

**USO DE CONTAINERS PARA AULAS ESCOLARES EN ESTABLECIMIENTOS
EDUCATIVOS DE BOGOTÁ**

ARQ. ADRIANA YOLIMA PARRA DÍAZ

Proyecto final para obtener el Título de Magister en Diseño Sostenible

Director

Arq. Andrés Moreno Sierra



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE DISEÑO

MAESTRÍA EN DISEÑO SOSTENIBLE

BOGOTÁ

2017

NOTA DE ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

Arq. Andrés Moreno Sierra
Director del proyecto

NOTA DE ACEPTACIÓN DEL JURADO

Jurado

Jurado

Arq. Susana Mariño
Coordinadora MDS



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Sin Obras Derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

Abstract

The research work focuses on the thermal and adaptive behavior of school classrooms for educational establishments in Bogotá, with a new easy, fast and economical alternative; using the disused maritime container, looking for an approach, efficient, functional and adaptable; where sustainability is paramount.

The first chapters describe the relevance of the research, analyze technical aspects of containers and case studies in some countries to be able to address the problems or benefits encountered. Climatic and normative considerations are made to make the possible formulations and hypothesis to the container modules.

Subsequently, sustainable bioclimatic strategies are implemented to make classroom modules efficient and functional, providing an environmental and social benefit for school use.

Finally, a study of cost and savings of its implementation is made and conclusions are drawn from the results obtained, showing the advantages and limitations of using this type of alternatives, showing that it is possible to implement school classrooms for the city of Bogota with containers in disuse adapted to the climate and its functionality, with an efficient and sustainable approach.

Key words: Sustainability, function, habitability, efficiency, time, costs.

Resumen

El trabajo de investigación se enfoca en el comportamiento térmico y adaptativo de aulas escolares para establecimientos educativos de Bogotá, con una nueva alternativa fácil, rápida y económica; empleando el contenedor marítimo en desuso, buscando un enfoque, eficiente, funcional y adaptable; donde prima la sostenibilidad.

En los primeros capítulos se describe la pertinencia de la investigación, se analizan aspectos técnicos de los contenedores y los casos estudios en algunos países para poder abordar los problemas o beneficios encontrados. Se hacen consideraciones climáticas y normativas para efectuar las posibles formulaciones e hipótesis a los módulos de containers.

Posteriormente se implementan estrategias bioclimáticas sostenibles, para hacer módulos de aulas eficientes y funcionales otorgando un beneficio ambiental y social para su uso escolar.

Finalmente se hace un estudio de costo y ahorros de su implementación y se dan conclusiones de los resultados obtenidos, donde se muestran las ventajas y limitantes de utilizar este tipo de alternativas, mostrando que es posible implementar aulas escolares para la ciudad de Bogotá con containers en desuso adaptándose al clima y a su funcionalidad, con un enfoque eficiente y sostenible.

Palabras Claves: Sostenibilidad, función, habitabilidad, eficiencia, tiempo, costos.

Tabla de Contenidos

NOTA DE ACEPTACIÓN DEL JURADO	2
Introducción	12
Capítulo 1.....	13
1.1 Plantamiento del problema	13
1.2 Pregunta de investigación	14
1.3 Hipotesis del problema	14
1.3 Objetivo Principal	14
1.4 Objetivos específicos	14
1.5 Metodología	15
1.6 Marcos de referencia.....	15
1.6.1 Marco Conceptual.....	15
1.6.2 Marco Histórico	17
1.6.3 Marco Teórico.....	19
1.6.3.1 Política de Eco-urbanismo para Bogotá.....	19
1.6.3.2 Ejes de intervención.....	20
1.7 Uso de Containers en aulas escolares	22
1.7.1 Nuevas tendencias en la pedagogía.....	22
1.7.2 Modelo pedagógico de Jornada Única	22
1.8 Normativa aplicable	24
1.8.1 Decreto 449 de 2006 Plan Maestro de Equipamientos Educativos De Bogotá	24
1.9 Estudios de caso	26
1.9.1 Aulas containers – Provincia de Córdoba/Argentina.....	26
1.9.2 Aula containers – Sudáfrica.....	27
1.9.3 Universidad Juan Corpas - Bogotá	29
1.10 Ventajas y desventajas del uso de containers	30
Capítulo 2 Definiciones y determinantes del diseño con contenedores.....	31
2.1 Contenedor estándar definición y partes.....	31
2.2 Características de los containers	33
2.3 Clases y dimensiones de los contenedores	34
2.4 Características espaciales del aula-containers	36
2.4.1 Diseño básico.....	36
2.4.2 Focos de visión	37
2.5.4 Composición módulos de containers	38
Capítulo 3 Datos climáticos de Bogotá.....	42
3.1 Latitud y Longitud de Bogotá.....	42
3.2 Altitud de Bogotá.....	42
3.3 Tablas climáticas de Bogotá y su comportamiento sobre el containers.....	43
3.4 Diagrama Psicometrico Climate Consultant.....	47
3.5 Recomendaciones arquitectónicas	48
3.6 Rosa de vientos Bogotá.....	49
3.7 Resumen general condiciones climáticas de Bogotá y su incidencia en el containers ...	51
Capítulo 4.....	52
4.1 Estrategias bioclimáticas.....	52

4.2 Variables de diseño para simulaciones y ocupacion.....	53
4.3 Simulaciones Software Desing Builder y rangos de confort según formula Aluciems..	55
4.3.1 Orientación.....	55
4.3.2 Relación ventana-pared y factor luz día.....	56
4.3.3 Envolvente	58
4.3.4. Acondicionamiento de la envolvente.....	60
4.3.5. Acondicionamiento de cubierta	69
4.3.6. Aleros de protección solar	73
4.3.7. Renovaciones del aire	78
4.4 Estrategias sostenibles	81
4.4.1 Acústica.....	81
4.4.2 Captación de aguas lluvias por cubierta.....	84
4.4.3 Eficiencia energética.....	86
4.5. Costos de implementacion	93
Capítulo 5 Conclusiones	97
Lista de referencias	101
Anexos	103
Anexo A - Ficha técnica contenedores	103
Anexo B – Ficha técnica aislante en espuma de poliuretano.....	104
Anexo C – Ficha técnica Panel Solar World Sunmodule Plus SW 260 Poly	105
Anexo D - Tablas climáticas de Bogotá	107

Lista de tablas

Tabla 1. ARTICULO 7. Estándares mínimos de áreas por alumno, según la función.	25
Tabla 2. Ventajas y desventajas del uso de containers en aulas escolares.....	30
Tabla 3. Indicadores m2 de aula por estudiante según norma	37
Tabla 4. Distancias máximas y mínimas para focos de atención.....	38
Tabla 5. Temperatura Bogotá	43
Tabla 6. Precipitaciones Bogotá	44
Tabla 7. Humedad relativa Bogotá	45
Tabla 8. Brillo solar Bogotá.....	46
Tabla 9. Tabla recomendaciones arquitectónicas	48
Tabla 10. Conclusiones climáticas de Bogotá	51
Tabla 11. Variables de diseño a simular y horarios de uso y ocupación. Densidad 0.53	54
Tabla 12. Formula Aluciems.....	55
Tabla 13. Resultados por orientación.....	56
Tabla 14. Resultados por relación ventana-pared y factor luz día.....	58
Tabla 15. Resultado envolvente con material base.....	59
Tabla 16. Resultado envolvente M1	60
Tabla 17. Resultado envolvente M1	61
Tabla 18. Resultado envolvente M2	62
Tabla 19. Resultado envolvente M2	62
Tabla 20. Resultado envolvente M3	63
Tabla 21. Conductividad térmica del poliuretano.....	64
Tabla 22. Resultado envolvente M4	65
Tabla 23. Resultado mes más frío envolvente M4.....	66
Tabla 24. Resultado mes más caliente envolvente M4.....	67
Tabla 25. Espesores muros propuestos	68
Tabla 26. Resultado temperatura muros compuestos	69
Tabla 27. Resultado cubierta Material Base, Stell 4.5mm.....	70
Tabla 28. Resultado cubierta C2 - 80mm	71
Tabla 29. Resultado cubierta - C3 164.5mm	72
Tabla 30. Resultado simulación con alero de 2.50 mts por fachada occidente	74
Tabla 31. Tabla 6-1 Ratas mínimas de ventilación.....	78
Tabla 32. Calculo de renovación del aire.....	79
Tabla 33. Resultado obtenido Renovación/hora	79
Tabla 34. Ganancias por equipos	80
Tabla 35. Requerimientos de niveles permitidos de dB	81
Tabla 36. Estimado índice de aislamiento acústico de los muros propuestos.	83
Tabla 37. Espesores muros propuestos	83
Tabla 38. Calculo estimado de caudal por cubierta verde	86
Tabla 39. Línea base de consumo de energía	87
Tabla 40. Calculo consumo energía aula	88
Tabla 41. Practicas sostenible Política de Eco-urbanismo.....	88
Tabla 42. Ficha técnica SolarWorld Sunmodule Plus SW 260 Poly	90
Tabla 43. Presupuesto de costos estimados aula-containers.....	94
Tabla 44. Costos m2 construcción tradicional Colegios en Bogotá	94

Tabla 45. Presupuesto de costos estimados aula-containers	95
Tabla 46. Presupuesto de costos estimados aula-containers	95
Tabla 47. Presupuesto de costos estimados aula-containers	96
Tabla 48. Temperatura-Precipitaciones Bogotá.....	107
Tabla 49. Temperatura-Humedad Bogotá.....	107
Tabla 50. Diagrama psicométrico Bogotá	111
Tabla 51. Tabla de Mahoney	112

Lista de figuras

Figura 1. Módulo de vivienda con containers en Francia.....	16
Figura 2. Sistema para transporte de carga de mercancías pesadas.....	18
Figura 3. Logo Eco-urbanismo y Construcción Sostenible de Bogotá.....	19
Figura 4. Estructura de la Política Pública de Eco-urbanismo y Construcción Sostenible.....	20
Figura 5. Decreto Distrital "Por el cual se adopta la Política de Eco-urbanismo".....	21
Figura 6. Logo Jornada Única Ministerio de Educación.....	22
Figura 7. Aulas containers utilizada en la Provincia de Córdoba - Argentina.....	27
Figura 8. Aula containers escuela Sudafricana.....	28
Figura 9. Aulas containers 3 niveles Universidad Juan Corpas.....	29
Figura 10. Partes de un contenedor.....	31
Figura 11. Prototipos de diseños para vivienda.....	34
Figura 12. Tipos de contenedores.....	35
Figura 13. Tipos de contenedores.....	36
Figura 14. Planta arquitectónica base del contenedor de 40'.....	37
Figura 15. Planta tipo aula-containers.....	39
Figura 16. Fachada Occidental aula-containers.....	39
Figura 17. Fachada Oriental aula-containers.....	39
Figura 18. Fachada Sur y Norte aula-containers.....	40
Figura 19. Render esquemático del módulo de aula-containers.....	40
Figura 20. Perfil terreno plano Casa Mia.....	41
Figura 21 Perfil terreno inclinado para casa campestre.....	41
Figura 22 . Latitud y longitud de Bogotá.....	42
Figura 23. Altimetría de Bogotá.....	42
Figura 24. Incidencia de temperatura sobre contenedor. 21 Dic 9am.....	43
Figura 25. Incidencia de precipitaciones sobre techos verdes.....	44
Figura 26. Containers revestimiento antihumedad.....	45
Figura 27. Brillo solar y su implementación en containers para la eficiencia energética.....	46
Figura 28. Diagrama psicométrico Bogotá.....	47
Figura 29. Rosa de vientos Bogotá.....	49
Figura 30. Dirección de vientos predominantes según orientación del containers.....	50
Figura 31. Diagrama de ganancias solares.....	52
Figura 32. Diagrama de captación solar.....	52
Figura 33. Diagrama de ventilación cruzada.....	53
Figura 34. Mejor orientación.....	55
Figura 35. Relación ventana-pared.....	56
Figura 36. Luxes alcanzados.....	57
Figura 37. Material base acero de 4,5mm.....	58
Figura 38. Acondicionamiento de la envolvente.....	59
Figura 39. Distribución de pieles de la envolvente M1.....	60
Figura 40. Distribución de pieles de la envolvente M2.....	61
Figura 41. Distribución de pieles de la envolvente M3.....	63
Figura 42. Distribución de pieles de la envolvente M4.....	64
Figura 43. Comportamiento envolvente M4 mes más frío.....	67
Figura 44. Comportamiento envolvente M4 mes más caliente.....	68

Figura 45. Distribución de materiales - C2.....	70
Figura 46. Distribución de materiales – C3	72
Figura 47. Estudio de sombras 21 de marzo 9am	75
Figura 48. Estudio de sombras 21 de marzo 3pm.....	75
Figura 49. Estudio de sombras 21 de junio 9am.....	76
Figura 50. Estudio de sombras 21 de junio 3pm.....	76
Figura 51. Estudio de sombras 21 de diciembre 9am	77
Figura 52. Estudio de sombras 21 de diciembre 3pm.....	77
Figura 53. Distribución de pieles de la envolvente M4	82
Figura 54. Aislamiento acústico en espuma de poliuretano	82
Figura 55. Captación de aguas lluvias por cubierta	85
Figura 56. Implementación de paneles fotovoltaicos	89
Figura 57. Panel SolarWorld Sunmodule Plus SW 260 Poly	91
Figura 58. Dimensiones Panel SolarWorld Sunmodule Plus SW 260 Poly	92
Figura 59. Orientación e inclinación del panel solar	92
Figura 60. Inclinación del panel solar por época del año	93
Figura 61. Rangos de Temperatura Bogotá	108
Figura 62. Promedios diurnos mensuales Temperatura Bogotá	108
Figura 63. Rangos de radiación Bogotá.....	109
Figura 64. . Rangos de iluminación Bogotá.....	109
Figura 65. Cobertura del cielo Bogotá.....	110
Figura 66. Rangos de velocidad del viento Bogotá	110
Figura 67. Diagrama de sombreado Bogotá	111

Introducción

Dentro del campo de la arquitectura se ha creado diversos métodos constructivos que han venido desarrollándose y evolucionando por décadas, así mismo el enfoque que se da a la hora del diseño y puesta en funcionamiento.

Nuevos conceptos han venido ponderando la innovación, la simplificación de los procesos y sobre todo la sostenibilidad, es por eso que se considera hoy en día que el impacto que ejerce la construcción y el medio ambiente es un factor importante a la hora de concebir un proyecto arquitectónico.

Uno de los métodos utilizados en la construcción hoy en día es el reciclaje, diseñar a partir de estructuras ya existentes otorgando beneficios ambientales y económicos al consumidor final y al entorno donde se implanta.

El uso de containers como elemento de re-uso, para nuevos ambientes habitacionales, es un sistema de auge mundial que implementa nuevas alternativas, según la función y forma. Permiten ser flexibles, versátiles y adaptables de acuerdo a la condiciones climáticas de un lugar particular, donde se puede crear proyectos sostenibles y eficientes con estructurales ya existentes y dadas de baja, ayudando a maximizar los recursos ya existentes.

Capítulo 1

1.1 Plantamiento del problema

El medio ambiente y su impacto en la construcción es abordado hoy en día de manera más consiente y adecuada, dentro de los procesos que implican la concepción de un proyecto y su adaptación en un contexto determinado.

Cada vez más se buscan enfoques sostenibles y adaptables a los cambios climáticos que se presentan con mayor ocurrencia en todo el mundo, dando como resultado, sistemas y métodos menos invasivos que no comprometan el futuro de nuevas generaciones.

Es por eso que para mitigar el impacto que generan los procesos industrializados de las construcciones actuales, se debe pensar en reutilizar y reducir dichos procesos, creando nuevos usos a partir de estructura ya existentes, como el caso de los containers marítimos en des-uso.

Estas estructuras permiten que mediante un adecuado estudio de las condiciones climáticas del lugar, puedan ser adaptados y funcionales, según las necesidades del usuario, para el caso de la investigación; en el uso de aulas escolares en Bogotá, permitiendo ser construidas en un corto periodo de tiempo y a bajo costo, mitigando el impacto ambiental y dando un enfoque sostenible y un modelo que se pueda replicar en el campo de la arquitectura.

1.2 Pregunta de investigacion

¿Cómo adaptar los containers comerciales en el uso de aulas escolares para la ciudad de Bogotá otorgándoles características funcionales, habitables y eficientes a bajo costo y rápidos tiempos de ejecución?

1.3 Hipotesis del problema

A partir de módulos reutilizables como los containers, se ocupan los recursos naturales de manera más eficiente, adaptándolos a las condiciones climáticas de un sitio particular y las necesidades del usuario final. Se pueden tener espacios habitables, eficientes y funcionales, a un precio económico, con periodos cortos de instalación, adaptación y funcionamiento.

1.3 Objetivo Principal

A partir de la normativa existente para los ambientes escolares en la ciudad de Bogotá y sus características climáticas, adaptar AULAS ESCOLARES con containers reutilizados con características habitables, funcionales y eficientes.

1.4 Objetivos especificos

1. De acuerdo a la normativa del Plan Maestro de Equipamentos Educativos de Bogotá (PMEE), adecuar las áreas de los containers en áreas requeridas para su correcto uso y funcionalidad.
2. Implementar estrategias bioclimáticas para la adaptación de containers de acuerdo a las determinantes climáticas de Bogotá.
3. Garantizar su ahorro y eficiencia energética con soluciones pasivas de acuerdo a las características eco-eficientes y sostenibles.

1.5 Metodología

Para el presente estudio y análisis del proyecto de investigación se tomarán en cuenta la información recolectada: problemática, objetivos, estado del arte, datos climáticos y normativa vigente.

La metodología a emplear para la interpretación de los datos encontrados e implementación de estrategias arquitectónicas será:

1. Estudio de las necesidades encontradas frente a aulas escolares en Bogotá.
2. Recolección de datos climáticos de Bogotá
3. Cruce de información, comparación y análisis de resultados
4. Consideraciones arquitectónicas
5. Implementación de estrategias arquitectónicas, enfoque del diseño, tecnología y materiales
6. Conclusiones y resultados

1.6 Marcos de referencia

Dentro de la contextualización del problema de investigación se estudian tres marcos de referencia para tener un concepto más amplio de porque la pertinencia y su evolución a través del tiempo con este tipo de sistemas.

1.6.1 Marco Conceptual

La arquitectura de los últimos años busca basar sus propuestas de diseño y construcción con enfoques sostenibles, aportando soluciones prácticas y ambientales en todos sus aspectos, funcionales y habitacionales. Hoy en día muchas empresas se dedican a transformar los procesos

convencionales en verdaderas obras de vanguardia y sostenibilidad, tal es el caso de la empresa (CONTAINER, ARQUITECTURA, 2005), la cual afirma:

“El uso de contenedores en arquitectura está comenzando a experimentar un interesante desarrollo y consolidación, que está haciendo patente su potencial para generar interesantes soluciones constructivas polivalentes de bajo costo. “Se adecuan a los principios de firmeza y durabilidad, utilidad y abren un infinito potencial de soluciones e interpretaciones estéticas para el arquitecto”

En el contexto actual, en el que muchos casos los arquitectos han asumido y afrontado la responsabilidad ecológica como una cuestión de moda, que tiende a culminar en un mero eco-chic y en donde el gasto de energía y materiales no logra ni el ahorro ni la sostenibilidad que son su teórico objetivo, los contenedores no deben entenderse como una herramienta que se pone al servicio de esta moda sino como la evidencia de la factibilidad de la reutilización de materiales descartados para un uso concreto, la posibilidad de un reciclaje absolutamente integral de uno de los productos eminentemente paradigmáticos de la era industrial”.



Figura 1. Módulo de vivienda con containers en Francia
Fuente: (CONTAINER, ARQUITECTURA, 2005)

1.6.2 Marco Histórico

El contenedor como elemento de unidad de carga para el transporte marítimo de mercancías pesadas tuvo un comienzo interesante, donde se muestra todo el proceso de su origen, desarrollo como unidad estándar y los nuevos usos en los que posteriormente fueron utilizados

Según (POZO, 2014) menciona los orígenes del contenedor su uso e historia:

“Los orígenes de los contenedores marítimos se remontan a la época de la Segunda Guerra Mundial. Un transportista de Nueva Jersey (Estados Unidos), Malcom McLean cansado de realizar trayectos excesivos confeccionó un invento revolucionario. Es el padre de la unidad que a día de hoy conocemos como contenedor.

La esencia de la idea de Malcom McLean se centra en una caja metálica para transportar mercancías, un invento que modificó (positivamente) la historia del tráfico marítimo internacional y, por tanto, la del comercio.

El primer contenedor que se construyó era de 35 pies de longitud, 8 pies de anchura y otros 8 de altura (dimensiones que, hoy en día, no se emplean, pues el ISO establece otras medidas).

El éxito que obtuvo el proyecto de Malcom McLean fue abismal y aún perdura. A partir de entonces, McLean crea la naviera Sea Land, que trasladó, por primera vez en la historia, casi 60 contenedores desde el puerto Newark hasta Houston, en el año 1965.

El triunfo de la iniciativa fue de tal envergadura que, en ese mismo año, se empieza a generalizar el empleo de los contenedores, a nivel internacional, para el transporte marítimo.

Unos años más tarde, la ISO (International Organization for Standardization) es la organización que se encarga del proceso de normalización de equipos de traslados y, también, de la normalización de la industria de los contenedores. La vida de los contenedores marítimos oscila entre los 6 y 15 años (contando con la continua reutilización de los mismos).

A día de hoy, todos los contenedores que emplean el tráfico marítimo deben tener en cuenta las normativas que establece la ISO. Las reglas fundamentales que se deben tener en consideración son: disponer de la identificación y regulación de los contenedores y ajustarse a las características estipuladas en cuanto a tamaño y forma.



Figura 2. Sistema para transporte de carga de mercancías pesadas
Fuente: (POZO, 2014)

1.6.3 Marco Teórico

Dentro del contexto teórico para la implementación de los containers en el uso de aulas escolares se encuentran las Políticas de Eco-urbanismo para Bogotá, las cuales direccionan las acciones y los lineamientos a seguir ante cualquier actuación urbanística y arquitectónica.

1.6.3.1 Política de Eco-urbanismo para Bogotá

Dentro de los objetivos generales y específicos la (ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA, 2014), menciona:

Objetivo general: “Reorientar las dinámicas de urbanismo y construcción de Bogotá con un enfoque de desarrollo sostenible, contribuyendo a enfrentar el cambio climático”.

Objetivos específicos:

1. Lograr que en toda decisión de arquitectura, urbanismo y construcción se incorporen prácticas sostenibles.
2. Fortalecer la capacidad de respuesta institucional para la aplicación de prácticas sostenibles en urbanismo y construcción.
3. Promover incentivos que permitan que el sector de la construcción incorpore gradualmente criterios de sostenibilidad.
4. Lograr la apropiación de las prácticas de eco-urbanismo y construcción sostenible, por parte de los diferentes sectores sociales.



Figura 3. Logo Eco-urbanismo y Construcción Sostenible de Bogotá
Fuente: (ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA, 2014)



Figura 4. Estructura de la Política Pública de Eco-urbanismo y Construcción Sostenible de Bogotá
Fuente: (ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA, 2014)

1.6.3.2 Ejes de intervención

De acuerdo a los ejes de intervención de las prácticas sostenibles del Eco-urbanismo la (ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA, 2014), anota las siguientes actuaciones:

Eje 1. Prácticas Sostenibles: “Lograr que toda acción de arquitectura, urbanismo y construcción vincule criterios y prácticas sostenibles. Línea de acción 3. Proyectos pilotos públicos y/o privados para la implementación de prácticas sostenibles. Los proyectos pilotos permitirán comprobar el sentido práctico y la efectividad de las prácticas sostenibles, así como retroalimentar las demás acciones que se desarrollen en los demás ejes y en las demás líneas de acción de la política”.

Eje 3. Cultura y educación ciudadana para la sostenibilidad: “Lograr la apropiación de las prácticas de eco-urbanismo y construcción sostenible, por parte de los diferentes sectores sociales”.

- Línea de acción 1. Capacitación de actores estratégicos.
- Línea de acción 2. Educación formal para la sostenibilidad.
- Línea de acción 3. Sensibilización y comunicación.



Figura 5. Decreto Distrital “Por el cual se adopta la Política de Eco-urbanismo y Construcción Sostenible de Bogotá”
 Fuente: (ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ, 2014)

Por medio de la implementación de la Política de Eco-urbanismo para la ciudad de Bogotá, se logra reorientar las actuaciones arquitectónicas y urbanísticas con un enfoque sostenible, donde se crea una conciencia hacia el cambio climático y se da una educación a los actores participantes en dichas intervenciones, creando la necesidad de cuidar el medio ambiente y proteger los recursos de una forma más eficiente y consiente hacia la ciudad, creando espacios de integración social y conexión ambiental.

1.7 Uso de Containers en aulas escolares

1.7.1 Nuevas tendencias en la pedagogía

La presencia de la educación a lo largo de la historia nos habla de su importancia para la humanidad y su desarrollo. Desde tiempos inmemoriales el hombre se ha educado y es quizás la herencia del conocimiento la vía más importante de trascendencia y permanencia de la identidad de grupos y culturas.

Tradicionalmente, la preocupación fundamental era enseñar muchos conocimientos orientados a un currículo, generando aprendizajes acumulativos, pero ahora es claro que la educación le apunta al desarrollo de competencias aplicables a la vida.

1.7.2 Modelo pedagógico de Jornada Única

El Gobierno Nacional dentro de sus políticas y coberturas de educación implementa un nuevo modelo pedagógico, para aprovechar y maximizar las jornadas escolares de los estudiantes del país. (MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL, 2015), menciona:

“Para cumplir con uno de los pilares del Plan Nacional de Desarrollo “Todos por un Nuevo País” y convertir a Colombia en el país mejor educado de América Latina en el año 2025, se inició la implementación de la estrategia de la jornada única y para lograrlo es necesario, entre otros, suplir el déficit de aulas y espacios complementarios”.



Figura 6. Logo Jornada Única Ministerio de Educación
Fuente: (MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL, 2015),

“El Plan Nacional de Desarrollo se trazó una meta ambiciosa para lograr en cuatro años la construcción de más de 30.000 nuevas aulas en 1.500 sedes educativas, que requieren nueva infraestructura, ampliación o mejoramiento”.

“El Ministerio de Educación Nacional cuenta con el Plan Nacional de Infraestructura Educativa (PNIE), 2015-2018, que le apuesta a obtener una infraestructura que busca resolver el déficit actual en función de la calidad para la implementación de la jornada única, con soluciones eficientes que respondan a los requerimientos educativos según las nuevas dinámicas pedagógicas y nuevas tecnologías para contribuir y garantizar el desarrollo pedagógico y de aprendizaje”.

