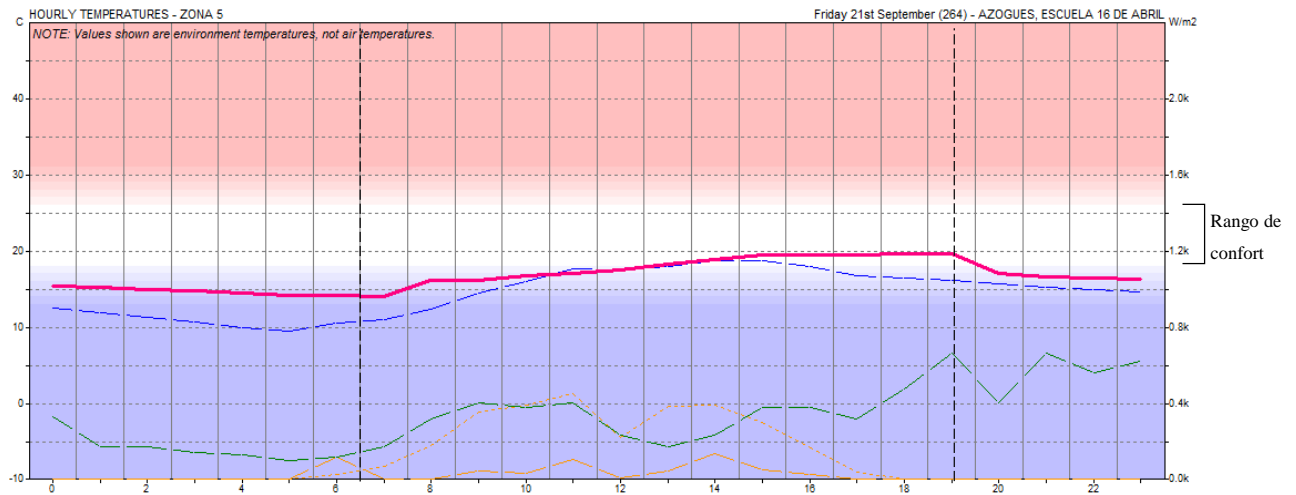
Conductividad total (AU): 511 W/°K

Admitancia total (AY): 1099 W/°K

HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP. DIF (C)
00	17.1	15.0	2.1
01	17.0	14.9	2.1
02	16.9	14.8	2.1
03	16.8	14.7	2.1
04	16.7	14.6	2.1
05	16.7	14.6	2.1
06	16.6	14.6	2.0
07	16.6	14.8	1.8
08	18.9	14.9	4.0
09	19.0	15.7	3.3
10	19.1	16.1	3.0
11	19.1	16.3	2.8
12	19.2	16.5	2.7
13	19.5	16.8	2.7
14	19.7	16.9	2.8
15	19.7	16.9	2.8
16	19.8	16.6	3.2
17	19.9	16.6	3.3
18	19.9	16.3	3.6
19	19.9	16.0	3.9

En horas de no ocupación la temperatura interna está por debajo de la banda de confort térmico con un promedio de 16.7°C. Al iniciar la jornada de trabajo la temperatura es de 16.6°C, en el lapso de 2 horas la temperatura asciende 2.4°C, ingresando a la zona de confort térmico con 19°C, desde las 9:00 hasta las 19:00 que termina la jornada la temperatura se incrementa lentamente hasta alcanzar un valor máximo de 19.9°C. En este día específico el aula de clase está dentro de la zona de confort, aunque se encuentra cerca del extremo más bajo.

Equinoccio – 21 de septiembre



Leyenda

Temperatura promedio de la zona térmica

Temperatura promedio exterior

Resultados

Banda de confort térmico: 18 C – 26 C

Temperatura promedio (todo el día): 14.7 C

Temperatura interna promedio (horas de funcionamiento): 17.8

Superficie total: 276.833 m2

Área total expuesta: 184.845 m2

Conductividad total (AU): 511 W/°K

Admitancia total (AY): 1099 W/°K

HOOR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00	15.3	12.5	2.8
01	15.2	11.9	3.3
02	15.0	11.3	3.7
03	14.8	10.7	4.1
04	14.5	10.0	4.5
05	14.2	9.4	4.8
06	14.1	10.6	3.5
07	13.9	11.0	2.9
08	16.2	12.3	3.9
09	16.1	14.5	1.6
10	16.7	16.0	0.7
11	17.0	17.7	-0.7
12	17.5	17.5	-0.0
13	18.3	18.0	0.3
14	18.9	18.7	0.2
15	19.5	18.7	0.8
16	19.4	18.0	1.4
17	19.5	16.8	2.7
18	19.7	16.4	3.3
19	19.6	16.1	3.5

En horas de no ocupación la temperatura interna está por debajo de la banda de confort térmico con un promedio de 14.7°C. A las 7:00 la temperatura se encuentra en 13.9°C, hasta las 12:00 únicamente sube 1.3°C, llegando a 17.5°C, a partir de las 13:00 la temperatura asciende hasta los 19.5°C a las 15:00, a las 18:00 llega a su máximo valor con 19.7°C, y, para el término de la jornada de trabajo está descendiendo a 19.6°C.