De acuerdo con la necesidad de diseñar y construir nuevas aulas escolares para la implementación de Jornada Única y todas aquellas Instituciones privadas que quieran disponer de espacios educativos a bajo costo y en poco tiempo, se propone el uso de Containers para aulas de clase.

Se analizó anteriormente las bondades de este nuevo tipo de alternativas viendo tanto las ventajas como las desventajas de su utilización, de este modo se obtiene un enfoque más amplio para analizar cuáles son los puntos donde se tendrá que mejorar y cuáles donde se puede potencializar.

Para esto es indispensable saber el lugar de implantación general del proyecto, conocer sus determinantes, su clima, entorno y población, con esto se busca hacer un estudio exacto de los factores que influirán en el momento de proyectar y crear los módulos de containers. Otra determinante es el uso al cual está dado y la normativa a cumplir para que satisfaga las necesidades del usuario final y cumpla con los estándares establecidos para el uso.

1.8 Normativa aplicable

De acuerdo al uso de la investigación AULAS ESCOLARES, se debe conocer la norma que rigiere los espacios académicos en la ciudad de Bogotá, por lo cual se hace un estudio de las normas aplicables para estos ambientes para determinar la adaptabilidad en el uso de containers.

1.8.1 Decreto 449 de 2006 Plan Maestro de Equipamientos Educativos De Bogotá

El decreto que reglamenta los lineamientos, estándares e indicadores de los espacios académicos se encuentra en el Decreto 449 **PMME**, (ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ, D.C., 2006), en sus artículos define:

ARTÍCULO 5. DEFINICIÓN. “El Plan Maestro de Equipamientos Educativos es el instrumento de planificación que traza las estrategias para su dimensionamiento, en relación con las condiciones físico-espaciales de los ambientes educativos, la capacidad de cobertura de cada establecimiento y la cantidad y forma de localizarse en el territorio, para la consolidación de un sistema territorial del servicio educativo que esté en armonía con la estrategia de ordenamiento de la ciudad. Así mismo, define las escalas, los lineamientos generales de localización y las condiciones específicas de funcionamiento”.

ARTÍCULO 45. ESTÁNDARES URBANÍSTICOS Y ARQUITECTÓNICOS

“Los equipamientos educativos se regirán por los estándares urbanísticos y arquitectónicos que se disponen en los anexos 2 y 3 del presente plan. **ARTÍCULO 45 A.** Adicionado por el art. 8, Decreto Distrital 174 de 2013”.

UNIDAD	AMBIENTE	ESTANDAR PARA COLEGIOS NUEVOS		ESTANDAR PARA COLEGIOS EXISTENTES	
		M2/Estudiantes	CAPACIDAD RECOMENDADA MÁXIMA	M2/Estudiantes	CAPACIDAD RECOMENDADA MÁXIMA
UNIDAD DE APRENDIZAJE DIRIGIDO	Aula Preescolar	1,70	30	1,40 (a)	30
	Aula B Primaria 1 - 5	1,60	40	1,30 (b)	40
	Aula B secundaria	1,60	40	1,30 (b)	40
	Aula Media	1,60	40	1,30 (b)	40
UNIDAD DE EXPERIMENTACION	Ludoteca	1,60	60	1,50	60
	Laboratorio Básico incluyendo depósito	1,90	40	1,60	40
	Laboratorio Experimentación incluyendo depósito	1,90	40	1,60	40
	Taller arte incluyendo depósito	1,90	40	1,60	40
UNIDAD DE AUTOAPRENDIZAJE	Aula Multimediales - Sistemas (Técnica - Tecnológica)	1,90	40	1,50	40
	Biblioteca *	3,00	10% ***	2,40	8%
SOCIALIZACION	Aula Múltiple *	1,20	33% ***	1,00	20% ***

Tabla 1. ARTICULO 7. Estándares mínimos de áreas por alumno, según la función pedagógica.
Fuente: (ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ, D.C., 2006)

De acuerdo a la Tabla No. 1. Estándares mínimos de áreas por alumnos, se determina que para los ambientes de aprendizaje AULAS ESCOLARES en todos sus niveles de enseñanza, se dan índices por m² de estudiantes donde se permite 1.70m²/estudiante para aulas de preescolar y 1.60m²/estudiante para aulas de primaria a media, con una capacidad máxima recomendada de 30 estudiantes para preescolar y 40 estudiantes de primaria a media.

Para el caso de la investigación se tomaran para el uso de aulas de primaria a media con una capacidad instalada de 30 estudiantes por módulo de aula-contenedor, acogiéndose al índice requerido de 1.60m²/estudiante, para colegios nuevos.

1.9 Estudios de caso

1.9.1 Aulas containers – Provincia de Córdoba/Argentina

El primer caso estudio se encuentra en Buenos Aires – Argentina donde se implementó el uso de aulas-containers para reducir el déficit de instalaciones escolares de la ciudad, el (Elbarriopueyrredon, 2011), menciona:

“En el 2012 el Ministerio de Educación porteño licitó la compra de 35 equipamientos modulares (aulas-contenedores) y seis módulos para sanitarios por un monto total de 26.650.000 millones de pesos. La iniciativa fue rechazada por gremios docentes y legisladores de la oposición.

La Defensoría del Pueblo de la Ciudad y la Unión de Trabajadores de la Educación (UTE) aseguraron que 17 mil alumnos, de un total de 69 mil, se quedaron sin vacante: 6 mil por falta de infraestructura y 11 mil porque no fueron asignados por el sistema de inscripción.

Las aulas-contenedores cuentan con una superficie mínima de 30 metros cuadrados y están equipadas con dos aires acondicionados tipo splits frío calor. El revestimiento exterior será de chapa galvanizada, recubiertas de PVC, el interior de madera aglomerada con aislamiento de lana mineral y el techo de chapa o de lámina metálica.

El gremio docente UTE, rechazó esta iniciativa y aseguró que para resolver la falta de vacantes el Ministerio de Educación podría alquilar lugares dignos en lugar de comprar contenedores para que funcionen como aulas.

En tanto que los docentes agremiados a Ademys puntualizaron que "los containers, literalmente cajas de chapa, generarán condiciones de hacinamiento, de intenso calor en verano y de intenso frío en invierno, y de ninguna manera pueden ser utilizados como aula escolar, como pretende el Gobierno de la Ciudad". Roberto Amette, integrante de la Asociación Civil por la Igualdad y la Justicia (ACIJ), declaró al diario que "el aula modular no es una solución porque genera una educación discriminatoria".



Figura 7. Aulas containers utilizada en la Provincia de Córdoba - Argentina
Fuente: (Elbarriopueyrredon, 2011)

1.9.2 Aula containers – Sudáfrica

El segundo caso estudio de aulas-containers se encuentra Sudafrica en donde, (Obras web, s.f.), anotó:

“El despacho Tsai Design Studio, en colaboración con un estudiante de 15 años, diseñó una escuela rural mediante el uso de un contenedor reciclado. El proyecto está ubicado en Ciudad del Cabo, Sudáfrica. La compañía Woolworths convocó a los alumnos de las escuelas locales de la zona de Cape Town, en Durbanville, para, con “un cambio a través del diseño”, buscar una solución creativa y crear un aula para niños de bajos recursos.

El ganador fue Marshaarn Brink, un estudiante de 15 años de décimo año, quien propuso una escuela con facilidades de juego y almacenaje. Tsai Design Studio tomó las ideas del joven y creó el diseño final. Así surgió el Vissershok Container Classroom, el cual fue patrocinado por las compañías Woolworths, Safmarine y AfriSam. Se trata de un salón de clases con una longitud de 12 metros y con capacidad para hasta 25 niños de cinco a seis años de edad. El proyecto incorpora cuatro elementos diseñados para maximizar su uso:

- Área de aprendizaje: se encuentra al interior del contenedor. Por las mañanas funciona como aula y por las tardes es una pequeña biblioteca.
- Punto de reunión: tiene un patio y unas escaleras, a manera de gradas, para que los alumnos se reúnan en el receso o para asambleas.
- Área de juegos: está integrada por un marco de acero pegado al contenedor, el cual tiene equipos de juego. Área de crecimiento: es un muro verde en el que se podrá plantar vegetación



Figura 8. Aula containers escuela Sudafricana
Fuente: (Obras web, s.f.)

1.9.3 Universidad Juan Corpas - Bogotá

El último caso estudio se encuentra en Bogotá-Colombia para la Universidad Juan N. Corpas, según él (DAZNE, 2012), menciona:

“Se necesitaba disponer en un corto periodo de tiempo (30 días) de un nuevo edificio de aulas. Para su construcción, se utilizaron 6 contenedores ISO de 40 pies, apilados formando una estructura de 3 plantas (dos contenedores en cada nivel), y unidos longitudinalmente para crear espacios interiores de anchura suficiente para su uso, con una superficie por piso de 57,6m². El acceso a cada aula se hace mediante una escalera metálica exterior.

Los contenedores fueron debidamente revestidos en su interior con material aislante, con acabado final (interior y exterior) formado por paneles de fibrocemento (hounter douglas super board 8mm), las ventanas tienen carpintería de aluminio y los pisos son de madera laminada. Las instalaciones de electricidad, redes, y vídeo beam, quedaron ocultas en los revestimientos. Toda la construcción se apoya en 6 zapatas de hormigón de 0.8 x 0.8m. Este proyecto fue diseñado por González Fuentes Arquitectos, un equipo de profesionales enfocado en satisfacer de forma sostenible las necesidades de sus clientes”.



Figura 9. Aulas containers 3 niveles Universidad Juan Corpas
Fuente: (DAZNE, 2012)

1.10 Ventajas y desventajas del uso de containers

De acuerdo a los casos estudio analizados se pueden concluir algunas ventajas y desventajas de la implementación de los containers en nuevos usos, de acuerdo a la Tabla No. 2:

FACTORES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Material	Están compuestos principalmente de acero corrugado de 4.5mm, llevan un recubrimiento especial anti-humedad con pintura emulsionada con polvo cerámico que evita la humedad, son altamente resistentes y antisísmicos.	Su vida útil como contenedor está en promedio de 12 años, después de dicho tiempo se puede utilizar adaptándolos para otros usos alrededor un tiempo máximo de 20 a 30 años más.
Tamaño	Son modulares y de diferentes tamaños lo que permite flexibilidad en el diseño y pueden ser apilados hasta en 5 alturas.	Por su forma y medidas estandarizadas necesitan ser modulados en muchos casos con más de un contenedor.
Acondicionamiento	Son 100% adaptables fácilmente y a bajo costo, se pueden hacer distintas combinaciones de materiales gracias a su material base, por ser una estructura auto-portante no requiere un refuerzo adicional.	Requieren de un costo adicional para su adaptabilidad en un clima determinado, requieren de una base plana o de una cimentación de acuerdo a la topografía a implantar.
Medio ambiente	Se consideran elementos en reuso que pueden ser fácilmente adaptados a un uso específico, mitigando el impacto de diversos procesos industrializados.	Requiere de algunos sistemas tradicionales para su fijación y adaptación.
Tiempos	Es una alternativa rápida, favoreciendo los periodos de instalación y acondicionamiento que una construcción tradicional. Se pueden instalar módulos de un contenedor en 6 días.	Por sus cortos periodos de instalación se requiere mano de obra especializada para su instalación, acondicionamiento y puesta en funcionamiento.
Costos	Es un sistema económico, notablemente comparado con la construcción tradicional por ser elementos reciclados y en desuso.	Requieren de mantenimiento para evitar su desgaste y garantizar su correcto funcionamiento
Uso	Por su forma y composición se pueden implementar módulos rápidamente adaptables para su funcionamiento, permitiendo ser apilados	Por su tamaño no se pueden adaptar a todos los usos esperados, tiene una forma definida la cual no permite flexibilidad en diseños especiales.
Aceptación	Es una nueva alternativa constructiva que está en auge a nivel mundial y se han hecho innumerables proyectos en muchos usos habitacionales.	No cuenta con buena acogida en algunos, se consideran como de descarte y desecho.

Tabla 2. Ventajas y desventajas del uso de containers en aulas escolares
Fuente: Propia

Capítulo 2

Definiciones y determinantes del diseño con contenedores

2.1 Contenedor estándar definición y partes

(WIKIPEDIA, 2016), lo define de la siguiente manera:

“Un contenedor es un recipiente de carga para el transporte marítimo o fluvial, transporte terrestre y transporte multimodal. Se trata de unidades estancas que protegen las mercancías de la climatología y que están fabricadas de acuerdo con la normativa ISO (International Organization for Standardization), ISO-668;2 por ese motivo, también se conocen con el nombre de contenedores ISO”.

Las partes del contenedor ISO, son esenciales a la hora de su composición, de acuerdo a esto en (MARAGAÑO, 2014), se mencionan sus partes y características:

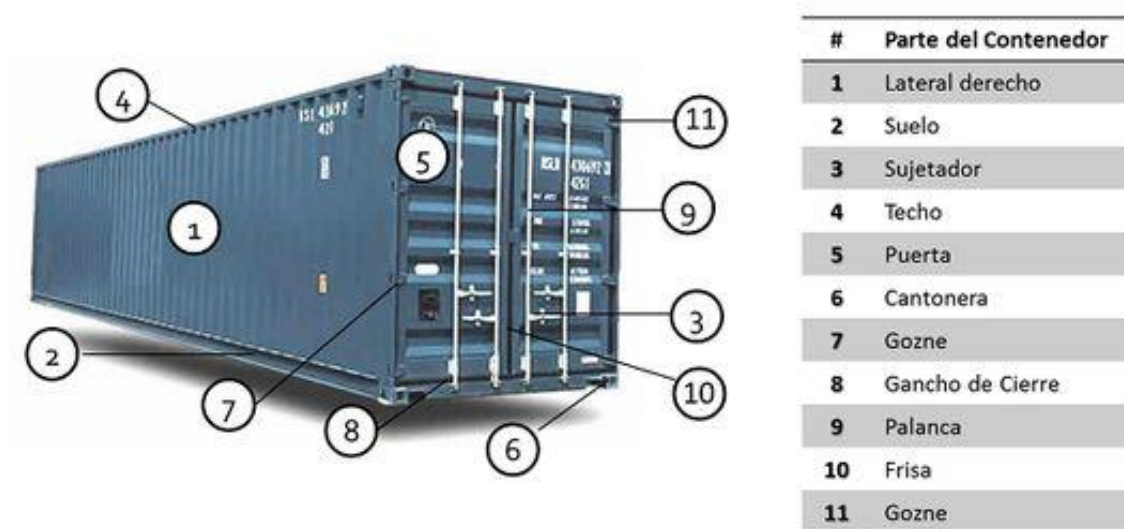


Figura 10. Partes de un contenedor
Fuente: (WIKIPEDIA, 2016)

- Pilares o postes: Componentes del marco vertical ubicados en las esquinas de los contenedores de carga y que se integran con los esquineros y las estructuras del piso.

- Cantoneras o esquineros: Molduras ubicadas en las esquinas del contenedor de carga que proporciona un medio para levantar, manipular, apilar y trincar el contenedor.
- Travesaño y solera: En la puerta de entrada, con un marco horizontal por encima y solera de umbral similar a nivel del piso.
- Panel de fondo (marco frontal): La estructura en el extremo frontal del contenedor (opuesto al extremo donde se encuentra la puerta) compuesta de los travesaños superiores e inferiores y que se encuentra sujeta a los travesaños verticales esquineros y los esquineros.
- Viga lateral superior (travesaño superior): Estructuras longitudinales ubicadas en el lado superior en los dos costados del contenedor de carga.
- Viga lateral inferior (travesaño inferior): Vigas estructurales longitudinales ubicadas en el extremo inferior en los dos lados del contenedor de carga.
- Bao (travesaños de piso): Una serie de vigas transversales aproximadamente con 12” de separación entre cada uno sujeta al travesaño lateral inferior que es parte integral del marco de soporte del piso.
- Suelo (piso): El piso puede ser de madera laminada dura o suave, de tablonces, o enchapado.
- Techo: Los arcos del techo son la estructura del techo que está más abajo y se colocan normalmente con 18 o 24 pulgadas de separación. Los modernos contenedores de acero para propósitos generales no cuentan con arcos de techo pero tendrán techo de láminas de acero lisas o corrugadas soldadas a los travesaños del marco.
- Costados y Frente: Los modernos contenedores de acero GP tendrán paneles de acero corrugado. Los contenedores de aluminio tendrán coberturas de aluminio en sus costados y en el frente, que se fijarán a un durmiente longitudinal de aluminio que a su vez se apernará a los travesaños superiores e inferiores así como al marco frontal. Los durmientes

longitudinales de aluminio pueden estar en el lado interno o externo de la cobertura. Los contenedores GRP no utilizan durmientes longitudinales para sujetar los paneles de enchapado reforzados con fibra de vidrio. El costado y frente de los contenedores de acero están hechos de láminas de acero corrugado, eliminando el uso del durmiente longitudinal.

- Puertas: Las puertas pueden ser de metal y enchapado (centro de enchapado y cubiertas de aluminio o acero), corrugado, o combinación con fibra de vidrio. Las puertas con goznes cuentan con burletes de puerta con borde de plástico o goma como sellos contra el ingreso de agua.
- Sello de seguridad: Utilizado conjuntamente con el mecanismo de cierre a fin de sellar los contenedores con fines de seguridad. Estos sellos se encuentran enumerados a menudo con códigos de colores.

2.2 Características de los containers

De acuerdo a los beneficios y ventajas de los containers se dan algunas características que los hacen particulares y en su composición, seguridad estructural y adaptabilidad, según (AYARRA, 2004), algunas de sus principales características son:

- Ecológicas: Los contenedores son reutilizables. Reducen el uso de otros materiales, disminuyen el impacto sobre un lugar, ocasionan menor gasto y facilitan la tarea de montar y desmontar.
- Rapidez constructiva: Ya que la obra civil está previamente definida solo se necesita aplicar el respectivo diseño y alistar del terreno, otorgándole economía tanto en mano de obra como materiales.
- Antisísmica: Han sido probadas en movimientos horizontales y verticales, comprobando su resistencia incluso cuando se están unas sobre otras.

- Fácil adaptabilidad: Son acondicionables 100% tanto en su exterior como interior, con diversos materiales en muros, piso, techo y pintura.
- Seguras: Al ser construidas con contenedores tradicionales que son usados para el transporte pesado e ideados para resistir el clima marino y movimientos, mantienen su resistencia a golpes e inclemencias del tiempo
- Portátiles: Aunque no cuentan con ruedas, los containers pueden ser trasladados de un lugar a otro, asegurando su versatilidad y cambio.



Figura 11. Prototipos de diseños para vivienda
Fuente: (CONCIENCIA ECO, 2015)

2.3 Clases y dimensiones de los contenedores

Existen diferentes tipos de contenedores en el uso de transporte de mercancías, de acuerdo a su capacidad, su función y el tipo de mercancía a transportar, de acuerdo a esto en el mercado se pueden encontrar variedad de contenedores que estandarizan sus medidas y funcionalidad como se muestra en la figura No. 12:



Figura 12. Tipos de contenedores
 Fuente: (WIKIPEDIA, 2016)

En el caso de la investigación se utiliza los contenedores Dry Van Standard, que es el más utilizado en el acondicionamiento de nuevos usos habitacionales. De acuerdo a (WIKIPEDIA, 2016), sus medidas son las siguientes:

“Existen diferentes medidas para contenedores variando en largo y alto:

- El ancho se fija en 7,9 pies (2,35 m)
- El alto varía entre 8 pies y 6 pulgadas (2,62 m) y 9 pies y 6 pulgadas (2,92 m).
- El largo varía entre 8 pies (2,44 m), 10 pies (3,05 m), 20 pies (6,10 m), 40 pies (12,19 m), 45 pies (13,72 m), 48 pies (14,63 m) y 53 pies (16,15 m).

Los más utilizados a nivel mundial son los equipos de 20 y 40 pies de largo, con un volumen interno aproximado de 32,6 m³ y 66,7 m³ respectivamente. Las marcas de identificación de los contenedores están reguladas por la norma ISO 6346”.

De acuerdo a lo anterior se toma como referencia las medidas del CONTENEDOR STANDARD de 40”, para la implementación del uso de aulas escolares, tomando en cuenta las dimensiones que se muestran en la figura No. 13:

20 PIES STANDARD (DRY CARGO) 20' X 8' X 6'Tara: 2210 - 2400 kg / Carga Máxima 21700 - 28240 kg / Capacidad Cubica 33.3m³

MEDIDAS	EXTERNA		INTERNA		PUERTA ABIERTA	
	Metros	Pies	Metros	Pies	Metros	Pies
LARGO	6.05	20'	5.90	19'4"		
ANCHO	2.43	8'	2.34	7'8"	2.33	7'8"
ALTO	2.59	8'6"	2.40	7'10"	2.29	7'6"

**40 PIES STANDARD (DRY CARGO) 40' X 8' X 6'**Tara: 3630-3740kg / Carga Máxima 2674 - 226850kg / Capacidad Cubica 67.7m³

MEDIDAS	EXTERNA		INTERNA		PUERTA ABIERTA	
	Metros	Pies	Metros	Pies	Metros	Pies
LARGO	12.19	40'	12.03	39'6"		
ANCHO	2.43	8'	2.34	7'8"	2.33	7'8"
ALTO	2.59	8'6"	2.40	7'10"	2.29	7'6"

**40 PIES HIGH CUBE STANDARD (DRY CARGO) 40' X 8' X 9' 6"**Tara: 3880 - 3900kg / Carga Mínima 26580-26600kg / Capacidad Cubica 76.5m³

MEDIDAS	EXTERNA		INTERNA		PUERTA ABIERTA	
	Metros	Pies	Metros	Pies	Metros	Pies
LARGO	12.19	40'	12.03	39'6"		
ANCHO	2.43	8'	2.34	7'8"	2.33	7'8"
ALTO	2.89	8'11"	2.59	8'6"	2.29	7'6"



Figura 13. Tipos de contenedores
Fuente: (WIKIPEDIA, 2016)

2.4 Características espaciales del aula-containers

2.4.1 Diseño básico

Para el diseño de un aula básica para primaria, secundaria o media según normativa, se requiere un indicador de 1.60m²/estudiantes, para un área útil de 48m² por aula con una ocupación de 30 estudiantes. Para el diseño de un aula-containers es necesario 2 contenedores de 40 pies: 28.63m²/containers; para un total de área útil total de 57.26m², área suficiente para desarrollar sus actividades académicas de acuerdo a la normativa exigida.

AMBIENTES DEL PROYECTO (NORMA PMEE)					ÁREAS PROYECTADAS		
AMBIENTE "A"	CANTIDAD	GRADO	ÁREA (m2/ESTUDIANTE) SEGÚN NORMA	ÁREA REQUERIDA (m2)	CANT EST. x AULA	MUROS	TOTAL M2 AREA CONSTRUIDA
PRIMARIA	1	Segundo	1.60	48.00	30	8%	51.84
	1	Tercero		48.00	30	8%	51.84
	1	Cuarto		48.00	30	8%	51.84
	1	Quinto		48.00	30	8%	51.84
EDUCACIÓN SECUNDARIA Y BÁSICA MEDIA	3	Sexto a once		144.00	90	8%	155.52
	3		144.00	90	8%	155.52	
TOTALES	10			TOTAL ESTUDIANTES	300	AREA TOTAL CONSTRUIDA	518.40

Tabla 3. Indicadores m2 de aula por estudiante según norma
Fuente: Propia. Programa Excel

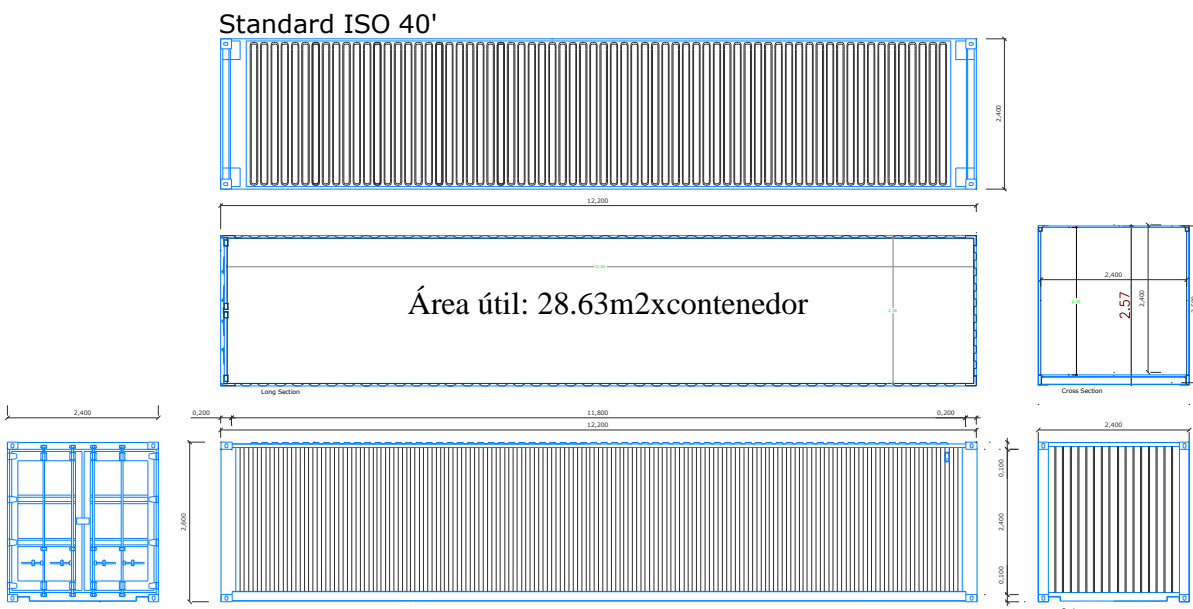


Figura 14. Planta arquitectónica base del contenedor de 40´
Fuente: Propia. Programa AutoCAD

2.4.2 Focos de visión

Según la (ICONTEC, 1999), Norma NTC 4595 menciona:

“Cuando se requieran ambientes en los que sea necesario mantener en forma continua las condiciones de visibilidad, desde cualquier puesto de trabajo hasta un foco constituido por una persona, un tablero, un monitor de TV, etc.; se debe garantizar que no existan obstrucciones en corte o en planta (salientes, muros o protuberancias de cielo-raso), entre

cada uno de los puestos de trabajo y el foco de atención y que las correspondientes distancias y ubicaciones mínimas y máximas entre los puestos y el foco de atención se rijan por lo establecido en la tabla”.

Foco de atención	Distancia		Ángulo visión
	Mínima	máxima	
Pantalla de proyección	2 x ancho pantalla	6 x ancho pantalla	
Tableros	2 m	9 m	(1)
Monitores de TV	3.75 X ancho pantalla	15 x ancho pantalla	(2)

(1) El ángulo en planta, medido entre el plano donde se encuentra el tablero y la línea de visión de un observador a éste, no puede ser inferior a 30° (Véase la Figura 3).

(2) La base del televisor debe estar ubicada 30 cm por encima del plano de visión (1,14 m normalmente). Cuando el monitor de televisión se encuentre suspendido e inclinado, el ángulo comprendido entre el plano de visión y una línea perpendicular al plano de la pantalla del TV, que una el centro de la pantalla con el ojo del observador, en ningún caso debe ser superior a 30° (véase la Figura 4). En planta, ningún observador puede estar ubicado por fuera del cono generado por líneas trazadas desde los vértices de la pantalla hacia fuera, con un ángulo de 135°, medido en relación con el plano de ésta (véase la Figura 5).

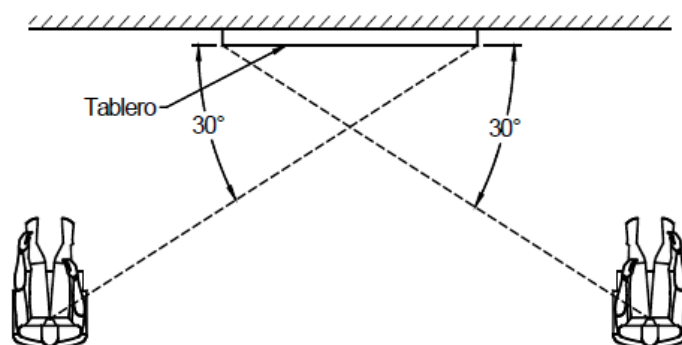


Figura 3. Ángulo máximo de visión, en planta

Tabla 4. Distancias máximas y mínimas para focos de atención y Figura 3. Ángulo máximo de visión
Fuente: (ICONTEC, 1999) Diseño de Instalaciones y Ambientes Escolares

2.5.4 Composición módulos de containers

Según la normativa de M2 por estudiante y los ángulos de visión, se hace la composición de dos (2) Containers y se distribuye arquitectónicamente para cumplir con los 30° de ángulo de visión y el área neta requerida por norma para grupos de 30 estudiantes. El área neta de la unión de los 2 módulos estaría en 57.26m² y un área total de 59.24m², cumpliendo con la normativa exigida según el PMEE.

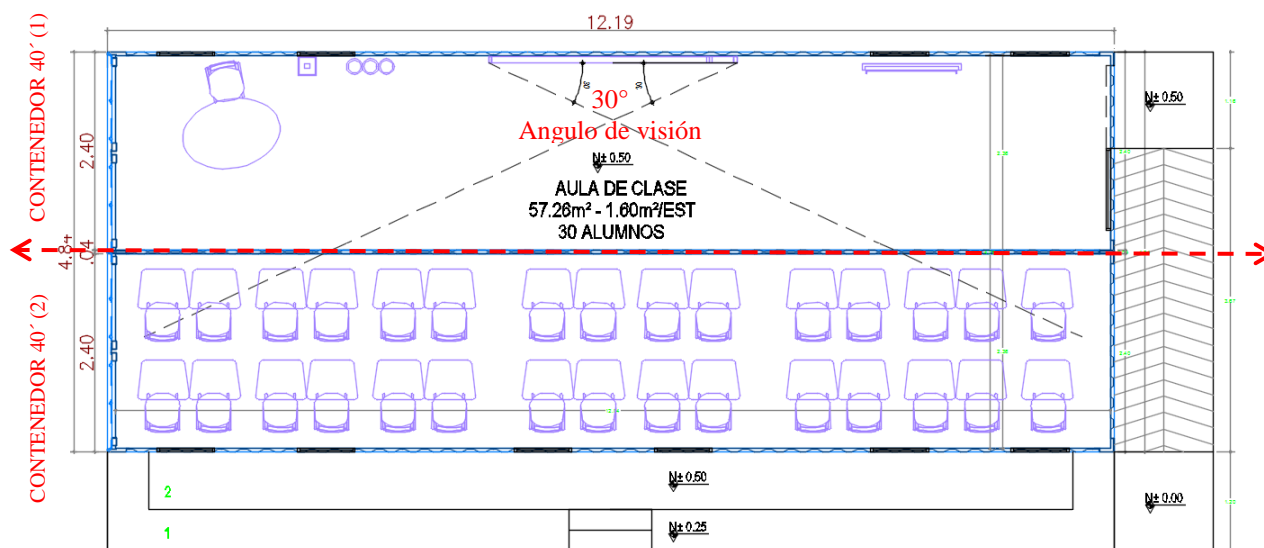


Figura 15. Planta tipo aula-containers
Fuente: Propia. Programa AutoCAD

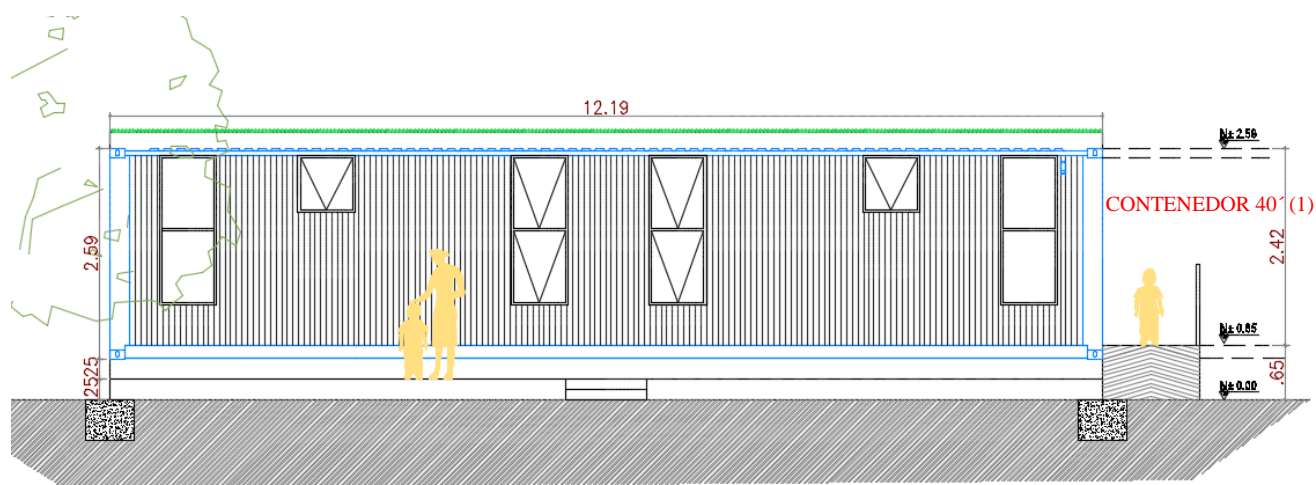


Figura 16. Fachada Occidental aula-containers
Fuente: Propia. Programa AutoCAD

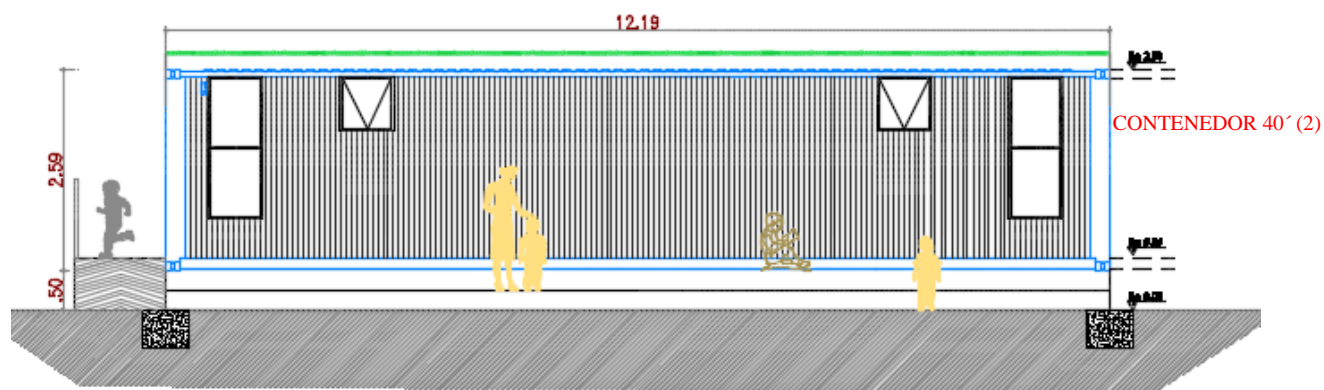


Figura 17. Fachada Oriental aula-containers
Fuente: Propia. Programa AutoCAD

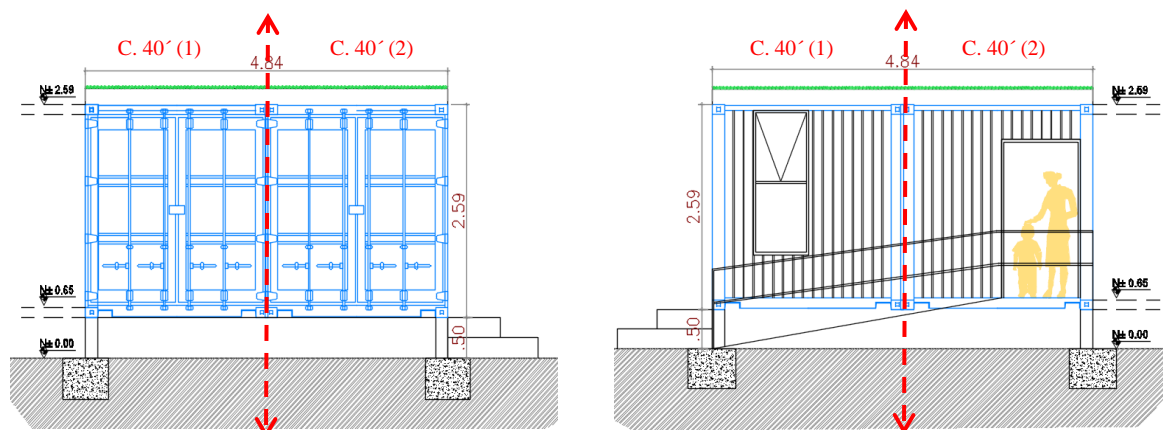


Figura 18. Fachada Sur y Norte aula-containers
Fuente: Propia. Programa AutoCAD

La orientación será determinada por los factores bioclimáticos de la ciudad de Bogotá, así como la proporción de ventana-pared que se utilizará para un adecuado control térmico, la ventilación requerida según normativa, el manejo de la envolvente en muros y cubierta, así como las estrategias bioclimáticas a implementar para optimizar las aulas-containers en módulos eficientes y sostenibles.

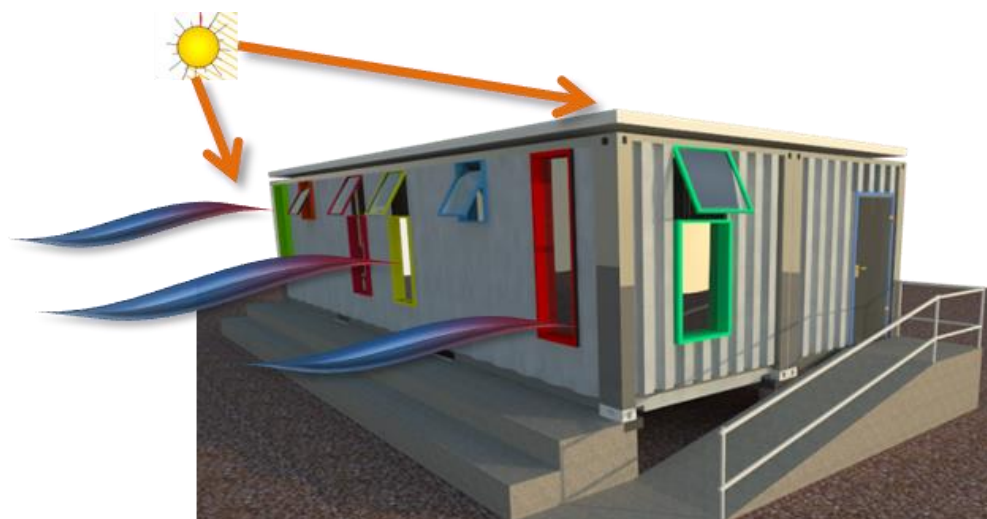


Figura 19. Render esquemático del módulo de aula-containers
Fuente: Propia. Software Sketchup

Los módulos de containers permiten adaptarse a cualquier tipo de terreno, en topografía plana o inclinada por medio con apoyos en pedestales de cimentación o directamente una placa maciza sobre el terreno, permitiendo gran flexibilidad constructiva pudiendo ser transportados a cualquier sitio, según la necesidad y el uso.

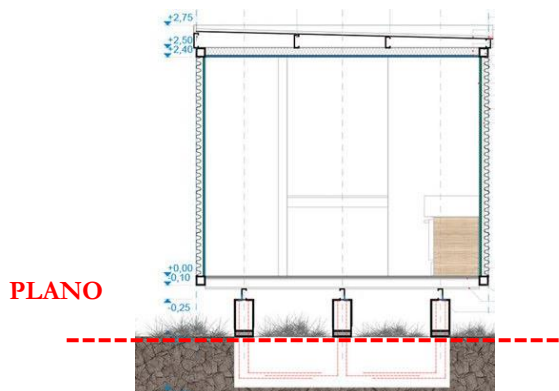


Figura 20. Perfil terreno plano Casa Mia
Fuente: (PONS ESTEL MATIAS, 2015)

En terreno plano permiten ser apoyados sobre pedestales de concreto o metálicos que apoyan la cimentación del terreno mediante el uso de zapatas, micro pilotes o cimentación corrida, permitiendo ser aislado del terreno para evitar corrosión, humedad y dar paso controlado de los vientos predominantes.

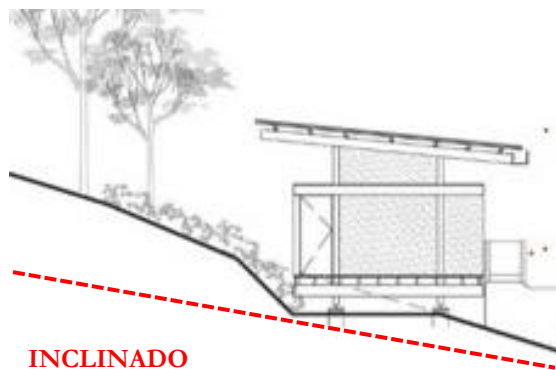


Figura 21 Perfil terreno inclinado para casa campestre
Fuente: (ABOUT HAUS, 2017)

En terreno inclinado permite adaptarse a cualquier topografía levemente inclinada o con grandes pendientes por medio de sus pedestales de apoyo que acondicionan el terreno y lo nivelan, este tipo de implantaciones permiten crear grandes contrastes entre sus volúmenes y ofrece agradables vistas que pueden ser aprovechadas por su entorno natural o urbano generando mayor contraste de sombras y luces, gracias a la flexibilidad de los containers se pueden ubicar en cualquier sitio sin importar su topografía y condiciones naturales.

Capítulo 3

Datos climáticos de Bogotá

3.1 Latitud y Longitud de Bogotá

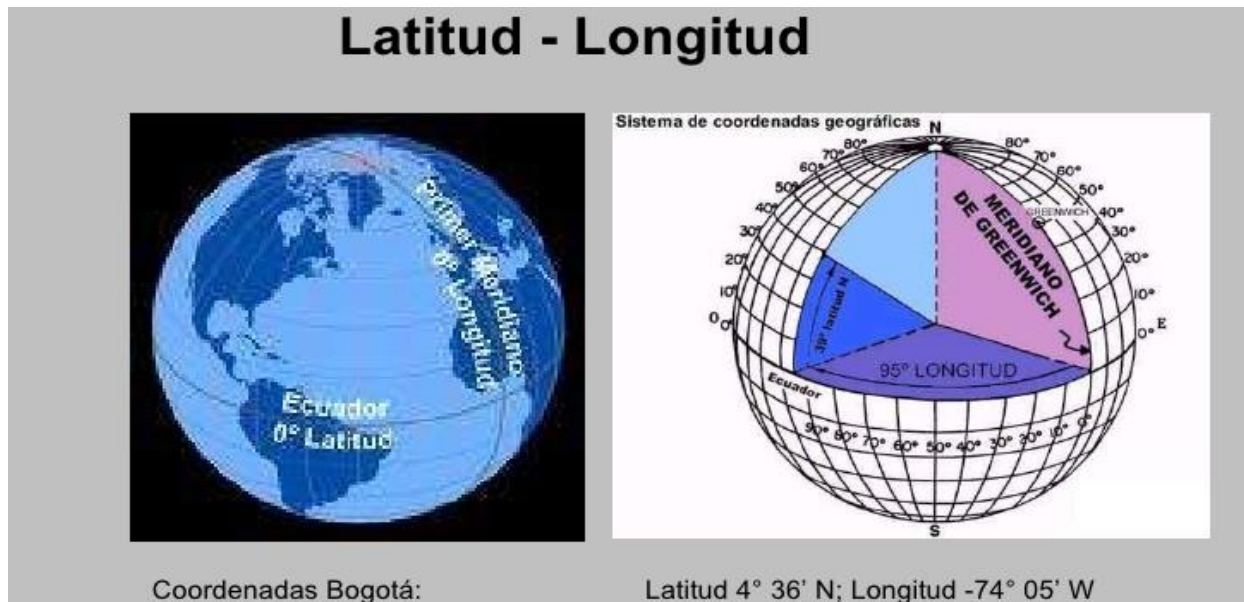


Figura 22 . Latitud y longitud de Bogotá
Fuente: (WIKIPEDIA, 2016)

3.2 Altitud de Bogotá



Figura 23. Altimetría de Bogotá
Fuente: (WIKIPEDIA, 2016)

- ALTITUD:
 - MEDIA: 2.640 m.s.n.m
 - MÁXIMA: 3.600 m.s.n.m
 - MÍNIMA: 2.540 m.s.n.m

3.3 Tablas climáticas de Bogota y su comportamiento sobre el containers

Los datos climáticos para Bogotá son tomados del (IDEAM, 2004) y se analizan, promedian y comparan de acuerdo a sus picos más bajos y altos, para determinar su comportamiento frente al módulo del aula-containers.

• TEMPERATURA

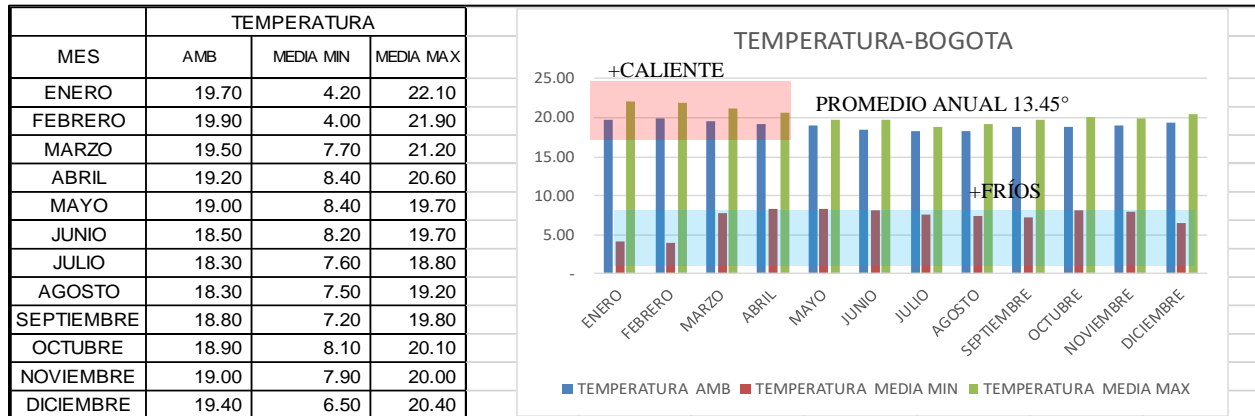


Tabla 5. Temperatura Bogotá
Fuente: (IDEAM, 2004)

Bogotá maneja una temperatura promedio de 13.45°C promedio, en sus picos más bajos alcanzan temperaturas hasta de 4°C y en sus picos más altos alcanza temperaturas hasta los 22.10°C, se caracteriza por ser un clima de montaña y puede presentar fuertes fríos y heladas durante la noche y la madrugada e intensas temperaturas en las tardes, lo que puede modificar las condiciones de confort al interior del contenedor.

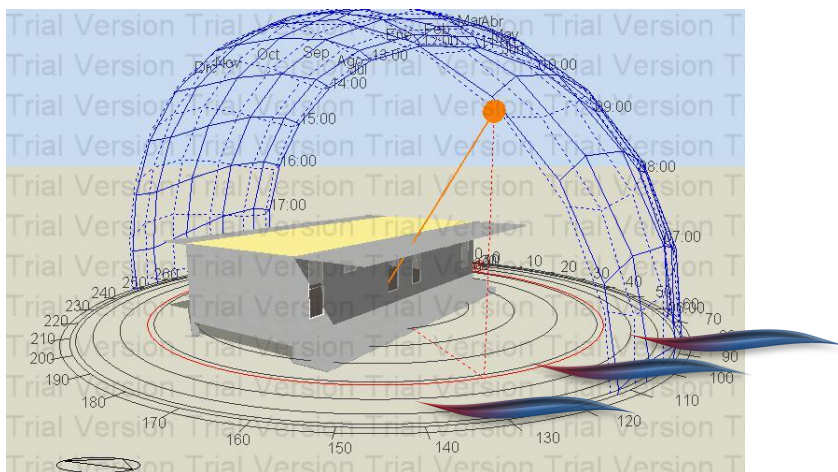


Figura 24. Incidencia de temperatura sobre contenedor. 21 Dic 9am
Fuente: Propia. Software Desing Builder

- PRECIPITACIONES

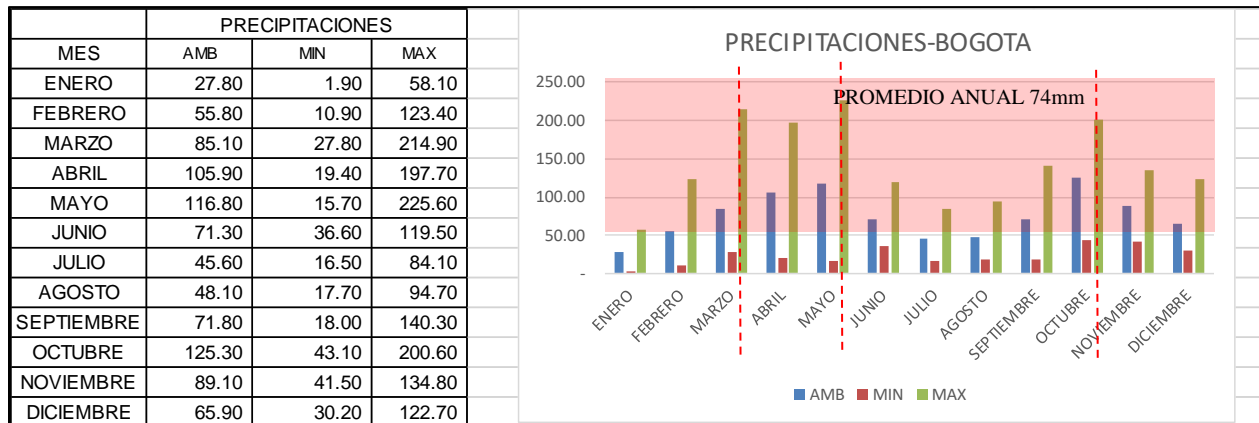


Tabla 6. Precipitaciones Bogotá
Fuente: (IDEAM, 2004)

Los meses con mayores lluvias en Bogotá son los meses de marzo, mayo y octubre. Según se muestra en la gráfica los periodos de variación de lluvias están dados por periodos de dos y cuatro meses durante lo largo de todo el año. La precipitación medias máximas promedio anuales son altas (1000.9mm), se debe prever protección en cubierta y aleros en fachadas para evitar infiltración en el interior.

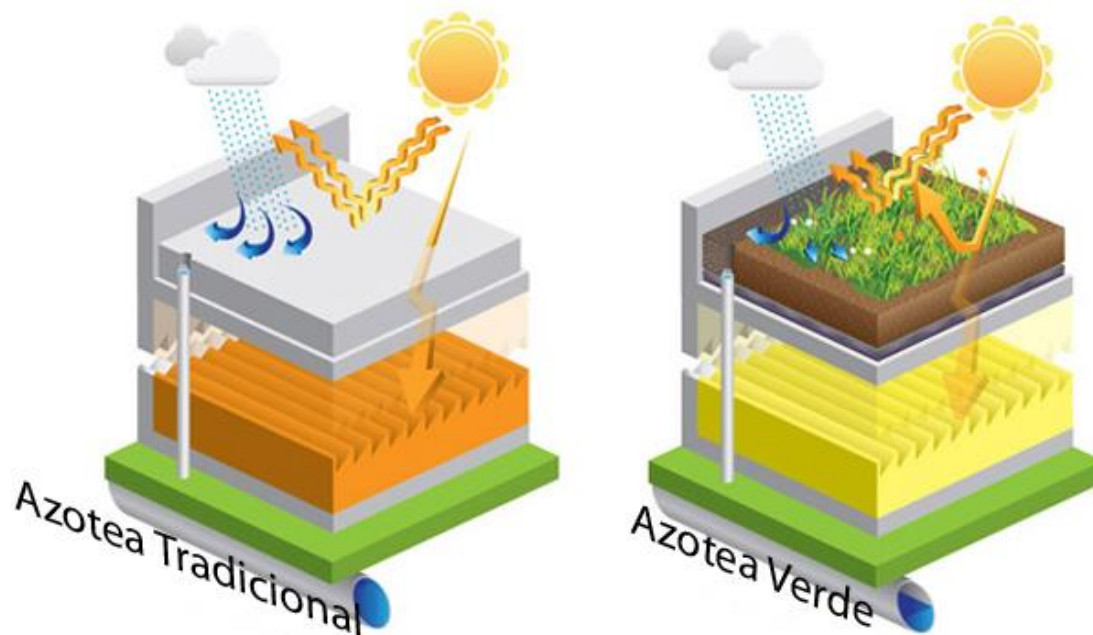


Figura 25. Incidencia de precipitaciones sobre techos verdes
Fuente: (ABOUT HAUS, 2017)

- HUMEDAD RELATIVA

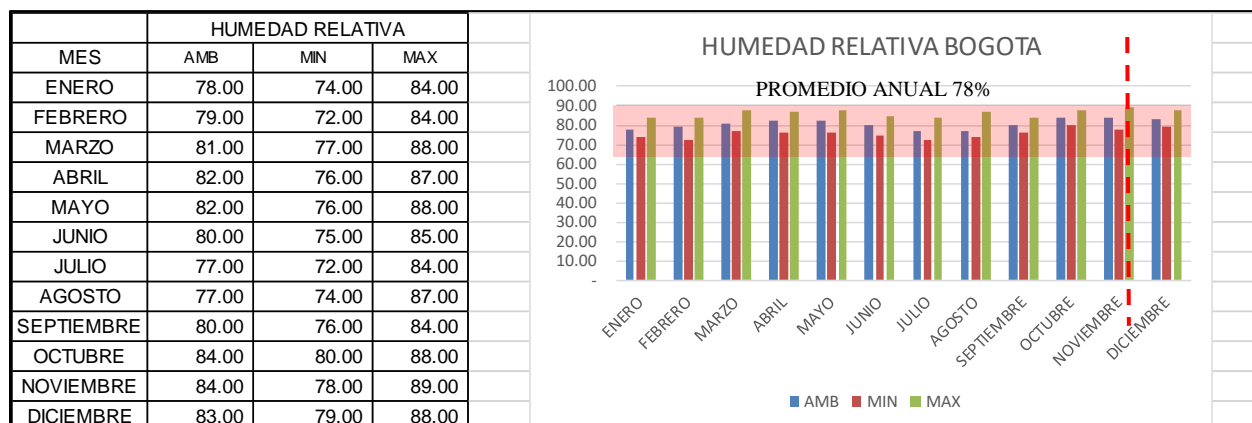


Tabla 7. Humedad relativa Bogotá
Fuente: (IDEAM, 2004)

La humedad relativa presenta un régimen casi uniforme a lo largo del año, entre el 75 y el 80%, con un valor medio anual de 78%; su valor más alto es en el mes de noviembre con 87%. En promedio la humedad relativa para Bogotá a partir de las primeras 8 horas del día empieza una reducción rápida disminuyendo entre un 75 a 80%, la humedad relativa vuelve a incrementarse después de las 6 de la tarde cuando la temperatura superficial vuelve a descender.

En cuanto a humedad se refiere el containers cuenta con un revestimiento con materiales especiales anti-humedad a base de pintura emulsionada con polvo cerámico, ya que esta es su principal amenaza como elemento de transporte, evitándose hongos, óxido y otros desperfectos que causa la humedad, y por tanto no hay contenedor que no se proteja de la humedad.

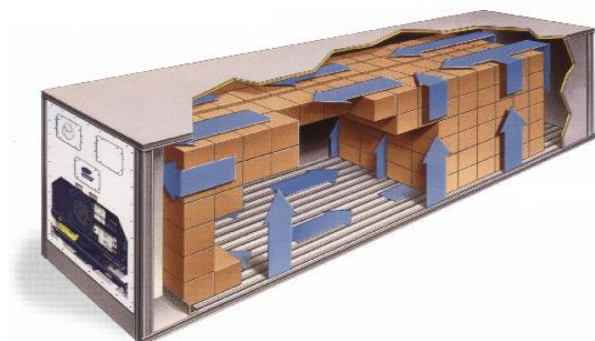


Figura 26. Containers revestimiento antihumedad
Fuente: (WIKIPEDIA, 2016)

- BRILLO SOLAR

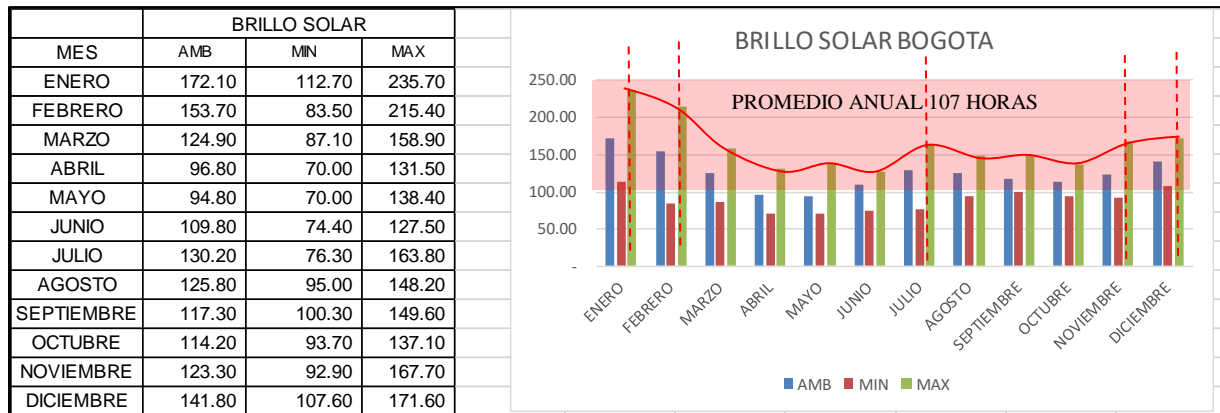


Tabla 8. Brillo solar Bogotá
Fuente: (IDEAM, 2004)

Según la (Secretaría Distrital de Ambiente, s.f.), señala:

“La distribución de los valores de insolación o brillo solar están relacionadas en forma inversa con otros elementos como la nubosidad y la precipitación. El brillo solar tiene un valor promedio de 107 horas, siendo el mes de enero el que presenta un mayor valor, con 235.70 horas y los meses de abril y mayo el menor, con 70.00 horas”

Dentro del desarrollo de la investigación el brillo solar cumple un factor importante dentro de la implementación de su eficiencia energética, se debe tener en cuenta las horas promedio día y los meses con mayores valores para determinar la eficiencia del sistema a implementar.



Figura 27. Brillo solar y su implementación en containers para la eficiencia energética
Fuente: (Secretaría Distrital de Ambiente, s.f.)

3.4 Diagrama Psicometrico Climate Consultant

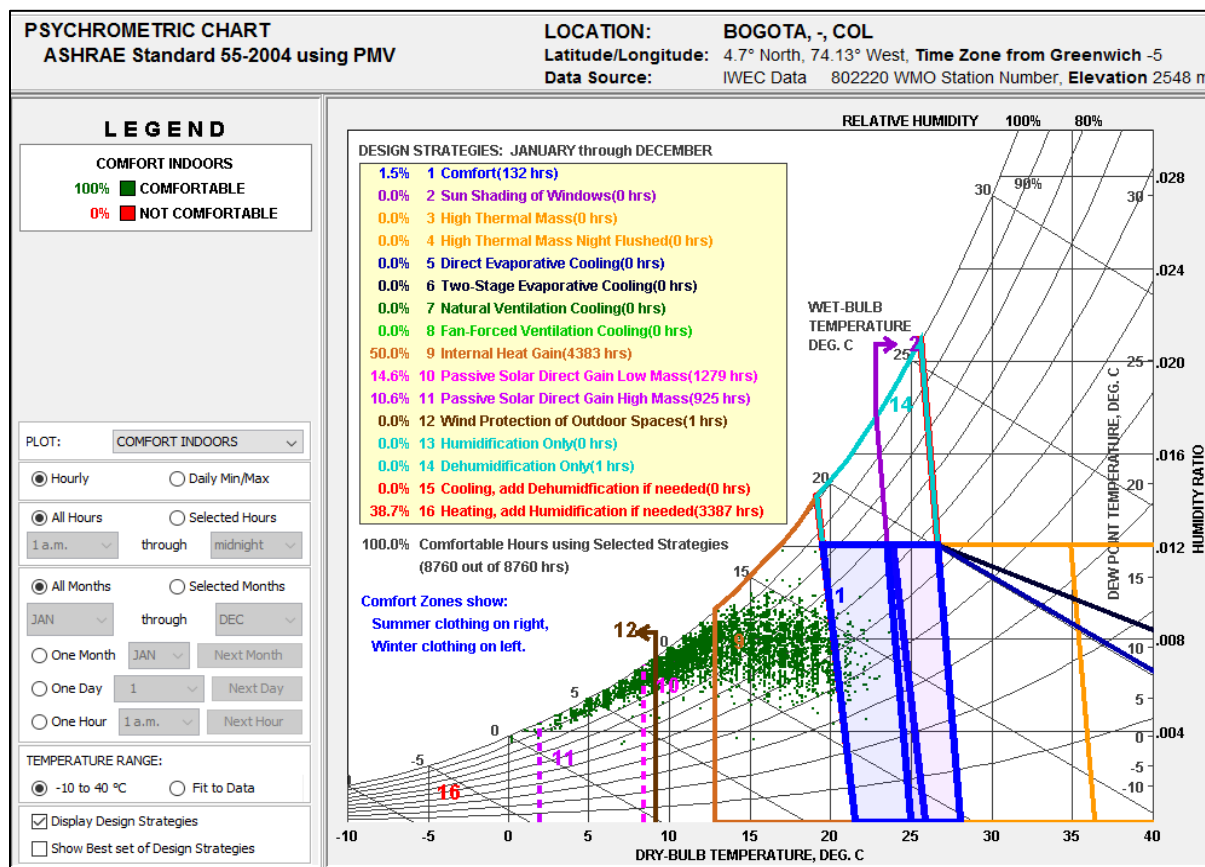


Figura 28. Diagrama psicométrico Bogotá
Fuente: Datos Climate Consultant

De acuerdo con el Diagrama Psicométrico se concluye que Bogotá alcanzan la zona de confort en 1.5%, entre los rangos 14° a 23° C, en sus meses más fríos alcanza temperaturas hasta de 4°C. De acuerdo a las estrategias se requiere de aportes internos que permitirían mejorar las condiciones en un 50% del año. Bogotá cuenta con un clima favorable que permite idear estrategias pasivas de control solar, ventilación y control de humedad debido a que sus condiciones no son de extremo frío o calor; por lo anterior se implementará en el proyecto: estrategias de ganancias solares durante el día, en especial en las primeras horas de la mañana; mitigando el paso de luz directa mediante control solar, tener controladas fuentes de ventilación evitando el sobre enfriamiento y la humedad al interior del espacio.

3.5 Recomendaciones arquitectónicas

LOCALIZACIÓN		BOGOTA				Tablas de Mahoney					
LONGITUD		74,09				TABLA DE RECOMENDACIONES ARQUITECTONICAS					
LATITUD		04,42									
ALTITUD		2.547 msnm									
TOTAL INDICADORES TOTALES (según TABLA 4)											
HUMEDO			ARIDO								
H1	H2	H3	A1	A2	A3						
0	0	12	0	0	0						
1. IMPLANTACION EDIFICIO											
			0 a 10			1	Implantacion del edificio siguiendo el eje longitudinal este-oeste con el fin de disminuir la exposicion solar				
			11 a 12	5 a 12							
			11 a 12	0 a 4		2	Edificios compactos con patios interiores				
2. VENTILACION GENERAL DEL PROYECTO											
11a 12						Grandes espacios para fortalecer la penetracion de viento, pero con proteccion contra viento caliente/frio.					
2 a 10											
0 a 1						3	Edificios compactos				
3. CIRCULACION DEL AIRE											
3 a 12						4	Edificios a simple orientacion. Disposicion de elementos que permitan circulacion permanente				
1 a 2	0 a 5										
2 a 2	6 a 12					5	Edificios a doble orientacion permitiendo una circulacion intermitente del aire				
0	2 a 12										
0	0 a 1					6	Circulacion de aire inutil				
4. DIMENSIONES DE LAS VENTANAS											
			0 a 1	0		7	GRANDES, 40-80% de los muros. Fachada norte y sur				
			0 a 1	1 a 12		8	MEDIANAS, 15 a 25% de las superficies de los muros				
			2 a 5								
			6 a 12			INTERMEDIAS, 20 a 35% de las superficies de los muros					
			11 a 12	0 a 3		9	MUY PEQUEÑAS, 10 a 15% de las superficies de los muros				
			12 a 12	4 a 12		MEDIANAS, 25 a 40% de la superficie de los muros					
5. POSICION DE LAS VENTANAS											
3 a 12						10	Posicion de las ventanas: muros norte-sur a la altura del hombre expuestas a la direccion predominante del viento				
1 a 2	0 a 5										
1 a 2	6 a 12					Asi como arriba, pero incluido aperturas practicadas en las paredes interiores					
0	2 a 12					11					
5. PROTECCION DE LOS VANOS											
					0 a 2	12	Proteger del sol directo				
			2 a 12			13	Prever una proteccion contra la lluvia				
7. MUROS Y PLACAS											
			0 a 2			14	Construcciones ligeras; con poca inercia termica				
			3 a 12			Construccion maciza; desfase horario superior a 8 horas					
8. CUBIERTA											
10 a 12	0 a 2					15	Construccion ligera y bien aislada. Reflectiva				
10 a 12	3 a 12					Ligera y bien aislada					
0 a 9	0 a 5					16					
0 a 9	6 a 12					17					
9. ESPACIOS EXTERIORES											
			2 a 12		Emplazamiento para dormir al aire libre						
			1 a 12			18					
			3 a 12			19					

Tabla 9. Tabla recomendaciones arquitectónicas
Fuente: (IDEAM, 2004)

3.6 Rosa de vientos Bogotá

De acuerdo al comportamiento de los vientos y su incidencia, el (IDEAM, 2004), menciona:

“Según la rosa de los vientos Bogotá presenta vientos predominantes en dirección noreste y este, con velocidades hasta de 6 a 8 m/s. La velocidad más representativa en general, se encuentra en el rango de 1.6 a 3.3 m/s con un 35%. Los meses con ocurrencias de menores calmas son mayo (18%), junio (14,9%) y julio (17.5%) y con mayores calmas están enero (27%), septiembre (26.9%) y octubre (26.1%). Con mayor intensidad de viento, por encima de 5.5 m/s, se encuentran los meses de julio y agosto”.

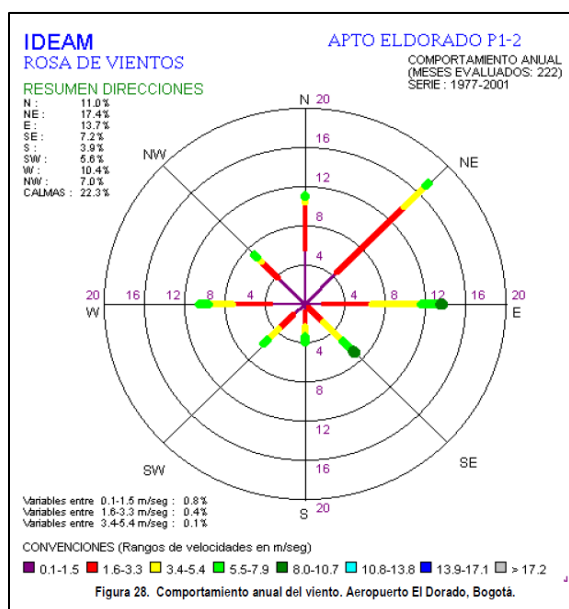


Figura 29. Rosa de vientos Bogotá
Fuente: (IDEAM, 2004)

“En Bogotá existen vientos generales y vientos locales, los primeros, son los de influencia sinóptica que son los alisios, los cuales toman direcciones noreste y sureste en el área de la ciudad y en el Altiplano. Estos traen consigo lloviznas a partir de la última semana de junio o comienzos de julio, pues una vez entra la influencia de este viento, las lluvias del primer período lluvioso (marzo, abril y mayo) cesan del todo y las reemplazan las lloviznas

sobre todo en los cerros orientales y en la ciudad a lo largo de las estribaciones de la cadena montañosa que la enmarca. Aunque los vientos Alisios disminuyen paulatinamente su intensidad, no dejan de presentarse algunas lluvias eventuales de corta duración, las cuales son precedidas por tiempo seco durante los meses de julio y agosto. Luego que abandona la influencia de los vientos Alisios, aproximadamente en septiembre, aumenta el cubrimiento de la nubosidad y aparecen las primeras lluvias producto de la presencia del viento. Posteriormente, en la segunda temporada de lluvias de septiembre, octubre y noviembre, los vientos locales son bastante variables y dependen de la distribución de las precipitaciones; esta situación en particular de los vientos encontrados de diferentes direcciones, da lugar a condiciones de discontinuidad y presencia de corrientes convectivas”.

Dentro de las estrategias bioclimáticas para la implementación del aula-containers se busca potencializar la ventilación natural evitando sobre enfriamiento de los espacios y favorecer el paso controlado de vientos predominantes para garantizar la ventilación cruzada dentro del espacio.

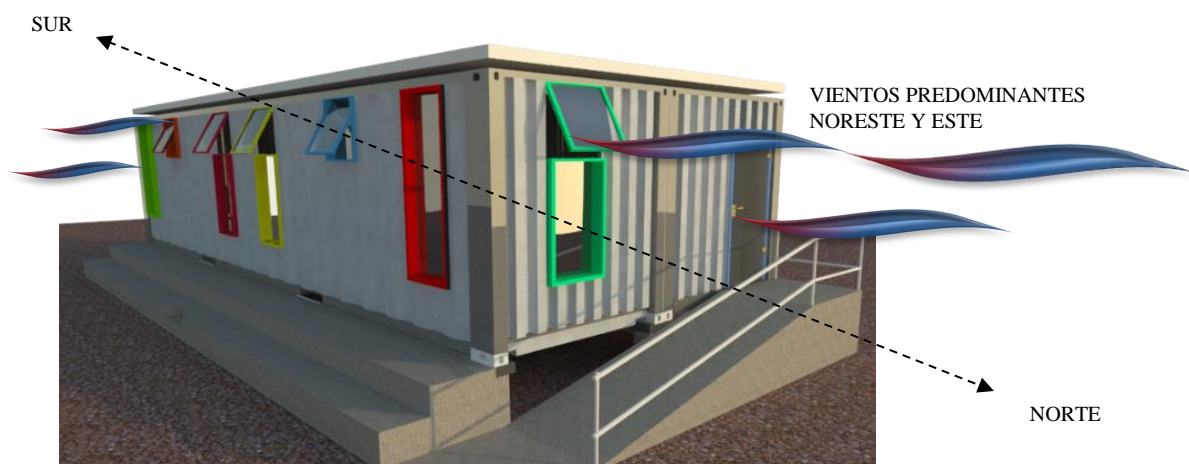


Figura 30. Dirección de vientos predominantes según orientación del containers
Fuente: Propia. Software Sketchup

3.7 Resumen general condiciones climáticas de Bogotá y su incidencia en el containers

De acuerdo a los datos del (IDEAM, 2004), se tienen las siguientes conclusiones:

TEMAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Localización astronómica	Bogotá se encuentra en las coordenadas 4° 36 N 74°05W, en la Cordillera Oriental, en la zona septentrional de los Andes ubicada en el centro de Colombia, a una altitud de 2.640 msnm.	La ciudad tiene un clima de montaña debido a la altitud y nubosidad, que oscila entre los 7 y los 18 °C, el cual puede presentar fuertes fríos y heladas durante la noche y la madrugada e intensas temperaturas en las tardes.
Diagrama solar	El recorrido de su trayectoria solar favorece las ganancias térmicas en mañana y tarde y garantiza la zona de confort en gran parte del día. Favorece el microclima.	Aumento de la temperatura hacia el interior y paso de luz directa, es necesario la implementación de aleros de protección en las orientaciones oriente-occidente.
Optima orientación	La orientación óptima del edificio debe darse siguiendo el eje longitudinal este-oeste, con el fin de disminuir la exposición solar directa.	Se debe tener en cuenta la organización de los espacios de acuerdo a las necesidades de confort a su interior.
Diagrama Bioclimático	Según diagrama Psicométrico los se tiene que la zona de confort de 1.5%, existe un porcentaje del 50% de ganancias solares internas y requiere un 38.7% de calefacción y humidificación.	Requiere elementos de protección solar y control de lluvias, No se logra tener confort por ganancias solares en las 1ras horas de ocupación, requiriendo acondicionamiento de su envolvente.
Vientos dominantes	La velocidad del viento es relativamente baja, con un valor promedio de 1.7 m/s; Se garantiza la buena ventilación de los espacios con paso directo y constante a la construcción.	Se requiere buena ventilación al proyecto para mitigar el impacto de luz solar sobre fachadas predominantes en especial en horas de la tarde para evitar el sobrecalentamiento del espacio.
Precipitaciones	Los meses que presentan medias máximas de temperatura son los de menos precipitaciones en el año que se dan a comienzo, mitad y fin de año.	La precipitación medias máximas promedio anuales son altas (1000.9mm), se debe rever protección y drenajes para las lluvias.
Radiación solar directa	La más alta radiación solar en Bogotá se presenta en los meses de enero, febrero, marzo y diciembre, con incidencia solar; los mínimos se observan en los meses de mayo y junio, favoreciendo las condiciones térmicas al interior casi a los largo de todo el año.	Se debe prever control solar en los meses de mayor radiación y contar con un sistema de acondicionamiento para evitar el sobre enfriamiento en los meses de poca radiación solar.

Tabla 10. Conclusiones climáticas de Bogotá
Fuente: Datos resumen (IDEAM, 2004)

Capítulo 4

Implementación de estrategias de bioclimáticas y sostenibles

4.1 Estrategias bioclimáticas

1. Potencializar la ventilación natural evitando sobre enfriamiento de los espacios, ganancia en las horas de la mañana y tarde, control solar enfocado evitando la sobre iluminación. Debido al clima promedio de Bogotá se deberá tener ganancias solares para obtener los rangos de confort de acuerdo a su uso (14 a 24°) y garantizar su buena ventilación por medio de su correcta orientación.

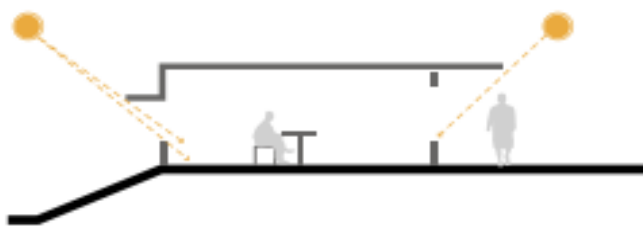


Figura 31. Diagrama de ganancias solares

Fuente: (Ministerio de Educación Nacional, 2014). Lineamientos y recomendaciones Diseño Arquitectónico

2. Captación de energía solar por cubierta para generar microclima o invernadero, regulando el efecto chimenea. Se toma la cubierta como elemento de acondicionamiento para el aprovechamiento del brillo solar, aislación térmica y captador de aguas lluvias, regulando las condiciones de temperatura y humedad al interior, mediante estrategias sostenibles y eficientes.

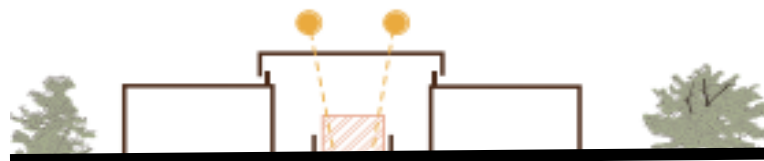


Figura 32. Diagrama de captación solar

Fuente: (Ministerio de Educación Nacional, 2014). Lineamientos y recomendaciones Diseño Arquitectónico

3. Favorecer el paso controlado de vientos predominantes para garantizar la ventilación cruzada dentro del espacio. Ubicación del módulo de containers que permita tener una buena ventilación y cumplir con las ratas mínimas que se exigen para los espacios escolares, la velocidad de los vientos para Bogotá favorece su correcta ventilación así como su paso cruzado por aperturas.

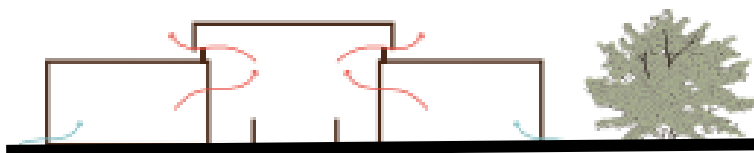


Figura 33. Diagrama de ventilación cruzada

Fuente: (Ministerio de Educación Nacional, 2014). Lineamientos y recomendaciones Diseño Arquitectónico

4.2 Variables de diseño para simulaciones y ocupación

Para determinar las condiciones óptimas de comportamiento térmico, ventilación, iluminación al interior del diseño del Containers, se hacen simulaciones con el software Desing Builder, el cual según (DesignBuilder, s.f.), menciona:

“Es un software especializado en la simulación ambiental y energética de edificios. Sus avanzadas prestaciones permiten evaluar aspectos como los niveles de confort, los consumos de energía y las emisiones de carbono. Ofrece diversos módulos de análisis integrados entre sí, lo cual significa mayor aproximación al diseño y eficiencia energética”.

Con este Software se analizarán las variables térmicas y adaptativas del módulo de containers como uso de aula escolar, de acuerdo a su comportamiento y al rango de confort que se determine para la ciudad de Bogotá.

CATEGORÍA	VARIABLE	PROGRAMA	RESULTADO
Térmica	Orientación	Desing Builder	Comportamiento térmico del volumen
Térmica	Relación ventana-pared	Desing Builder	Porcentaje de aperturas de ventanas
Iluminación	Factor luz día	Desing Builder	Porcentaje promedio de luz día
Muros	Envolvente	Desing Builder	Comportamiento térmico del volumen
Cubierta	Materialidad	Desing Builder	Comportamiento térmico del volumen
Ventilación	Renovaciones del aire	Desing Builder	Calidad del aire y comportamiento térmico

Horario de uso y ocupación aula de clase. Densidad 0.53

Schedule:Compact, Through: 15 Jul,
D1_Edu_ClassRm_Occ, For: Weekdays
Fraction, SummerDesignDay,
Through: 02 Feb, Until: 08:00, 0,
For: Weekdays Until: 10:00, 1,
SummerDesignDay, Until: 10:30, 0,
Until: 08:00, 0, Until: 12:30, 1,
Until: 10:00, 1, Until: 13:30, 0,
Until: 10:30, 0, Until: 16:00, 1,
Until: 12:30, 1, Until: 24:00, 0,
Until: 13:30, 0, For: Weekends,
Until: 16:00, 1, Until: 24:00, 0,
Until: 24:00, 0, For: Holidays,
For: Weekends, Until: 24:00, 0,
Until: 24:00, 0, For: WinterDesignDay
For: Holidays, AllOtherDays,
Until: 24:00, 0, Until: 24:00, 0,
For: WinterDesignDay Through: 15 Nov,
AllOtherDays, For: AllDays,
Until: 24:00, 0, Until: 24:00, 0,
Through: 15 Jun, Through: 31 Dec,
For: AllDays, For: AllDays,
Until: 24:00, 0, Until: 24:00, 0;

Tabla 11. Variables de diseño a simular y horarios de uso y ocupación. Densidad 0.53
Fuente: Programa Excel y Desing Builder

4.3 Simulaciones Software Desing Builder y rangos de confort según formula Aluciems

Para determinar la escogencia de los factores simulados se tendrá un factor de desviación por encima del 0.6% sobre los valores simulados para determinar cual cuenta con el mejor valor comparativo, se estudiará el confort térmico, según la Formula Aluciems el rango de temperatura de confort que se estima a partir de la Temperatura Neutral: $17.6 + 0.31 \times TM$ y se determina el rango de confort $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$, arrojando zona de Confort para la Ciudad de Bogotá entre los 17.60°C a los 22.60°C , se determinaran adicionalmente los rangos de confort lumínico y confort acústico.

Temperatura confort - Aluciems		
Temperatura neutral	20.1	
Temperatura de confort	17.60	22.60

Tabla 12. Formula Aluciems
Fuente: Propia. Programa Excel.

Aplicando la fórmula de Aulciems:

$$T_n = 17.6 + 0.31 T_m$$

$$Z_c = T_n \pm 2.5^{\circ}\text{C}$$

4.3.1 Orientación

Después de hacer las simulaciones en Desing, se define la mejor orientación del bloque del containers según su comportamiento térmico, este se simula con un porcentaje de ventana-pared del 50% y se plantean las orientaciones a 0°C y 90°C , por considerarse las que mayor rango de desviación tienen (0.65%) Se determina que la que orientación con mejor temperatura promedio anual es la 90°C , favoreciendo la ganancia térmica en las fachadas predominantes con orientación oriente-occidente.

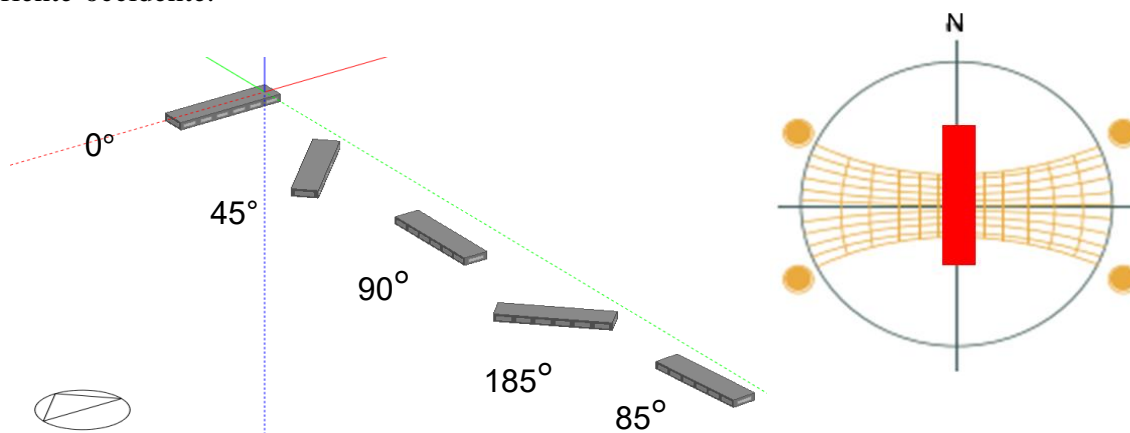


Figura 34. Mejor orientación
Fuente: Software Desing Builder

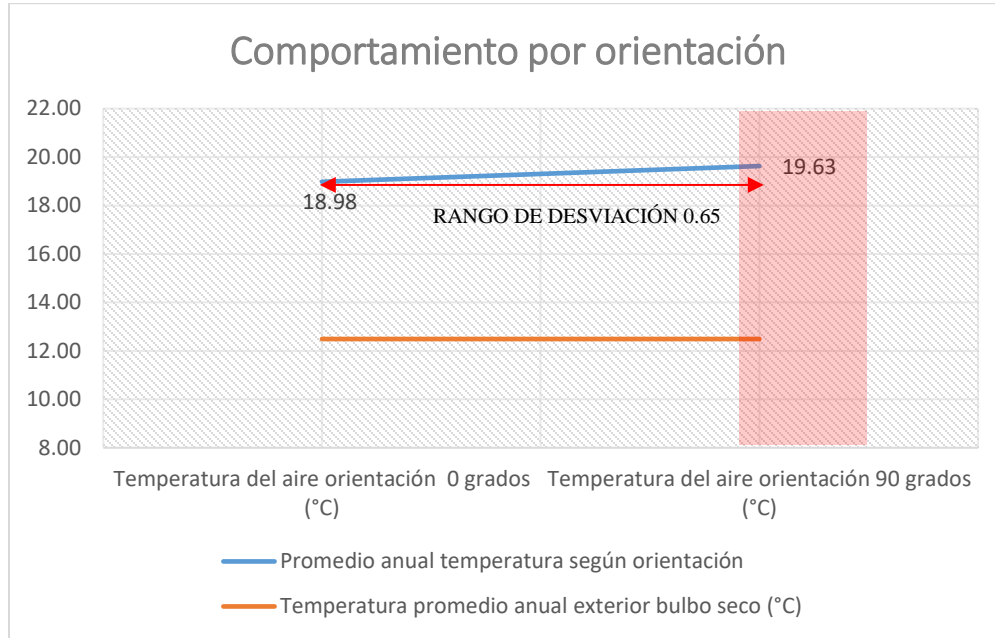


Tabla 13. Resultados por orientación
 Fuente: Propia. Programa Excel.

4.3.2 Relación ventana-pared y factor luz día

En la relación ventana pared, se toma en cuenta la norma para aperturas de aulas para que este cerca al promedio que exige la norma correspondiente a comodidad visual del Plan Maestro para Establecimientos Educativo la cual corresponde a $1/3$ del área servida. Se selecciona la relación de 40% que permite cumplir con lo solicitado en la normativa y con las condiciones de confort térmico y lumínico.

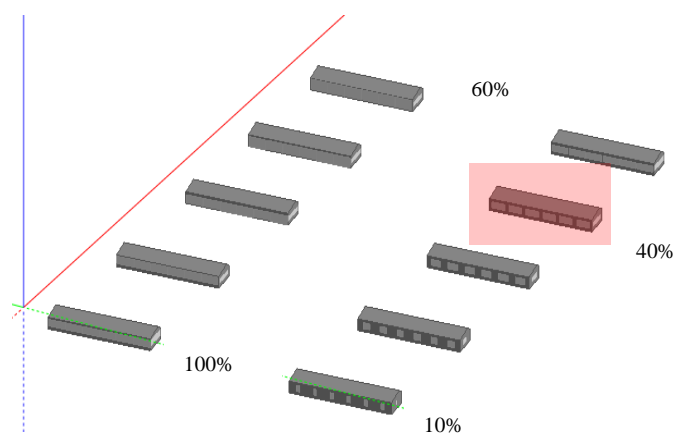


Figura 35. Relación ventana-pared
 Fuente: Software Desing Builder

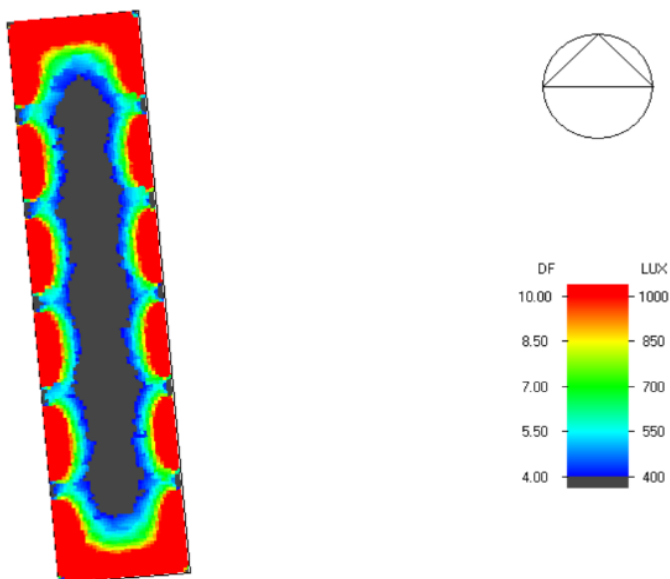


Figura 36. Luxes alcanzados
Fuente: Software Desing Builder

Se hace la comparacion entre los porcentajes de ventana-pared del 10% al 100%, siendo el 10% el porcentaje de ventana y el 90% de pared y asi según su correspondencia de porcentaje.

El factor luz día promedio tiene un valor de 9,43% según la proporción ventana-pared del 40%, la cual permite distribuir uniformemente la luz a los largo del espacio y alcanzar los luxes requeridos para aulas escolares que corresponde a 500 luxes.

En la tabla 14 se muestra el comportamiento de la temperatura de 20.72% y 9.43% de luz dia con respecto a la proporcion ventana-pared del 40%, la cual tiene un mejor comportamiento entre los rangos de confort permitidos.

Se muestra un ascenso proporcional con relacion al aumento del porcentaje de ventana-pared y el factor luz dia, hasta estabilizarse en el 70% en adelante de apertura.

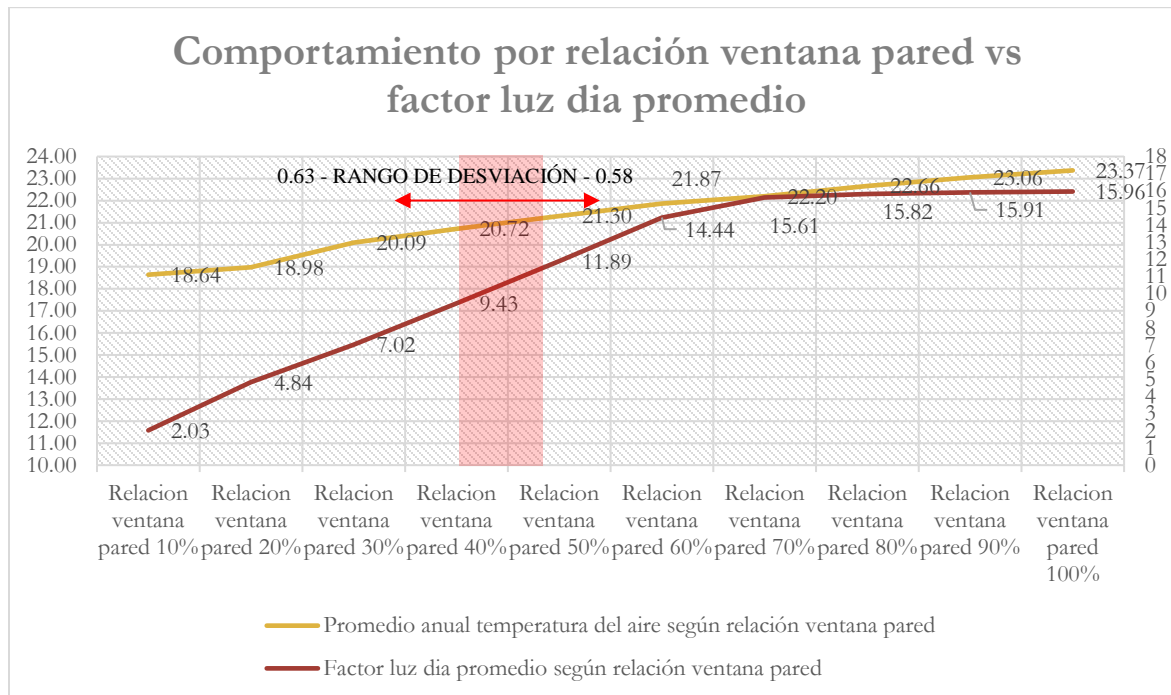


Tabla 14. Resultados por relación ventana-pared y factor luz día
Fuente: Propia. Programa Excel

4.3.3 Envoltente

El material base de los containers es acero de 4,5mm para determinar el comportamiento térmico de su envoltente se simula el día del mes promedio, como resultados se obtienen temperaturas de los 12 a 24°C, conservando línea uniforme a lo largo del día, pico mas bajo 6am 12°C y pico mas alto 4pm con 23.5°C.

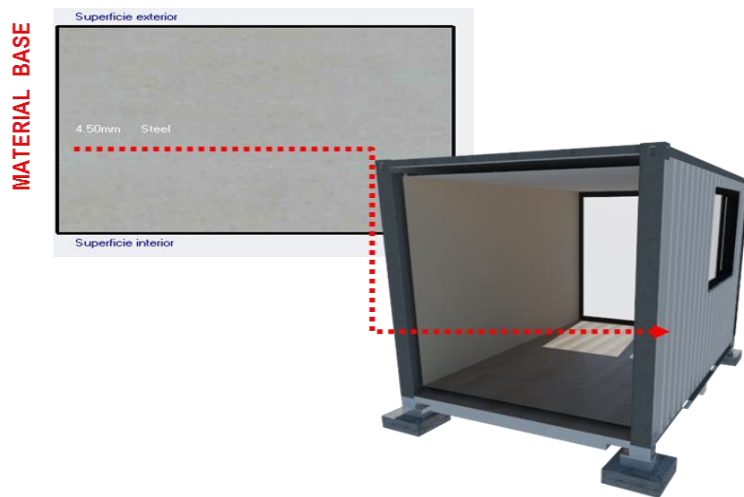


Figura 37. Material base acero de 4,5mm
Fuente: Software Desing Builder y Sketchup

De acuerdo a los resultados de la Tabla No. 15, se deberá determinar los materiales de la envolvente a condicionar al modulo del contenedor para optimizar los rangos de confort de acuerdo al adecuado funcionamiento del uso educativo.

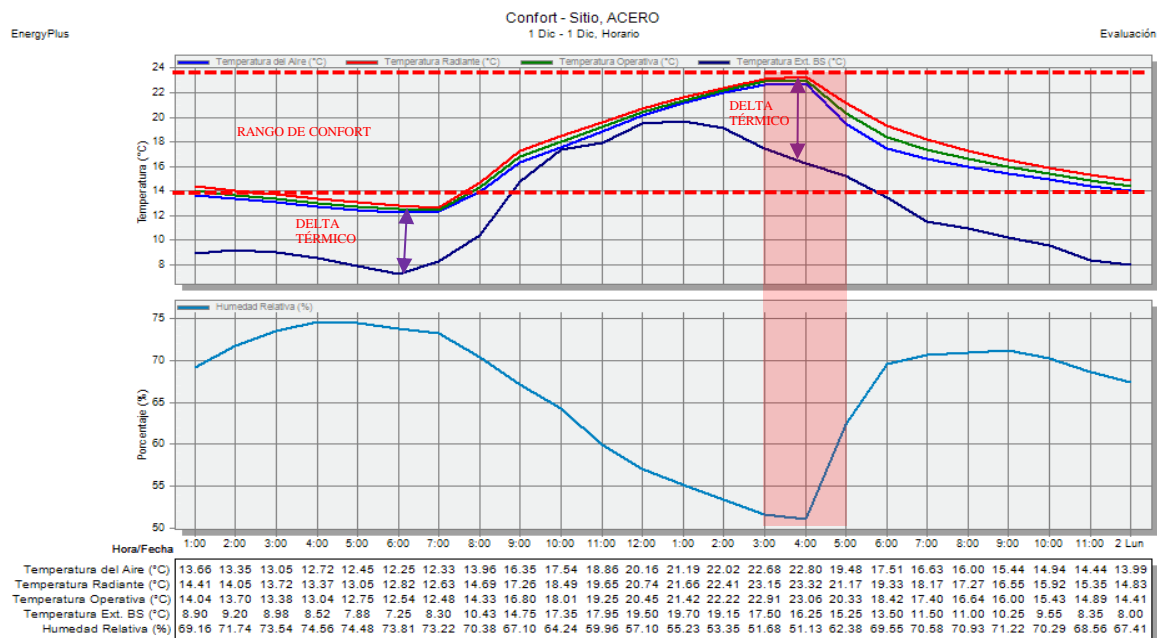


Tabla 15. Resultado envolvente con material base
Fuente: Software Desing Builder

El modulo de containers deberá ser acondicionado con una envolvente capaz de aislar las bajas temperaturas y a su vez conservar el nivel termico optimo, evitando las altas temperturas que se puedan dar en horas de la mañana y tarde.



Figura 38. Acondicionamiento de la envolvente
Fuente: Propia. Software Sketchup

4.3.4. Acondicionamiento de la envolvente

Para el estudio del comportamiento termico de la envolvente se seleccionaron 4 tipos de pieles que fueron simuladas mediante el Software Desing Builder, en el mes promedio del dia promedio, estas fueron:

- **M1-MADERA/FIBRA MINERAL/ACERO**



Figura 39. Distribución de pieles de la envolvente M1

Fuente: Software Desing Builder

De exterior a interior las pieles seleccionadas son: Madera de 10mm, Fibra Mineral de 60mm y en su interior con el acabado de acero del contenedor de 4.5mm; para un total de muro de 74.5mm o 7.45cms

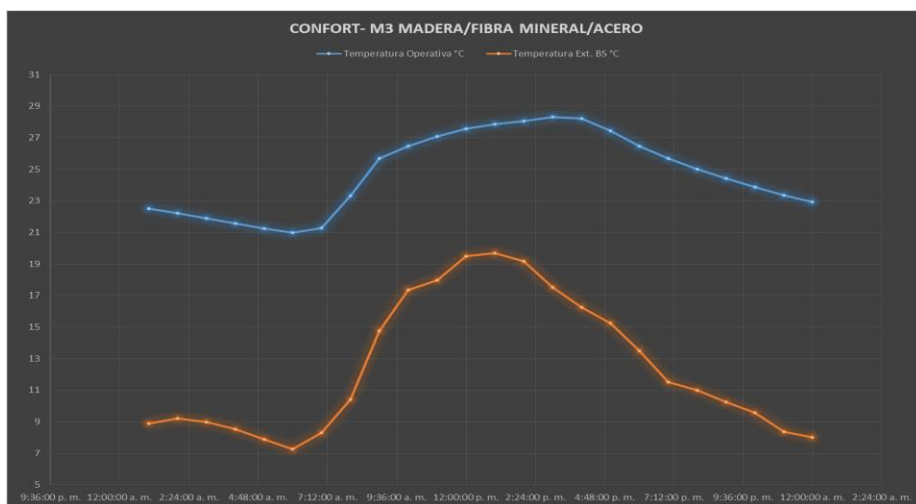


Tabla 16. Resultado envolvente M1

Fuente: Propia. Programa Excel

De acuerdo a los resultados se tienen temperaturas en su pico mas bajo de 20.59°C a las 6am y su pico mas alto de 27.75°C a las 3pm, esta temperatura no es propicia para un ambiente escolar y no se encuentre dentro de los rangos de confort de 17.6 a 22.6°C, según los rangos de Aluciems.

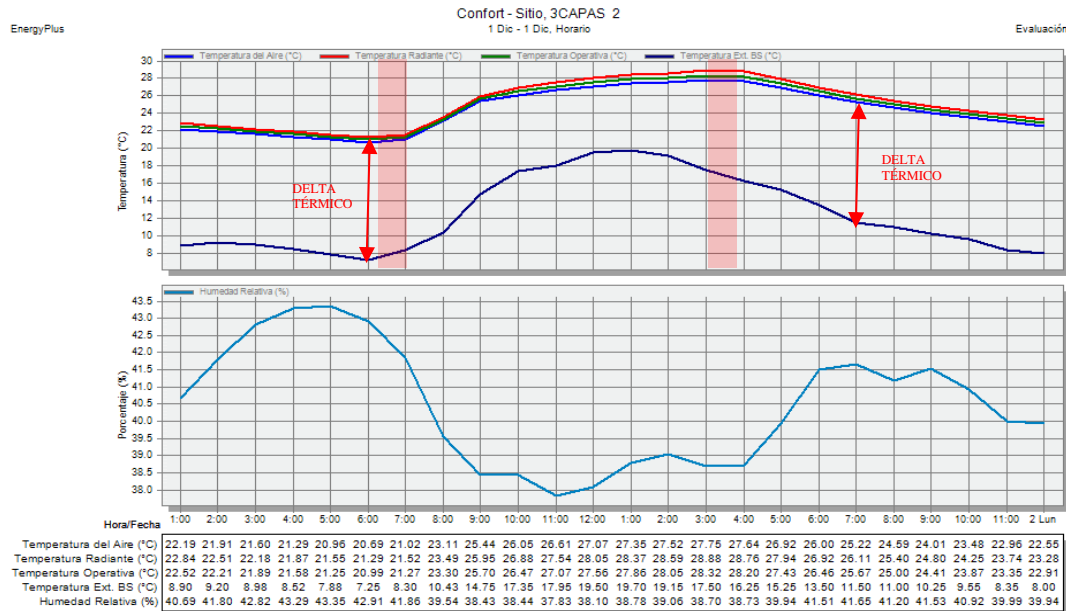


Tabla 17. Resultado envoltante M1
Fuente: Software Desing Builder

- **M2-ACERO/FIBRA MINERAL/CORCHO/PLASTERBOARD**

De exterior a interior las pieles seleccionadas son: acero de 4.5mm, Fibra Mineral de 60mm, corcho de 15mm y en su interior plasterboard de 15mm; para un total de muro de 94.5mm o 9.45cms



Figura 40. Distribución de pieles de la envoltante M2
Fuente: Software Desing Builder

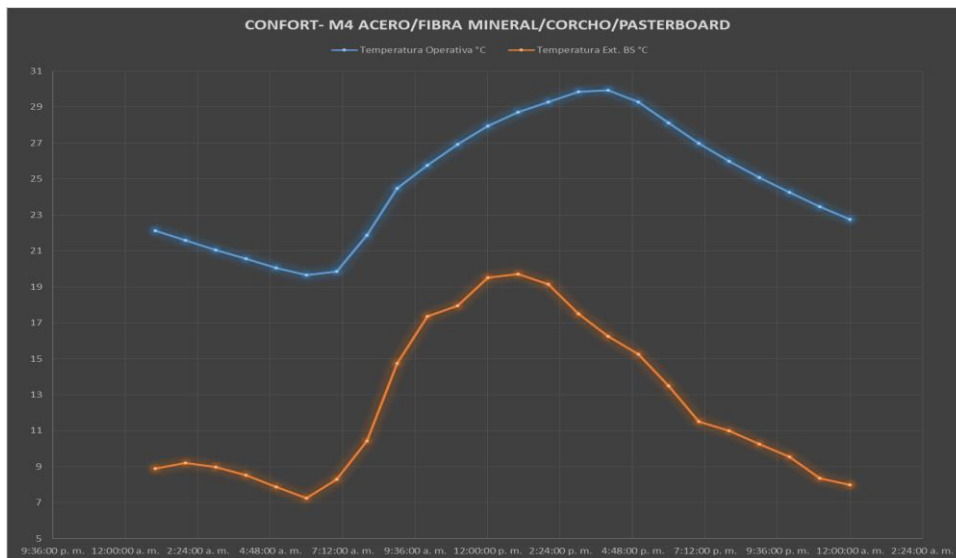


Tabla 18. Resultado envoltente M2
Fuente: Propia. Programa Excel

Luego de simular los materiales del muro compuesto se tienen temperaturas en su pico mas bajo de 19.36°C a las 6am y su pico mas alto de 29.82°C a las 4pm, esta temperatura tampoco es propicia para el uso educativo y no se encuentra dentro de los rangos de confort de 17.6 a 22.6°C.

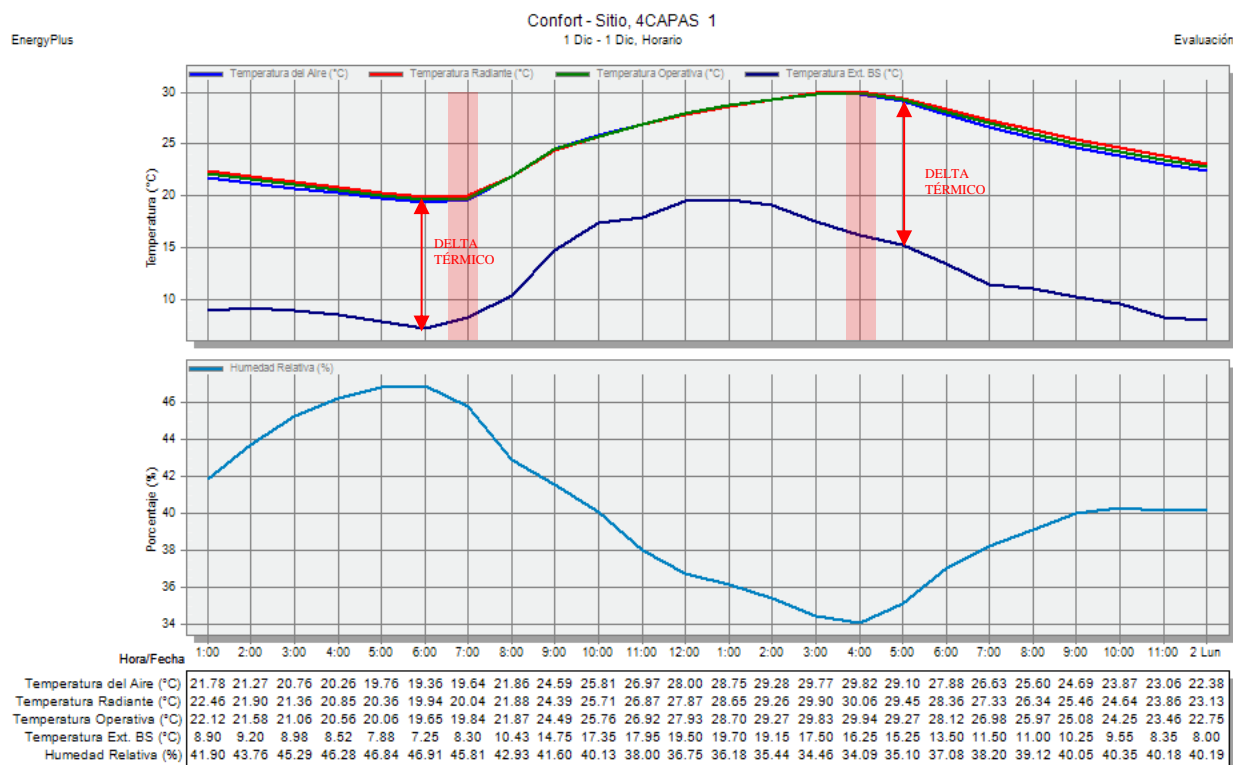


Tabla 19. Resultado envoltente M2
Fuente: Software Desing Builder

• **M3-ACERO/FIBRA MINERAL /PLASTERBOARD**

Se escoge los materiales para el tercer muro compuesto teniendo en cuenta que son materiales comerciales, de dabjo costo y facil adaptabilidad, se procede a simular el dia promedio del mes promedio.



Las características de su envolvente son: Acero de 4.5mm+ fibra mineral de 60mm+ Plasterboard de 15mm, para un total de muro compuesto de: 8cms aprox., se obtienen temperaturas de los 15 a 22°C, dando una línea continua y paralela a lo largo del día.

Figura 41. Distribución de pieles de la envolvente M3
Fuente: Software Desing Builder y Sketchup

Se obtienen las siguientes temperaturas, pico más bajo 6am 15,49°C y pico más alto 4pm con 21.78°C, estas temperaturas están por debajo del rango mínimo de confort (17.60 a 22.60°C).

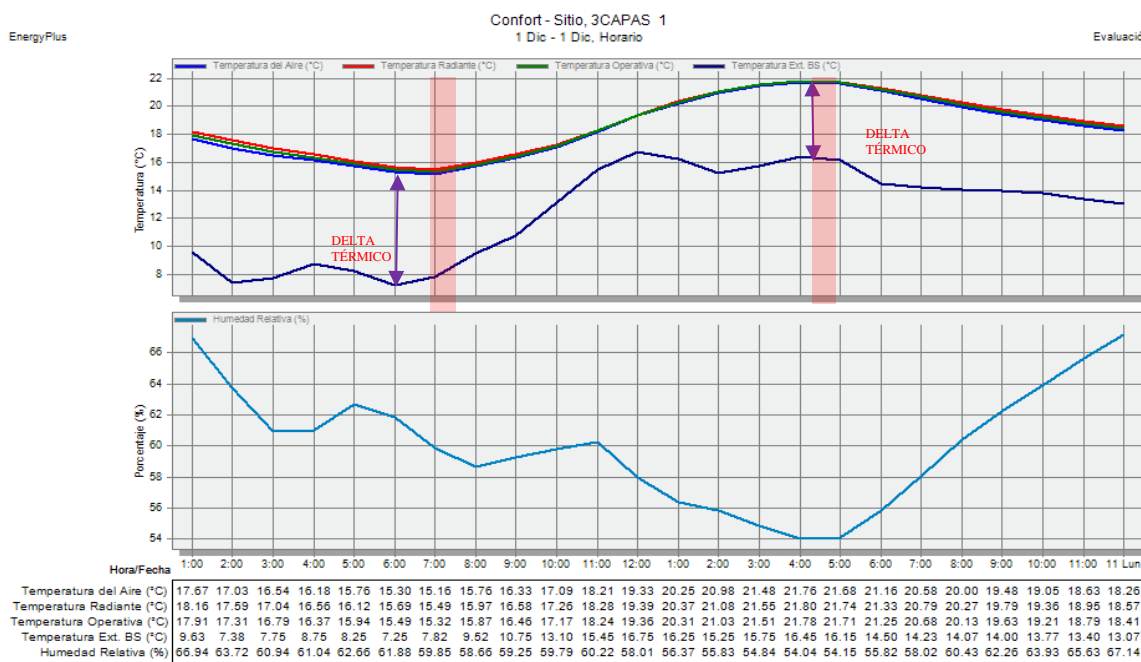


Tabla 20. Resultado envolvente M3
Fuente: Software Desing Builder

- **M4-ACERO/ESPUMA DE POLIURETANO /PLASTERBOARD**

Se propone la envolvente No. 4 con un aislamiento en poliuretano que es el material aislante térmico más eficiente y duradero. Posee baja conductividad térmica debido a su estructura celular cerrada: 0.028 W/m-K, con un espesor de 150mm para un total de muro de 169.50mm.

Propiedades de masa térmica	
Conductividad (W/m-K)	0.0280
Calor específico (J/kg-K)	1470.00
Densidad (kg/m³)	30.00

Tabla 21. Conductividad térmica del poliuretano
Fuente: Software Desing Builder

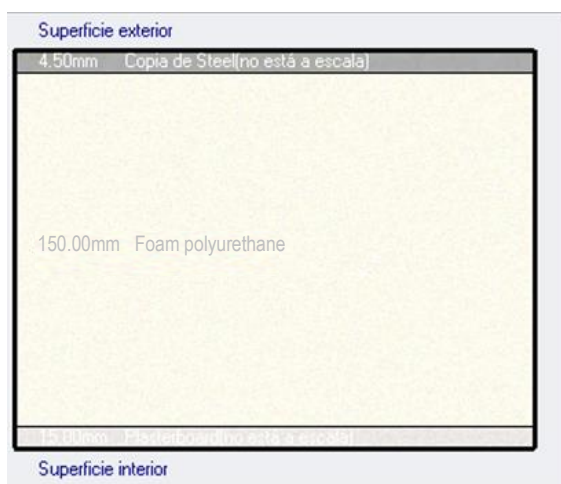


Figura 42. Distribución de pieles de la envolvente M4
Fuente: Software Desing Builder

MURO COMPUESTO PROPUESTO: Acero 4.5mm + Espuma de poliuretano 150mm + Plasterboard 15mm, espesor total: 16.95cms, Se toma como criterio de simulación el mes promedio de temperatura del año y se simula el día promedio, se obtienen temperaturas entre los 17.93 a 23.27°C, en la franja escolar de 8 de la mañana y 4 de la tarde, después de esta hora empieza un descenso en su temperatura hasta llegar a 18.66°C a las 12pm.

En horas de la madrugada y parte de la mañana dentro de las 3am a 7am se tienen temperaturas de 17.37°C a 16.13°C, las cuales se encuentran por fuera de la zona de confort, dando 20 horas semanales de desconfort, para 180 días de escolaridad durante el año, arrojaría 3600 horas en total,

pero no se encuentran dentro de la franja escolar de 8am a 4pm lo cual no afectaría las condiciones de habitabilidad adecuadas para su normal desarrollo de la jornada escolar.

Para estar dentro de los rangos de confort según la formula, es necesario acondicionamiento en cubierta, prever protección de aleros y ventilación para disminuir la temperatura en horas de la tarde y ganancia solar en horas de la mañana. Resultados de temperatura en la tabla No. 22:

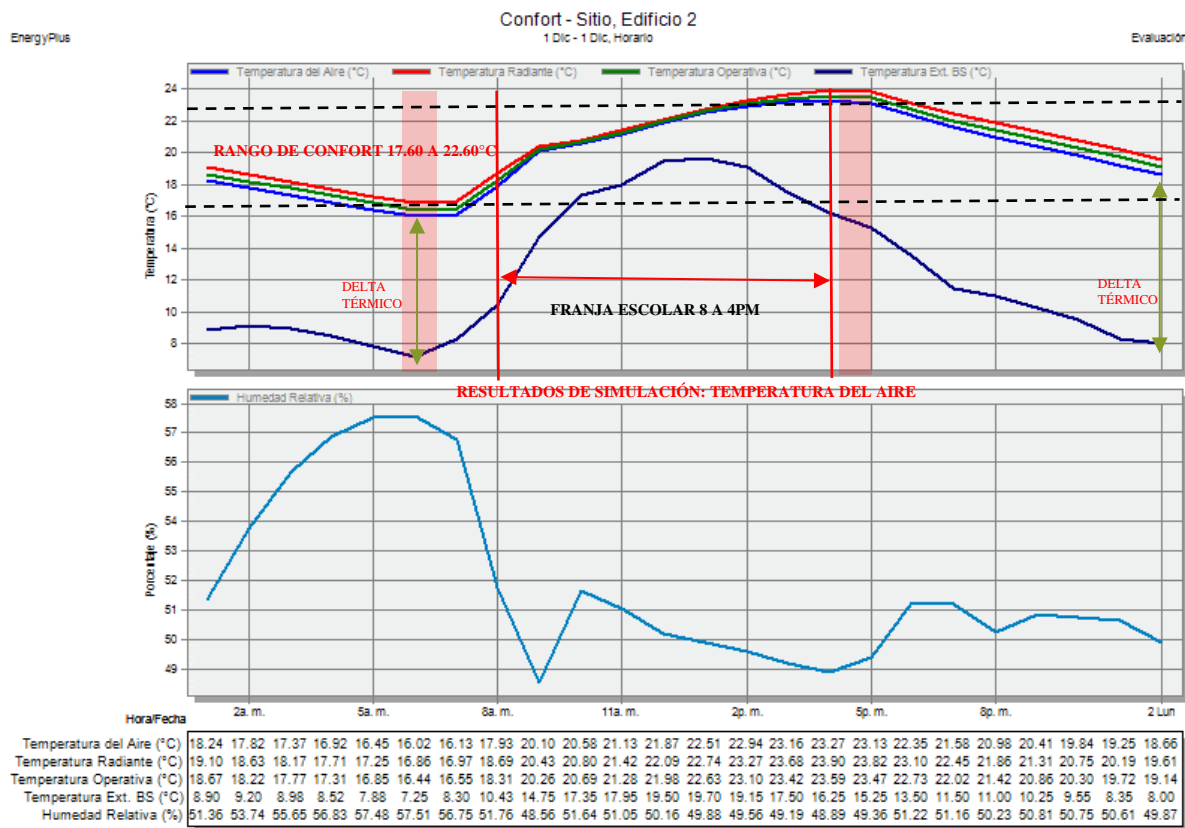


Tabla 22. Resultado envoltente M4
Fuente: Software Desing Builder

La envoltente M4 compuesta de: Acero 4.5mm + Espuma de poliuretano 150mm + Plasterboard 15mm, obtiene los resultados que más favorecen el comportamiento térmico a nivel de envoltente del contenedor obteniendo temperaturas cercanas al rango de confort de Aluciems, siendo necesario prever acondicionamiento en cubierta, protección solar y ventilación para lograr estar dentro de los rangos de 17.60 a 22.60°C, este modelo se tomará como base para las siguientes

simulaciones y para la estimación de costos por acondicionamiento del containers y así saber su incidencia en el porcentaje de incremento por implementación de estrategias bioclimáticas.

Para tener un margen más amplio del comportamiento de la envolvente seleccionada se deben estudiar los picos más bajos y los picos más altos de temperaturas para la ciudad de Bogotá, se simula el día promedio del mes más frio y el día promedio del mes más caliente obteniendo los siguientes resultados:

• **MES MAS FRIO DE LA ENVOLVENTE SELECCIONADA – M4**

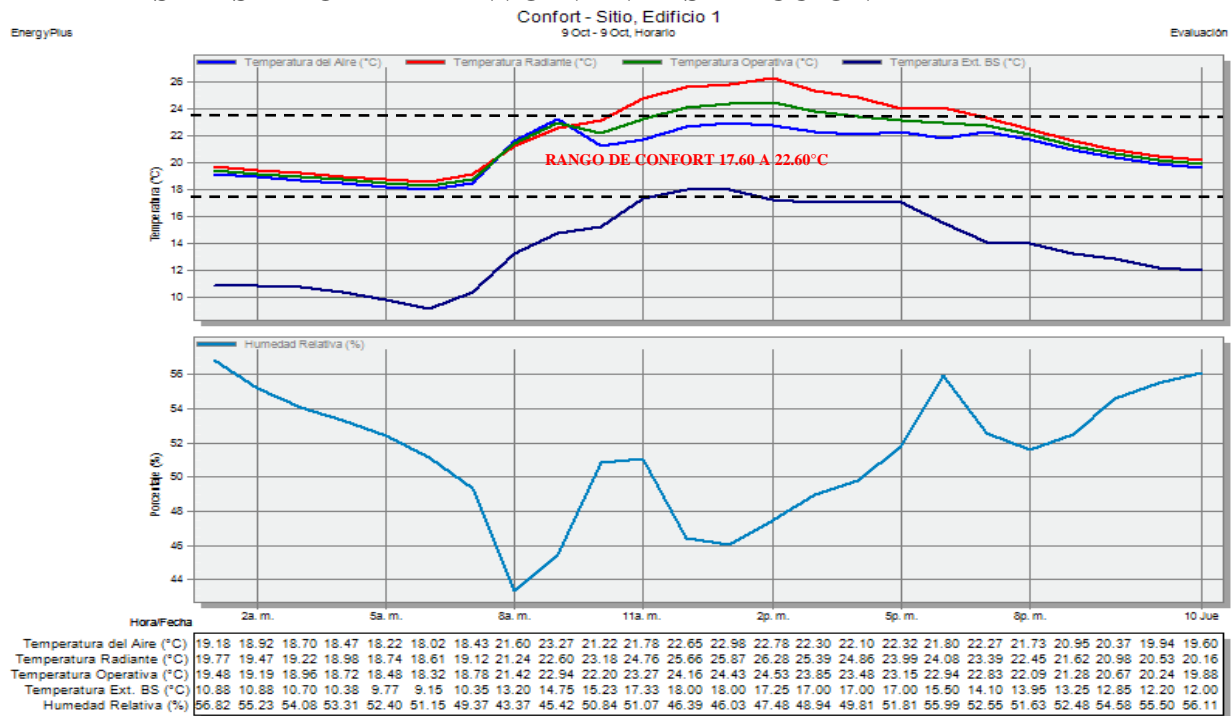


Tabla 23. Resultado mes más frio envolvente M4
Fuente: Software Desing Builder

En el mes más frio se alcanzan temperaturas de 18.22°C en horas de la madrugada y 22.98°C a la 1pm, mostrando que la inercia del material propuesto permite mantener rangos de temperatura de confort, generando un delta térmico con relación a la temperatura exterior y evitando el sobre enfriamiento en el aula en horas de la mañana.

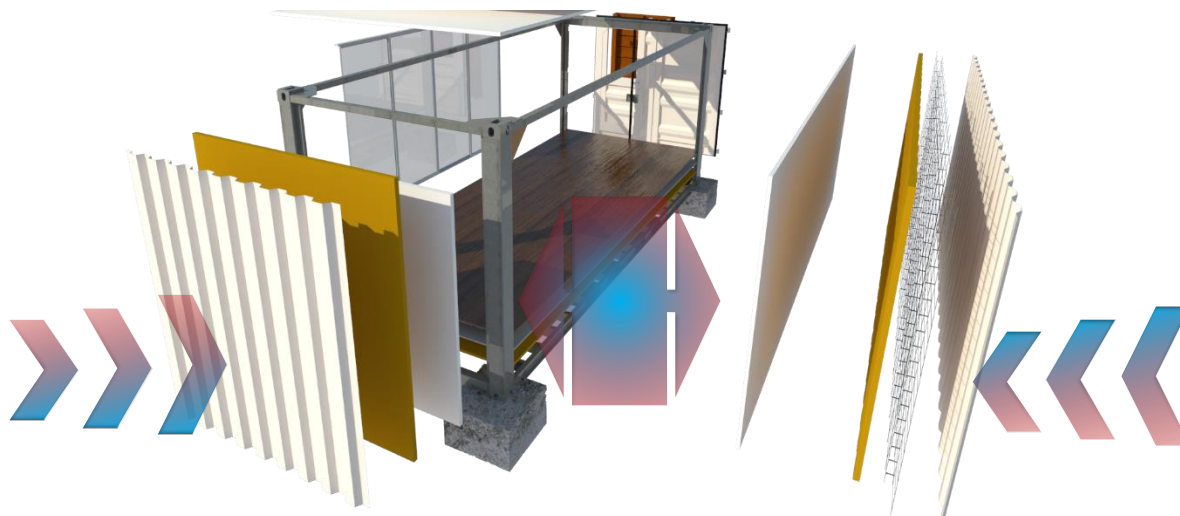


Figura 43. Comportamiento envolvente M4 mes más frío
Fuente: Software Desing Builder

• MES MAS CALIENTE DE LA ENVOLVENTE SELECCIONADA – M3

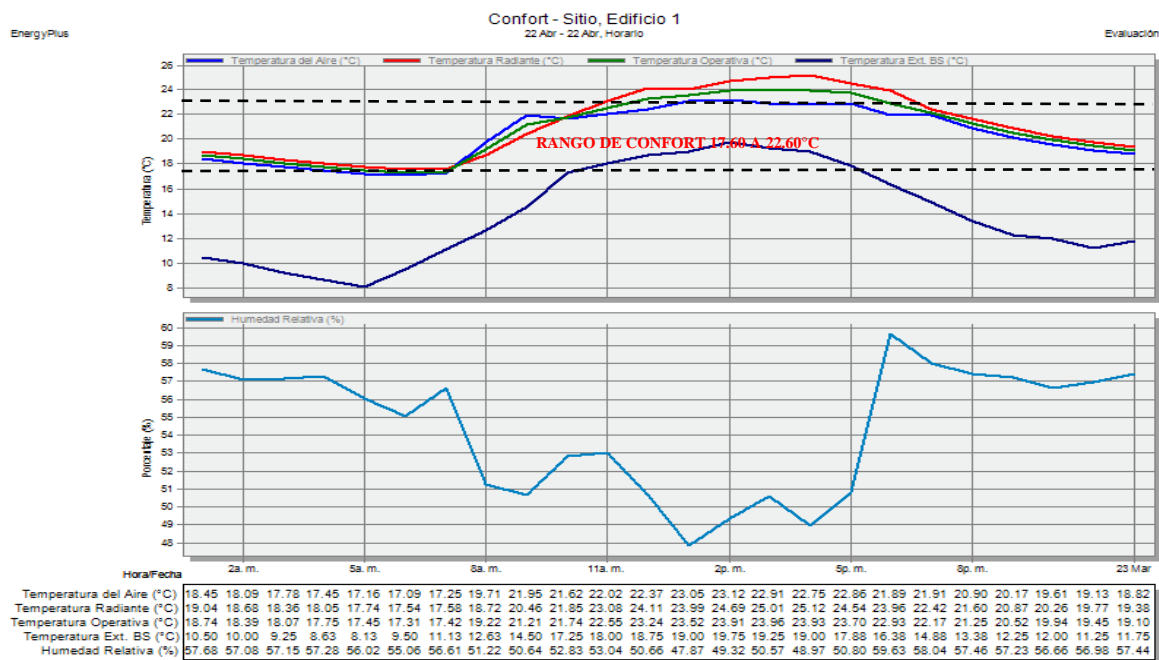


Tabla 24. Resultado mes más caliente envolvente M4
Fuente: Software Desing Builder

En el mes más caliente, abril se alcanzan temperaturas hasta de 23°C en horas de la tarde, los rangos de temperatura obtenidos para el mes más caliente permiten estar en condiciones adecuadas de temperatura, aislando la temperatura exterior y evitando el sobre calentamiento del acero del contenedor en horas del mediodía y tarde.

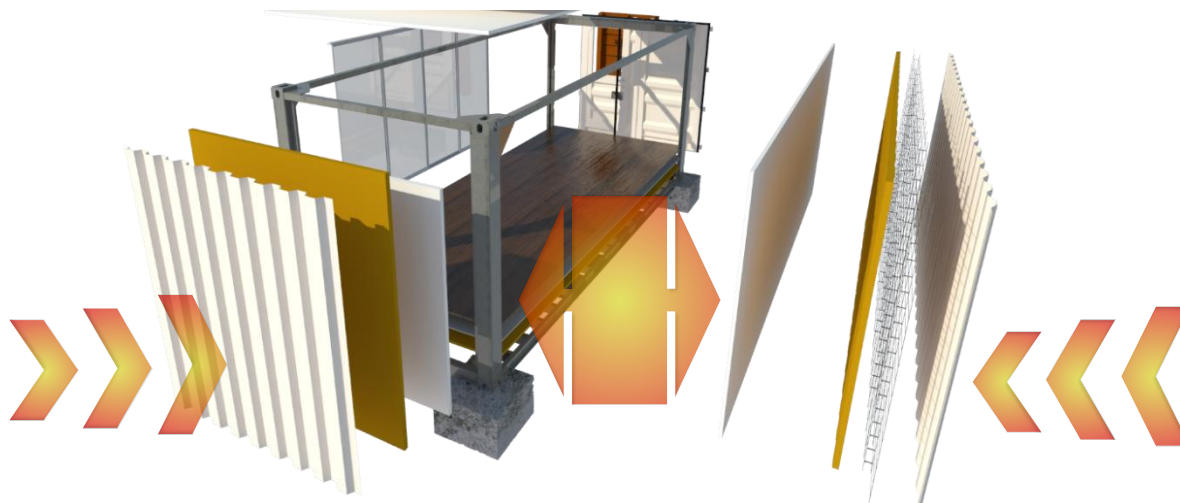


Figura 44. Comportamiento envoltente M4 mes más caliente
Fuente: Software Desing Builder

• COMPARATIVO DE MUROS COMPUESTOS

Luego de estudiar el comportamiento térmico de cada uno de los muros propuestos se hace un comparativo de los resultados obtenidos, para determinar de manera más clara la diferencia de valores entre los mismos y evidenciar el comportamiento térmico del muro compuesto elegido.

CARACTERÍSTICAS y MUROS COMPUESTOS				
MURO	COMPONENTE	ESPESOR MATERIAL	ESPESOR TOTAL MURO	ESPESOR TOTAL
BASE	ACERO	4.5MM	4.5MM	0.45 CMS
M1	MADERA+FIBRA MINERAL+ACERO	10MM+60MM +4.5MM	74.5MM	7.45 CMS
M2	ACERO+FIBRA MINERAL+CORCHO +PLASTERBOARD	4.5MM+60MM +15MM+15MM	94.5MM	9.45CMS
M3	ACERO+FIBRA MINERAL+PLASTERBORD	4.5MM+60MM +15MM	79.5MM	7.95 CMS
M4	ACERO+ESPUMA POLIURETANO+PLASTERBORD	4.5MM+150MM +15MM	169.50MM	16.95 CMS

Tabla 25. Espesores muros propuestos
Fuente: Propia programa Excel

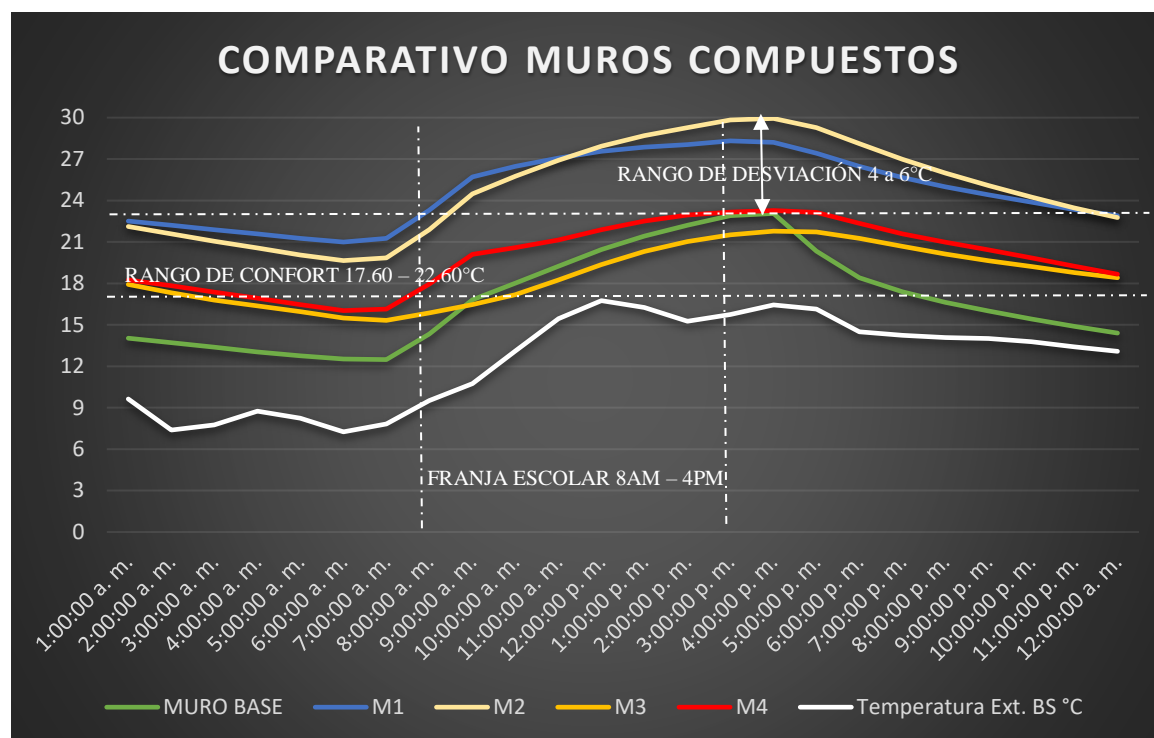


Tabla 26. Resultado temperatura muros compuestos
Fuente: Propia programa Excel

De acuerdo a la Tabla 26, se observa el comportamiento de los cuatro muros estudiados como análisis de acondicionamiento de muros del aula-containers, se muestra que el muro compuesto M4, es el que más se acerca al Rango Aluciems de confort. 17.60°C a 22.60°C, como se mencionó anteriormente es necesario tener un acondicionamiento de cubierta, aumentar la ventilación y prever aleros de protección para proteger de las altas temperatura en las horas de la tarde, la cual esta ocasiona que dentro de la 3pm a la 5pm se esté por fuera de la rango de 22.60°C.

4.3.5. Acondicionamiento de cubierta

Para la escogencia del material de cubierta se hicieron varias simulaciones de alternativas que pudieran adaptarse al módulo de containers, entre las alternativas que se eligieron están: simulación del material principal sin acondicionamiento, material compuesto escogido para muros (metal, fibra mineral y superboard) y cubierta verde, se procede a mostrar los resultados:

● CUBIERTA 1-STEEL 4.5MM

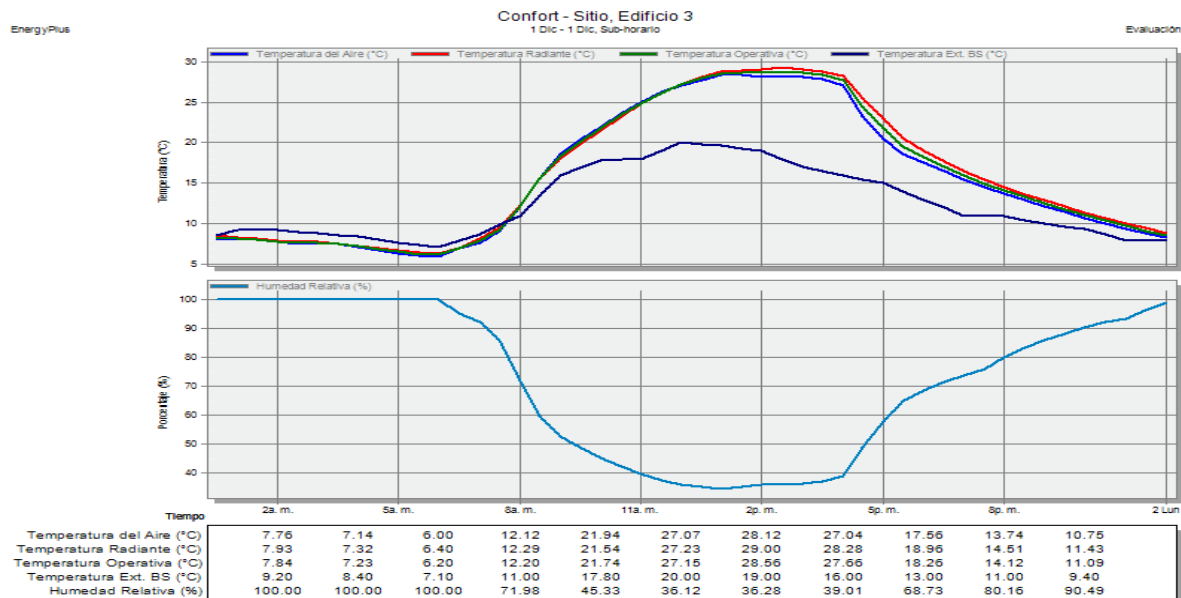


Tabla 27. Resultado cubierta Material Base, Stell 4.5mm.
Fuente: Software Desing Builder

De acuerdo al resultado obtenido se muestra que el comportamiento del acero sin ningún tipo de acondicionamiento, pueda alcanzar temperaturas de hasta 29°C en horas de la tarde, es necesario contar con un tipo de aislamiento térmico que permita reducir la temperatura al interior y que tenga un delta de temperatura más bajo con respecto a la temperatura ambiente o bulbo seco.

● CUBIERTA 2- ACERO/FIBRA MINERAL/CORCHO/PLASTERBOARD 80mm



Figura 45. Distribución de materiales - C2
Fuente: Software Desing Builder

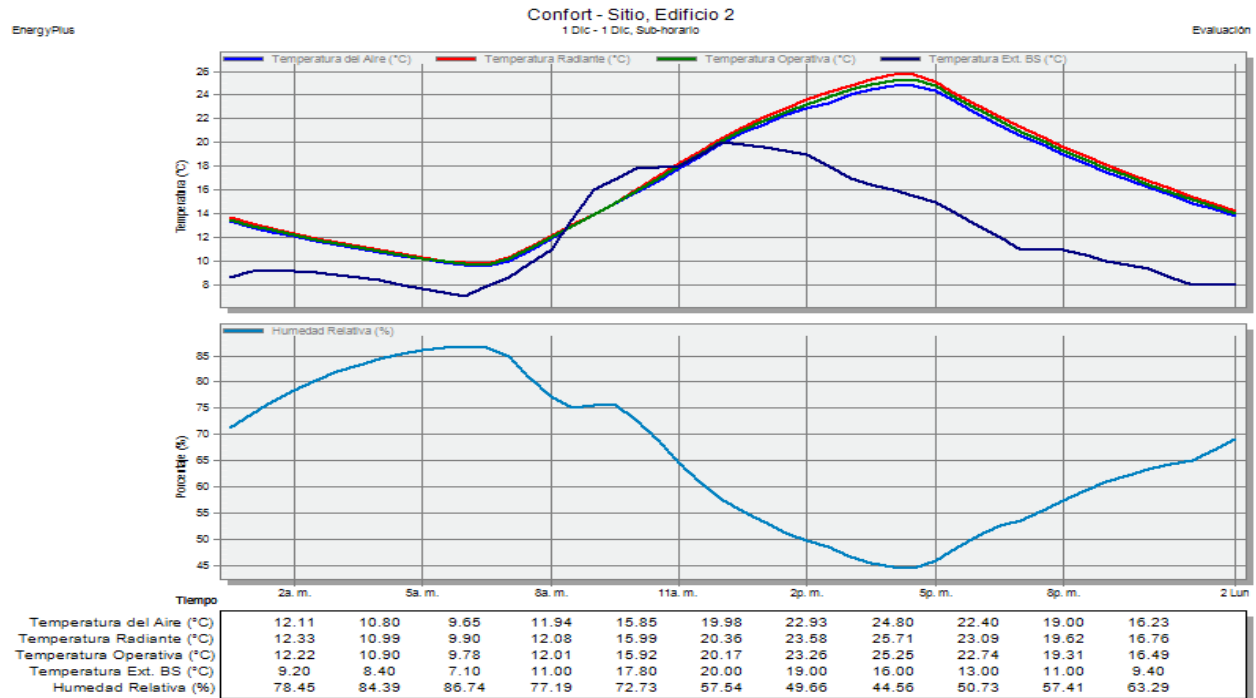


Tabla 28. Resultado cubierta C2 - 80mm

Fuente: Software Desing Builder

Como segunda alternativa de cubierta se simula la misma envolvente de muros para determinar el comportamiento en cubierta y si este es suficiente para aislar térmicamente el espacio y llegar a los rangos de confort y así unificar los materiales a utilizar en el acondicionamiento del containers.

Después de realizar las simulaciones se obtiene como resultado que las temperaturas llegan a una temperatura de 25.71°C en horas de la tarde en la franja de 2 a 5pm lo cual no es conveniente para las actividades académicas.

Es necesario pensar en otro tipo de acondicionamiento y aislamiento capaz de conservar un nivel promedio inferior al del envolvente ya que se pretende aumentar la temperatura en horas de la madrugada y disminuir la temperatura en la franja de las 3 a 5pm donde se encuentra por fuera de los rangos de confort.

• CUBIERTA 3- ACERO/SUSTRATO/COBERTURA VEGETAL 164.5mm



Figura 46. Distribución de materiales – C3
Fuente: Software Desing Builder

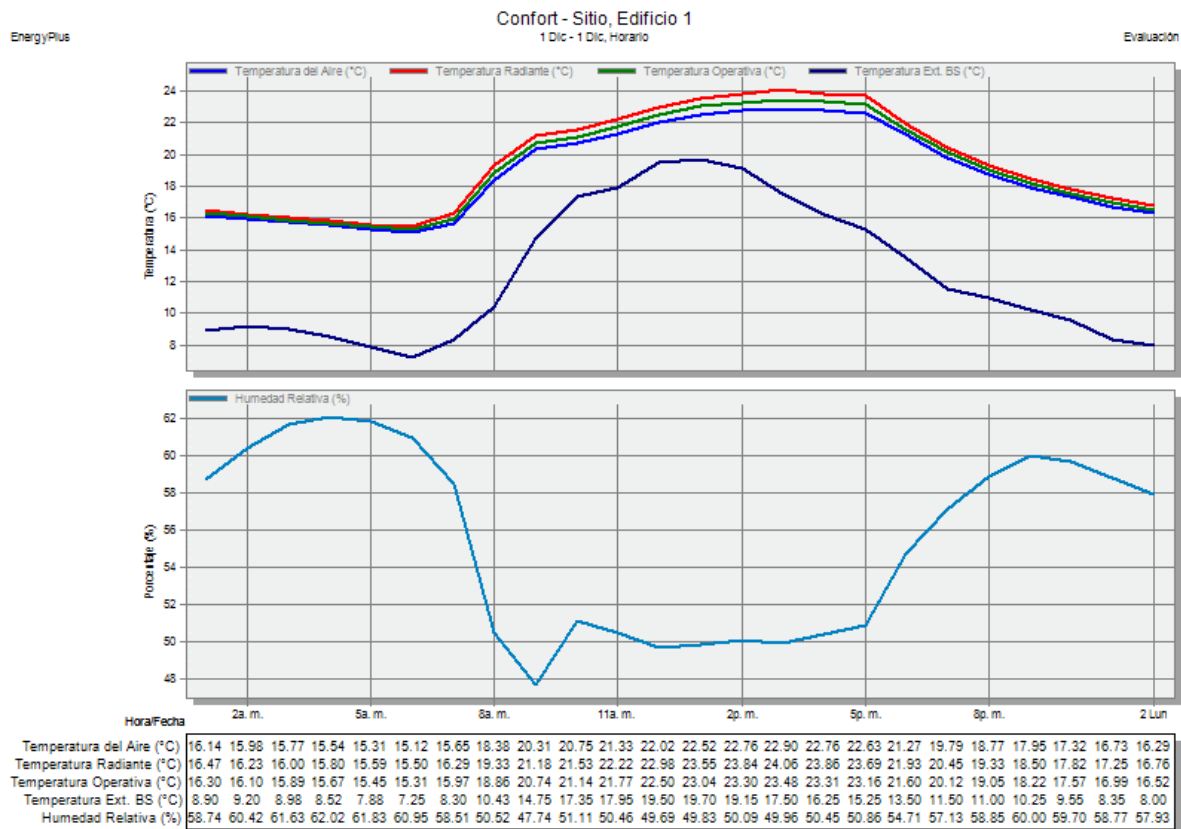


Tabla 29. Resultado cubierta - C3 164.5mm
Fuente: Software Desing Builder

Al simular la alternativa 3 de cubierta: Cubierta Verde, se nota un porcentaje considerable de disminución de temperatura al interior del containers con 5°C menos que la propuesta de cubierta 2 y de 9°C con respecto al material base de acero.

El empleo de cubiertas verdes en las edificaciones y en general en los diseños ofrece grandes ventajas a nivel térmico y otorga excelentes beneficios ambientales, ya que favorece la diversificación de las especies vegetales y animales, purifica el aire y lo renueva, capturando partículas suspendidas en el aire, además ofrece mayor porcentaje de absorción de aguas lluvias las cuales pueden ser recolectadas y filtradas para luego ser recicladas y utilizadas.

Se elige la cubierta 3: Cubierta verde de 164.5mm como material que mejor se comporta térmicamente dentro de los rangos de confort. Se puede generar captación de energía solar aprovechando la cubierta para generar microclima o invernadero, regulando el efecto chimenea y finalmente puede ser utilizado para la implementación de estrategias sostenibles.

4.3.6. Aleros de protección solar

Dentro de las estrategias bioclimáticas está protección solar por aleros para tener control solar enfocado, evitando la sobre iluminación, potencializar la ventilación natural evitando sobre enfriamiento de los espacios y obtención de ganancias solares en las horas de la mañana y tarde, para ahorro energético.

Después de comparar diferentes medidas para aleros horizontales de cubierta se simula los aleros que mejor tienen comportamiento térmico y de sombras.

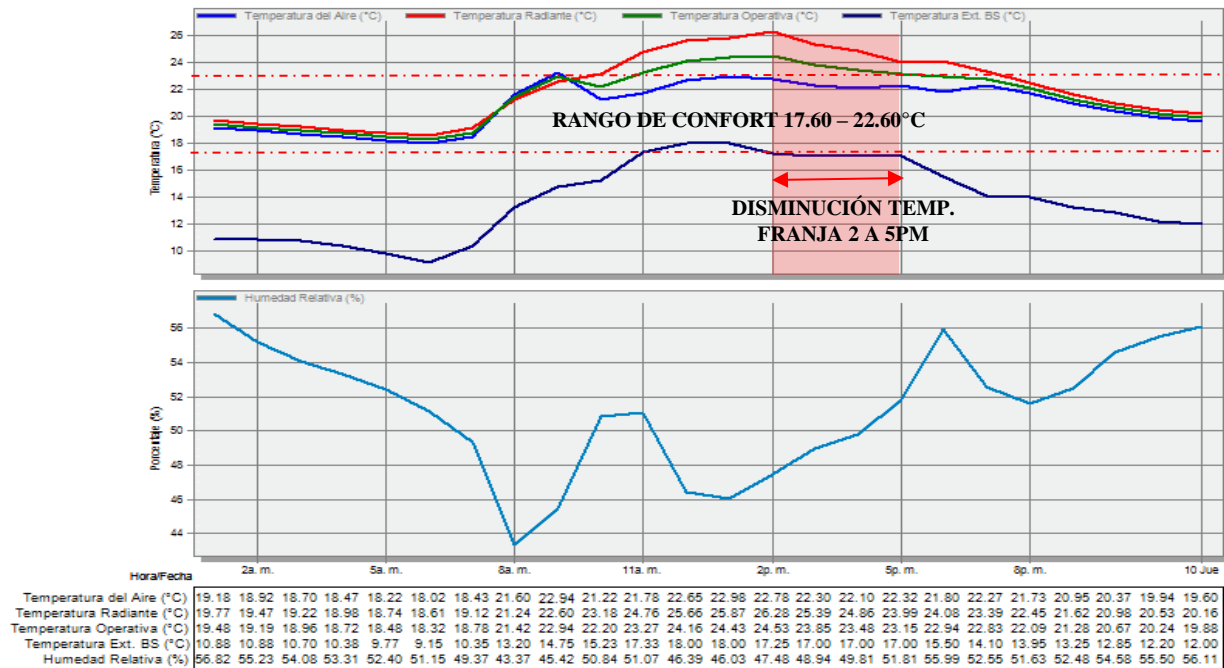


Tabla 30. Resultado simulación con alero de 2.50 mts por fachada occidente y 1.50mts fachada oriente
Fuente: Software Desing Builder

De acuerdo a los resultados de la Tabla 30, se obtiene unas temperaturas que se encuentran en los rangos de confort Aluciems entre los 17.60 y 22.60 ° C, logrando aumentar las temperaturas en las horas de la madrugada y disminuyendo la franja de 2 a 5pm que era la que se encontraba por fuera de dichos rangos al simular la envolvente de muro compuesto seleccionado.

Con la implementación de aleros horizontales ubicados en el costado oriente a 1.50mts para proteger de la sobre iluminación e incidencia directa solar, pero a su vez garantizar ganancia solar en la primeras horas de la mañana y por el costado occidente de 2.50mts, evitando el sobre calentamiento, se garantiza una autonómica lumínica de más del 80% durante el día, se logran los luxes recomendados para aulas escolares de 500luxes y obtiene una temperatura de confort. A continuación, se hace un estudio de sombras del comportamiento solar en las horas de la mañana y tarde (9am y 3pm), en los meses de marzo, junio y diciembre evidenciando su protección solar.

- 21 de Marzo 9am y 3pm

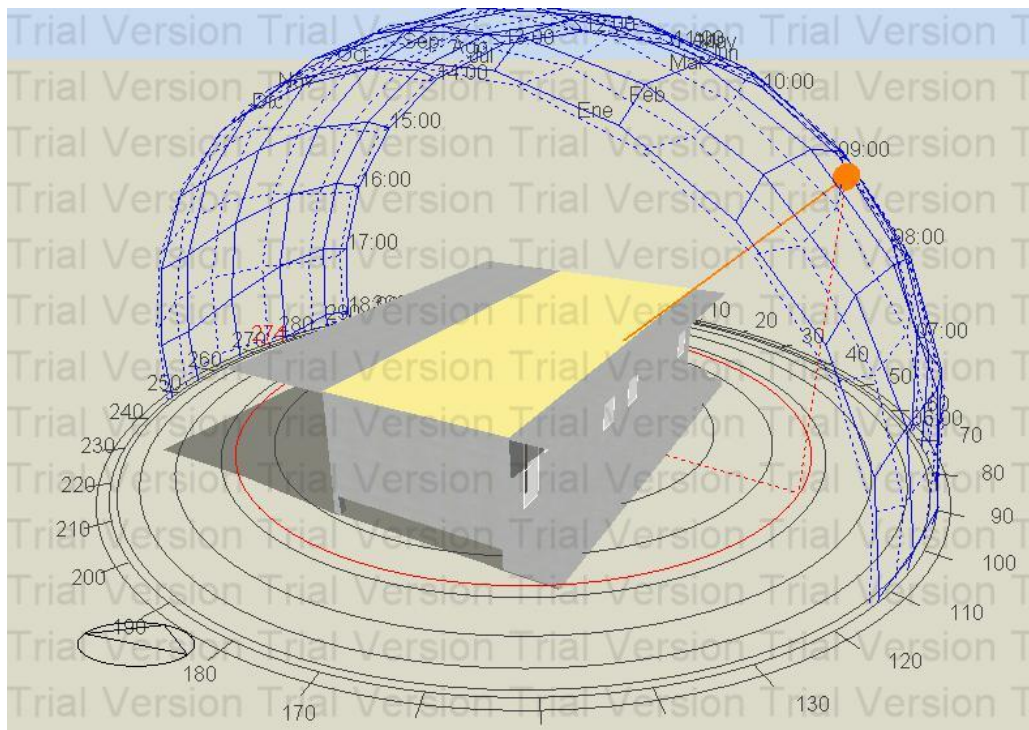


Figura 47. Estudio de sombras 21 de marzo 9am
Fuente: Software Desing Builder

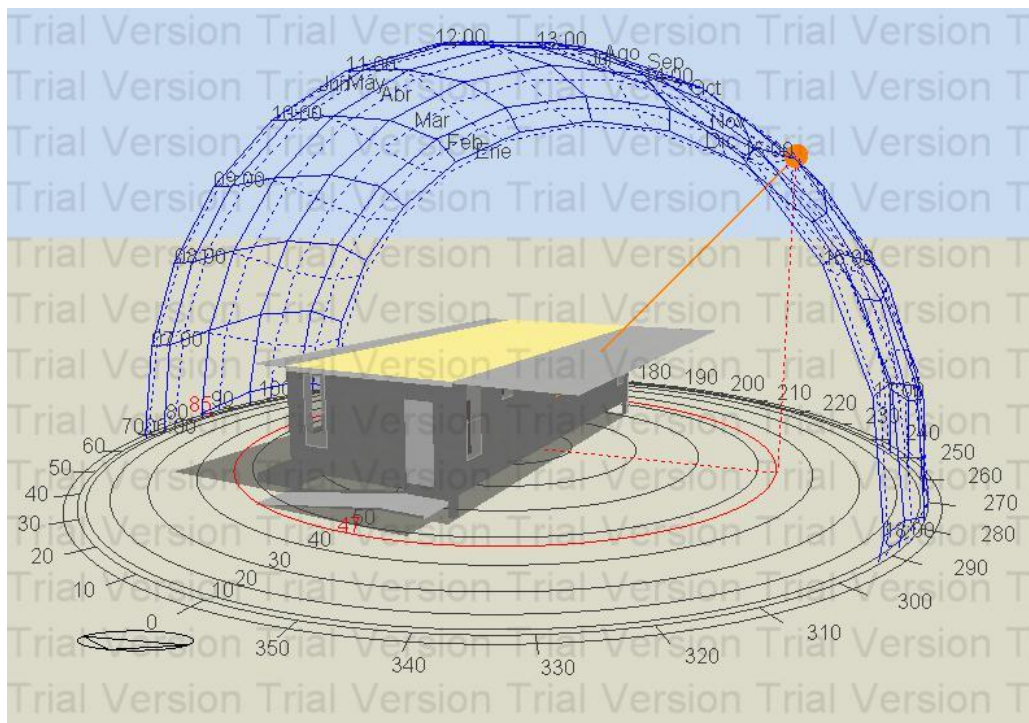


Figura 48. Estudio de sombras 21 de marzo 3pm
Fuente: Software Desing Builder

- 21 de Junio 9am y 3pm

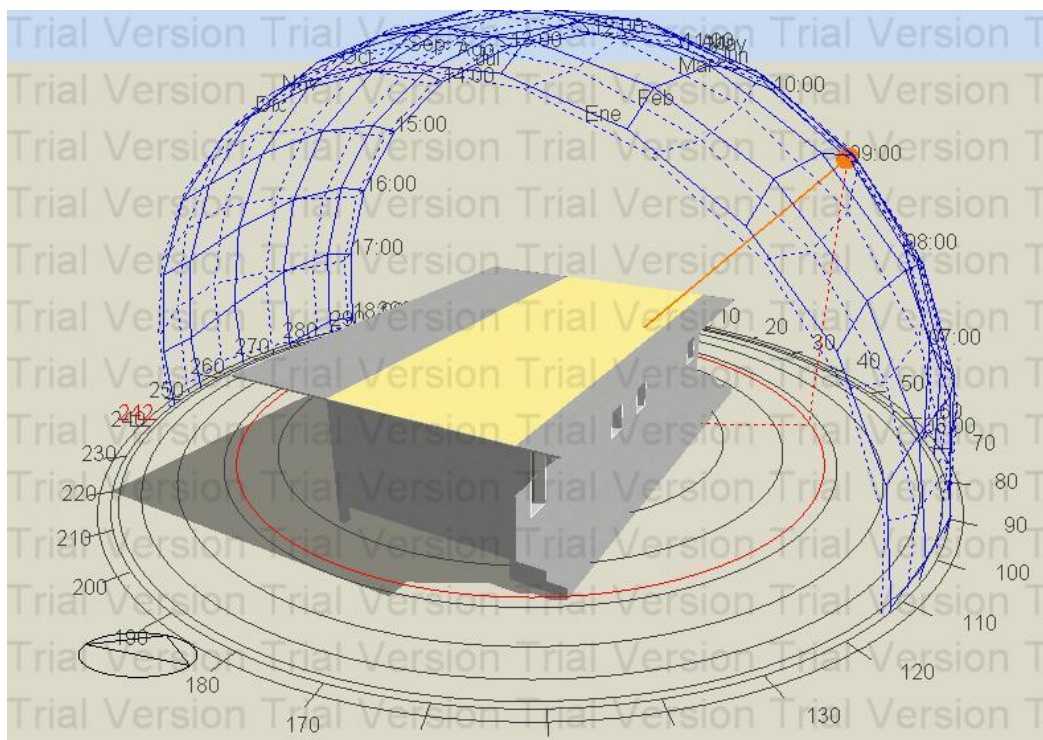


Figura 49. Estudio de sombras 21 de junio 9am
Fuente: Software Desing Builder

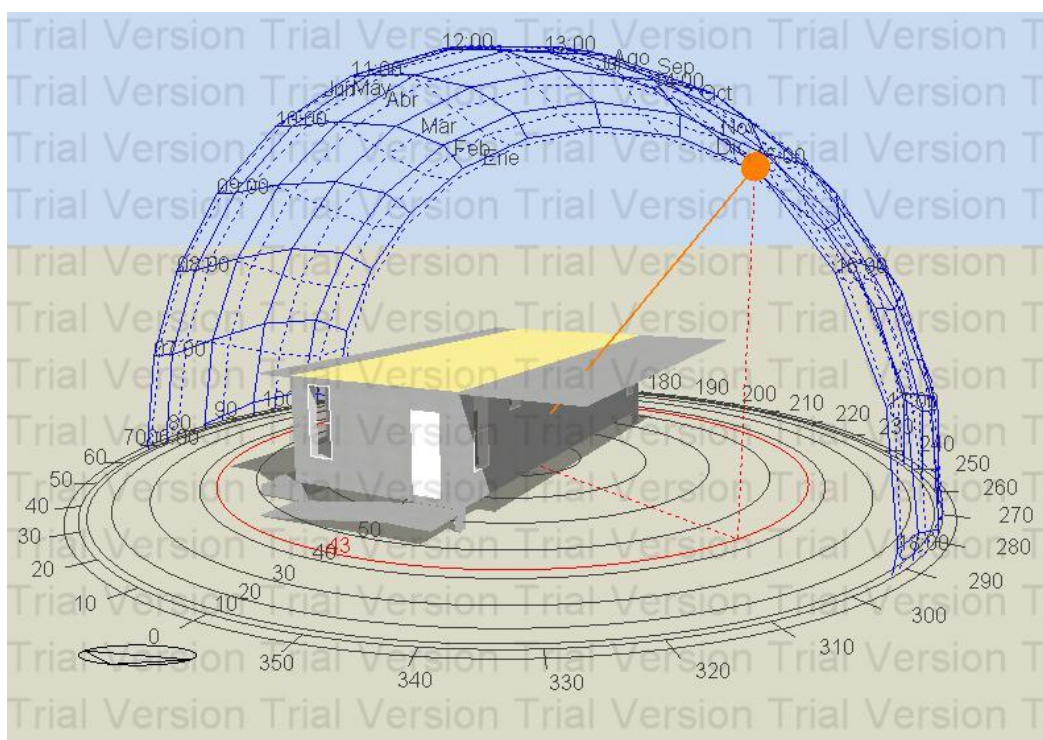


Figura 50. Estudio de sombras 21 de junio 3pm
Fuente: Software Desing Builder

- 21 de Diciembre 9am y 3pm

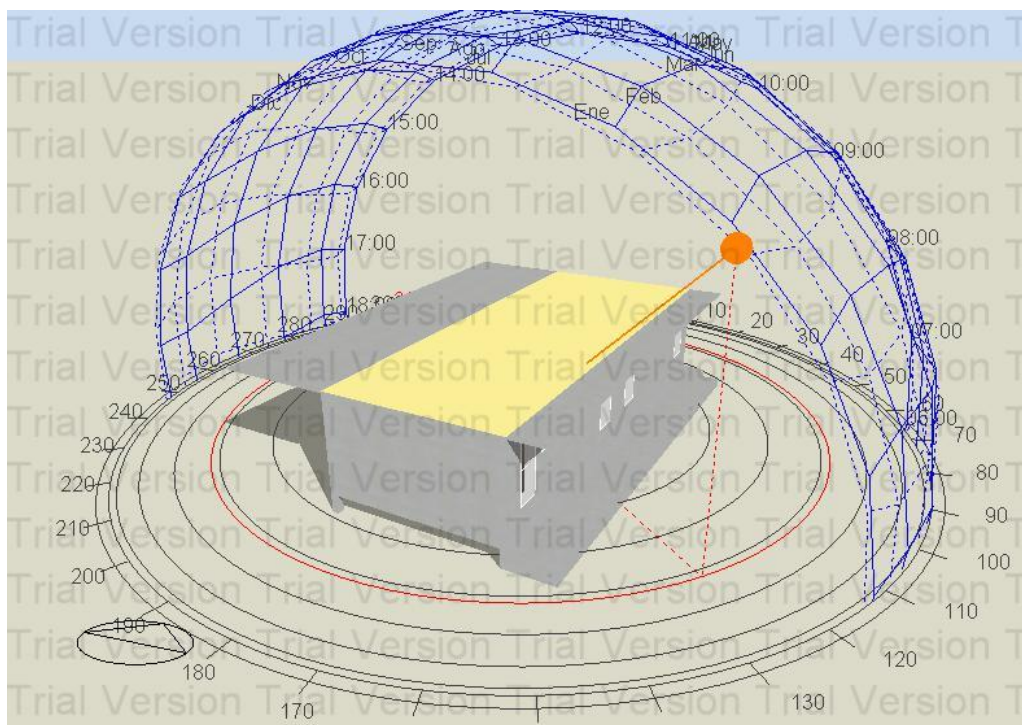


Figura 51. Estudio de sombras 21 de diciembre 9am
Fuente: Software Desing Builder

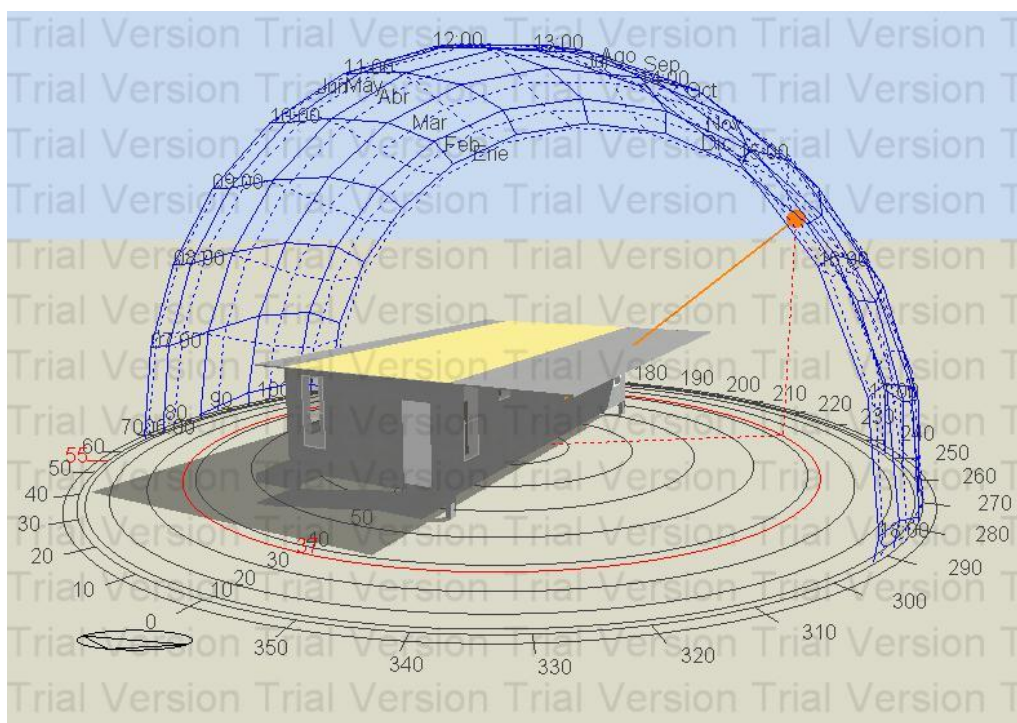


Figura 52. Estudio de sombras 21 de diciembre 3pm
Fuente: Software Desing Builder

4.3.7. Renovaciones del aire

Con el fin de obtener las renovaciones del aire requeridas según la norma Ashrae Standard 62.1 de 2007 para la categoría de ocupación: Centros educativos - aulas de clase, se toman en cuenta los L/s por persona requeridos al interior (INDOOR), para hacer los cálculos respectivos y obtener las ratas mínimas de ventilación del espacio, tal como se muestra en la Tabla 6-1 de la Norma Ashrae.

TABLE 6-1 MINIMUM VENTILATION RATES IN BREATHING ZONE
(This table is not valid in isolation; it must be used in conjunction with the accompanying notes.)

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate R_p		Area Outdoor Air Rate R_a		Notes	Default Values		Air Class	
	cfm/person	L/s-person	cfm/ft ²	L/s-m ²		Occupant Density (see Note 4)	Combined Outdoor Air Rate (see Note 5)		
						#/1000 ft ² or #/100 m ²	cfm/person		L/s-person
Correctional Facilities									
Cell	5	2.5	0.12	0.6		25	10	4.9	2
Dayroom	5	2.5	0.06	0.3		30	7	3.5	1
Guard stations	5	2.5	0.06	0.3		15	9	4.5	1
Booking/waiting	7.5	3.8	0.06	0.3		50	9	4.4	2
Educational Facilities									
Daycare (through age 4)	10	5	0.18	0.9		25	17	8.6	2
Daycare sickroom	10	5	0.18	0.9		25	17	8.6	3
Classrooms (ages 5–8)	10	5	0.12	0.6		25	15	7.4	1
Classrooms (age 9 plus)	10	5	0.12	0.6		35	13	6.7	1
Lecture classroom	7.5	3.8	0.06	0.3		65	8	4.3	1
Lecture hall (fixed seats)	7.5	3.8	0.06	0.3		150	8	4.0	1

Tabla 31. Tabla 6-1 Ratas mínimas de ventilación.
Fuente: (ASHRAE, 2016)

Para los cálculos de ventilación se toma en cuenta la información de la tabla en cuanto a L/s persona, se debe tener la ocupación del espacio en este caso es de 30 estudiantes y el área neta y altura neta, con estos datos se sacan los requerimientos totales de L/s y se multiplica por 3.6 m³/h para obtener los m³/h totales requeridos, este resultado se divide por el volumen del espacio y arroja como resultado las renovaciones/h requeridas para el espacio, este procedimiento se muestra en la Tabla 32. Cálculos de renovación del aire, obteniendo los siguientes resultados:

Calculo de renovación de aire					
Requerimiento ASHRAE 62.1-2007		Datos Proyecto		Requerimiento proyecto	
Uso:		30	personas		
Salón de clase	6.7	57.26	área m2	201	l/s persona
		2.42	altura m		
		138.57	volumen m3	201	l/s TOTAL
		1m3	1000	3.6	m3/h
		1 hora	3600	723.6	m3/h
				5.22 renovación/h	

Tabla 32. Calculo de renovación del aire.
Fuente: Propia. Excel

De acuerdo a la tabla anterior se debe tener 5.22 renovación/h, que son las ratas mínimas de ventilación requeridas para el uso de aula escolar, según la Norma Ashrae Standard 62.1.

Según el resultado arrojado de renovación/h se procede a simular para comparar los resultados y saber si se está cumpliendo las renovaciones de acuerdo al cálculo estimado.

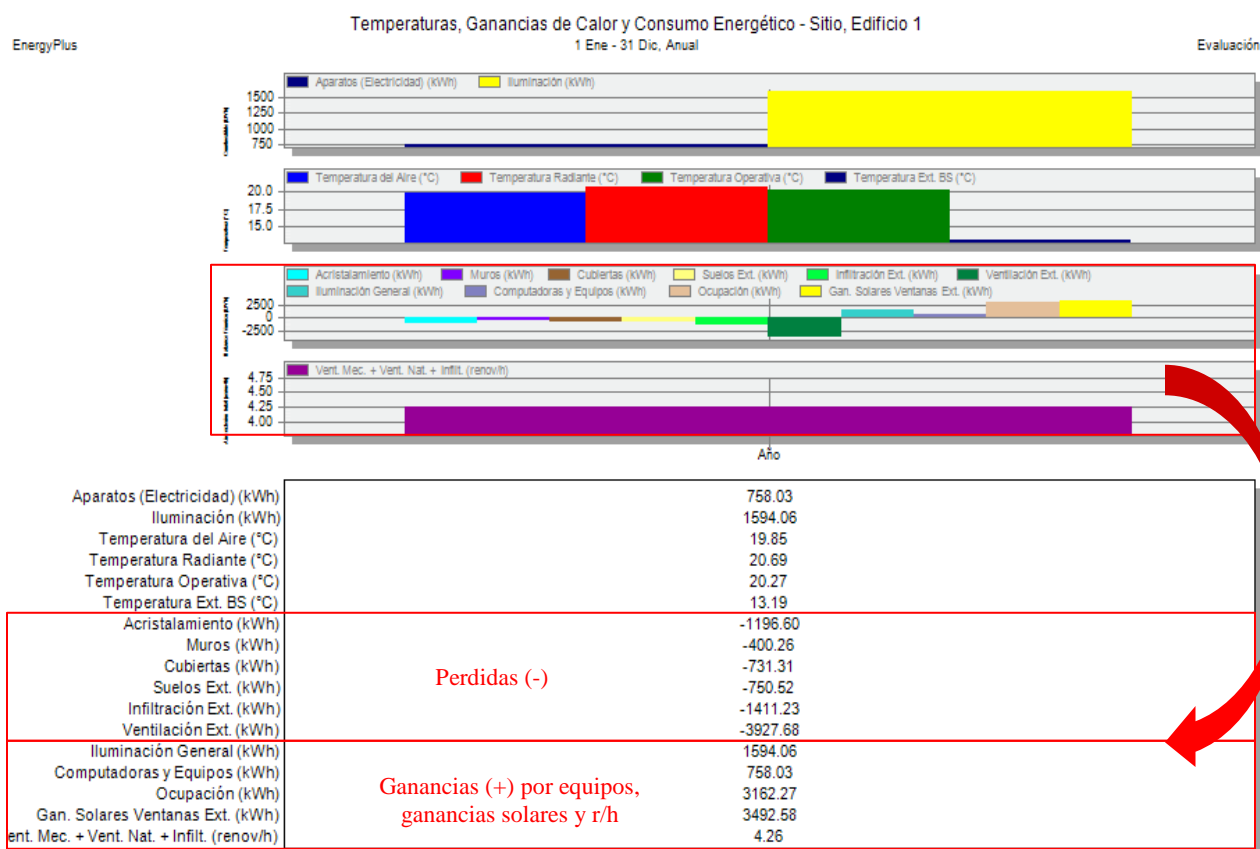


Tabla 33. Resultado obtenido Renovación/hora
Fuente: Software Desing Builder

Computadoras	
<input checked="" type="checkbox"/> Activar	
Ganancia (W/m ²)	0.00
Programación	D1_Edu_ClassRm_Equip
Fracción radiante	0.200
Equipos de oficina	
<input checked="" type="checkbox"/> Activar	
Ganancia (W/m ²)	4.70
Programación	D1_Edu_ClassRm_Equip
Fracción radiante	0.200

Tabla 34. Ganancias por equipos
Fuente: Software Desing Builder

Se tienen ganancias por equipos de 4.70w/m², que corresponden a pantalla de proyección del aula y no se tiene ganancias por computador, esto sumado a las ganancias por iluminación se tiene se tiene un total de 2352.09 kWh por año y por ocupación (30estudiantes) 3162.27 kWh por año.

El resultado de la simulación arroja 4.26 renovaciones/h con la relación ventana-pared asignado del 40%, se tiene un rango inferior del 18%, debido a la limitante de altura de los contenedores que no permiten tener alturas flexibles sino estandarizadas.

Se logra llegar a estas renovaciones sin necesidad de modificar la relación ventana-pared establecida desde el principio de las simulaciones, la cual favorecía el mejor factor luz día para del aula; para esto fue necesario determinar el funcionamiento de las ventanas, sus sistemas de aperturas y el porcentaje de apertura que tendrían durante el día, de este modo se cumplen con las estrategias bioclimáticas planteadas al comienzo de las simulaciones, favoreciendo el paso controlado de vientos predominantes para garantizar la ventilación cruzada dentro del espacio, siendo necesario reforzar su ventilación con elementos por aperturas que permitan permeabilidad y renovación del aire sin tener pérdidas que desfavorezcan el comportamiento térmico.

4.4 Estrategias sostenibles

Como complemento de las estrategias bioclimáticas y acondicionamiento del módulo de containers se considera la implementación de estrategias como aporte ambiental y sostenible del módulo a implementar, además de la necesidad de cumplimiento de la normativa para espacios educativos y sus requerimientos funcionales.

Dentro de los aspectos a tratar esta la acústica arquitectónica, captación de aguas lluvias por cubierta y la eficiencia energética a través de paneles fotovoltaicos.

4.4.1 Acústica

Para los ambientes tipo A salones se requiere un rango de decibeles entre 40-45Db, lo cual debe permitir que se pueda tener una conversación en voz baja y que garantice que los estudiantes puedan escuchar, para esto se requiere Aislamiento y Acondicionamiento acústico.

AMBIENTE (categoría)	ESPACIO (descripción)	dB	CARACTERIZACIÓN	Aislami ento.	Acondicion amiento	Observaciones
A	Salones	40-45	Conversación voz baja	x	x	
B	Biblioteca	35-40	Conversación voz baja	x	x	reverberación
C	Aula polivalente	35-40	Conversación voz baja		x	
	Sala de sistemas	20-25	Silencio	x	x	reverberación
	Aula artes	45-50	Conversación Natural		x	
D	Recreación- Cancha	60	Voz humana en público	x		
E	Circulaciones	60	Voz humana en público		x	reverberación
F	Auditorio-comedor	35-40	Conversación voz baja	x	x	reverberación
	Cocina	60	Voz humana en público	x	x	

Tabla 35. Requerimientos de niveles permitidos de dB
Fuente: (ICONTEC, 1999)

Para lograr dicho aislamiento y acondicionamiento se propone el muro compuesto que mejor resultados obtuvo en las simulaciones (17.93 a 23.27°C), el cual consta: de exterior a interior las pieles seleccionadas son: acero del contenedor de 4.5mm, Aislamiento en espuma de Poliuretano 150mm y Plasterboard de 15mm, para un total de muro de 169.50mm, tal como se muestra en la figura 52.

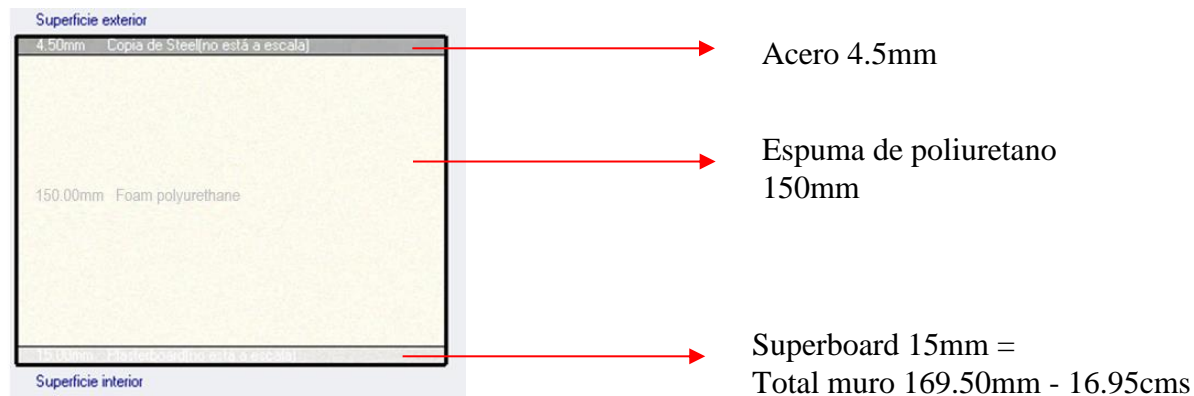


Figura 53. Distribución de pieles de la envolvente M4
Fuente: Software Desing Builder

Se propone la envolvente seleccionada con un aislamiento en espuma de poliuretano que es el material aislante térmico más eficiente y duradero. Posee baja conductividad térmica debido a su estructura celular cerrada: 0.028 W/m-K, con un espesor de 150mm.



Espuma de poliuretano

Figura 54. Aislamiento acústico en espuma de poliuretano
Fuente: (WIKIPEDIA, s.f.)

Propiedades de masa térmica	
Conductividad (W/m-K)	0.0280
Calor específico (J/kg-K)	1470.00
Densidad (kg/m³)	30.00

Para el calculo estimado de aislamiento acustico, extaída de (URSA, 2000), se determina la estimacion empirica de cerramientos, con los datos de los cerramientos propuestos:

ESTIMACION INDICE DE AISLAMIENTO ACUSTICO DE UN CERRAMIENTO						
	Simple	Dobles pesadas	Trasdosadas	Dobles ligeras	Dobles ligeras	
	MURO BASE		M4	M3	M2	
				estructura simple	estructura doble	
m_1	4.5	0	4.5	4.5	4.5	Kg/m ²
m_2		0	150	60	60	Kg/m ²
d		0	15	10	15	cm
E_{dyn}			0			MN/m ²
R	14	no predecible	42	52	62	dB
			trasdosado 2 caras			
			56			
Formula	37,5Log(m)-42	37,5Log(m)-42+0,05d	R+ ΔR	20log(m)+log(d)+e+5	20log(m)+log(d)+e+10	
Validez	m > 150	d en mm entre 30 y 100 m1+m2 > 150		d y e en cm entre 5 y 10 m1 o m2 < 70	d y e en cm entre 10 y 20 m1 o m2 < 70	
Formula	16,6log(m)+3					
Validez	m < 150					
R= (dB)			14			
ΔR= (dB)			28			
f0= (Hz)			0			
s'= (MN/m ³)			0			

(c) Josep Sole

Consideraciones

Como en cualquier estimación empírica deben tomarse los resultados "con precaución" siempre es preferible referirse a ensayos
 Para los rellenos de las cámaras se ha considerado un relleno con Lana mineral de Vidrio por ser la más eficaz
 El modulo E_{dyn} de las lanas minerales de vidrio oscila entre 0,11 para los productos más elásticos (los mas ligeros y recomendables)
 hasta 0,3 para los mas rígidos (alta densidad y menos recomendables)

Tabla 36. Estimado índice de aislamiento acústico de los muros propuestos.
 Fuente: (URSA, 2000)

CARACTERÍSTICAS MUROS COMPUESTOS				
MURO	COMPONENTE	ESPEJOR MATERIAL	ESPEJOR TOTAL MURO	AISLAMIENTO ACÚSTICO
BASE	ACERO	4.5MM	4.5MM	14dB
M1	MADERA+FIBRA MINERAL+ACERO	10MM+60MM +4.5MM	74.5MM	45dB
M2	ACERO+FIBRA MINERAL+CORCHO +PLASTERBOARD	4.5MM+60MM +15MM+15MM	94.5MM	62dB
M3	ACERO+FIBRA MINERAL+PLASTERBORD	4.5MM+60MM +10MM	79.5MM	52dB
M4	ACERO+ ESPUMA DE POLIURETANO+PLASTERBORD	4.5MM+150MM +15MM	169.5MM	56dB

Tabla 37. Espesores muros propuestos
 Fuente: Propia programa Excel

Comparando los muros propuestos y su capacidad de aislamiento acústico, de acuerdo a los espesores y su sistema de adosamiento se obtienen los resultados de la Tabla 36, donde se muestra que el acero (material base); no cumple con los niveles mínimos requeridos de dB (rango permitido de 40 a 45 dB), el M2 debido a su doble aislante fibra mineral y corcho se convierte en un excelente aislante acústico alcanzando 62dB, pero son descartados ya que el comportamiento térmico del material no es adecuado a nivel de confort, el muro M3 cumple con 52dB.

Con la composición de muro propuesto M4: Acero: 4.5mm + Espuma de poliuretano: 150mm + Plasterboard: 15mm para un espesor total: 16.95cms, el aislamiento acústico que se consigue según los cálculos anteriores es de 56 dB con un sistema trasdosado a 2 caras entre el acero del contenedor y el superboard interior, de esta forma se puede comprobar que se está cumpliendo con la atenuación requerida para el salón de clases y lo sobrepasa. El acondicionamiento es lograr que el sonido proveniente de una fuente sea irradiado por igual en todas direcciones logrando un campo sonoro difuso ideal (WIKIPEDIA, s.f.), para esto se propone complementar el acondicionamiento con acabados de piso en vinisol que adsorbe el ruido hasta en 19dB.

4.4.2 Captación de aguas lluvias por cubierta

Otra estrategia de implantación sostenible consiste en captar aguas lluvias de cubierta por medio de un sistema de recolección que se conecta a las bandejas de soporte de la cubierta verde y logra ser filtrada y almacenada para su reutilización. Esta puede ser utilizada para el aseo del containers y riego circundante de la cubierta verde, haciendo del módulo un sistema de abastecimiento de agua eficiente sin tener que utilizar la red de abastecimiento.

“Se propone diseñar eficientemente las redes eléctricas e implementar tecnologías ahorradoras, para disminuir el consumo energético de la edificación mediante la utilización de iluminación LED”.

Tabla 1. Línea base de consumo de energía

kWh/m ² -año	Frío	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Hoteles	96,1	151,3	132,5	217,8
Hospitales	249,6	108,3	344,1	344,1
Oficinas	81,2	132,3	318,2	221,3
Centros comerciales	403,8	187,8	187,8	231,5
Educativos	40,0	44,0	72,0	29,8
Vivienda no VIS	46,5	48,3	36,9	50,2
Vivienda VIS	44,6	44,0	34,6	49,3
Vivienda VIP	48,1	53,3	44,9	50,6

Tabla 39. Línea base de consumo de energía
Fuente: (RESOLUCION 0549, 2015)

AMBIENTES A - AULAS DE CLASE

ELEMENTO	CANTIDAD	CONSUMO (watts)	USO DIARIO (horas)	CONSUMO DIARIO (watts)
TOMACORRIENTE NORMAL	2	180	2	720.0
TOMACORRIENTE REGULADA	1	180	2	360.0
PANTALLA	1	320	4	1280.0
SUBTOTAL CONSUMO (W) APARATOS				2360.0
ILUMINACIÓN (PANEL LED 45W)	6	45	12	3240.0
ILUMINACIÓN EMERGENCIA 2,4W	1	2.4	2	4.8
CONSUMO (W) ILUMINACIÓN 12 HORAS				3244.8
AUTONOMÍA LUMÍNICA				80.7%
SUBTOTAL CONSUMO (W) ILUMINACIÓN				626.9
SUBTOTAL CONSUMO (w) POR UNIDAD				2986.9
UNIDADES				1.0
TOTAL CONSUMO DÍA (w)				2986.9
TOTAL CONSUMO ILUMINACIÓN (kWh - día)				0.6

TOTAL CONSUMO APARATOS (kWh - día)	2.4
TOTAL CONSUMO AULA (kWh - día)	3.0
DÍAS DE USO CALENDARIO ESCOLAR	270.0
TOTAL CONSUMO AULA (kWh - año)	806.5
ÁREA TOTAL DEL CONTENEDOR (m2)	59.2
TOTAL CONSUMO AULA (kWh/m2 - año)	13.6

Tabla 40. Calculo consumo energía aula
Fuente: Propia. Excel

Dentro del trabajo de investigación se pretende lograr que el módulo de containers alcance una eficiencia energética del 100%, y que el módulo propuesto sea capaz de generar su propia energía, para esto se establece los siguientes criterios de la Tabla No. 41. Según los lineamientos y las estrategias de implementación de las prácticas sostenibles se tienen (ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA, 2014):

LINEAMIENTO	PRÁCTICA SOSTENIBLE	APLICACIÓN
Diseñar de manera eficiente los sistemas eléctricos / electrónicos	Diseñar de manera eficiente la iluminación artificial, luminarias de bajo consumo, y baja emisión de calor.	Implementación de iluminación LED
	Diseñar eficientemente las redes eléctricas e implementar tecnologías ahorradoras en los equipos integrados a ella, para disminuir el consumo energético de la edificación.	
Implementar Estrategias Bioclimáticas	Vincular en el diseño las condiciones climáticas del lugar (asoleación, vientos dominantes, temperaturas, humedad relativa, calidad del aire, precipitación, entre otros).	Implantación del módulo a partir del estudio de los criterios de asoleación, viento, temperatura y maximización de condiciones climáticas a favor del proyecto.
	Usar sistemas de captación solar	
Promover la implementación de Sistemas Alternativos Energía	Promover el uso de energías fotovoltaicas	Implementación de paneles fotovoltaicos para suplir la demanda energética del módulo.
	Implementar tecnologías de aprovechamiento de energías renovables para disminución de consumo energético provenientes de fuentes convencionales.	

Tabla 41. Practicas sostenible Política de Eco-urbanismo
Fuente: (ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA, 2014)



Figura 56. Implementación de paneles fotovoltaicos
 Fuente: (ISARQuitectura, 2000)

Una vez comprendido cuánta energía se requiere para el aula-containers y las estrategias a implementar se realiza los cálculos de los paneles solares necesarios un sistema solar fotovoltaico 100% eficiente:

Para dicho cálculo se escogieron paneles solares SolarWorld Sunmodule Plus SW 260 Poly. Este modelo tiene las siguientes características:

- Tensión de circuito abierto (V_{oc}): 38,4V
- Tensión máxima (V_{mpp}): 31,4V
- Corriente de cortocircuito (I_{sc}): 8,94A
- Corriente máxima (I_{mpp}): 8,37^a

Sunmodule[®] Plus

SW 260 poly



PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS (STC)*

		260 Wp
Maximum power	P_{max}	260 Wp
Open circuit voltage	U_{oc}	38.4 V
Maximum power point voltage	U_{mpp}	31.4 V
Short circuit current	I_{sc}	8.94 A
Maximum power point current	I_{mpp}	8.37 A
Module efficiency	η_m	15.51 %

Measuring tolerance (P_{max}) traceable to TUV Rheinland: +/- 2% (TUV Power controlled)

*STC: 1000W/m², 25°C, AM 1.5

PERFORMANCE AT 800 W/m², NOCT, AM 1.5

		260 Wp
Maximum power	P_{max}	192.4 Wp
Open circuit voltage	U_{oc}	34.8 V
Maximum power point voltage	U_{mpp}	28.5 V
Short circuit current	I_{sc}	7.35 A
Maximum power point current	I_{mpp}	6.76 A

Minor reduction in efficiency under partial load conditions at 25°C: at 200 W/m², 100% (+/-2%) of the STC efficiency (1000 W/m²) is achieved.

Tabla 42. Ficha técnica SolarWorld Sunmodule Plus SW 260 Poly

Fuente: (Energía Solar, 2016)

El sistema constara de 4 paneles SolarWorld SW 260 Poly conectados en rama en serie. Se calcula cuánta energía se puede obtener con los paneles propuestos, para estos tenemos la siguiente fórmula:

- $E_{\text{generador-fotovoltaico}} = I_{\text{generador-fotovoltaico}} \times V_{\text{generador-fotovoltaico}} \times HSP \times 0,9$

En este caso, como tenemos 4 paneles en serie por rama, podemos calcular fácilmente la $I_{\text{generador-fotovoltaico}}$ y la $V_{\text{generador-fotovoltaico}}$. Si tenemos en cuenta un entorno ideal (sin pérdidas), tendríamos que:

- $I_{\text{generador-fotovoltaico}} = \text{Corriente máxima de cada panel} \times \text{Número de ramas en paralelo}$
 $= 8,37A \times 1 = 8,37A$
- $V_{\text{generador-fotovoltaico}} = \text{Tensión máxima de cada panel} \times \text{Número de paneles en serie}$
 en cada rama $= 31,4 \times 4 = 125.6V$

La energía generada diariamente, si encontramos en una zona climática 4A para Bogotá y 0.9 (coeficiente de rendimiento del panel, típicamente 85-90% al descontar ya las pérdidas), se desarrolla la siguiente formula:

- $E_{\text{generador-fotovoltaico}} = I_{\text{generador-fotovoltaico}} \times V_{\text{generador-fotovoltaico}} \times HSP \times 0,9$

$$= 8,37A \times 125.6V \times 4 \times 0,9 = 3784,57Whd = 3,78 kWhd$$

De acuerdo a lo anterior son necesarios 4 paneles de 260w para suplir el 100% de energía requerida (3kWh día), del módulo de containers, teniendo en cuenta que cada panel tiene una dimensión de 1mst de ancho x 1.67mts de largo se tiene por unidad 1.67m², para un requerimiento total de área para su instalación de 6.68m², los cuales irían instalados en una rama en serie.

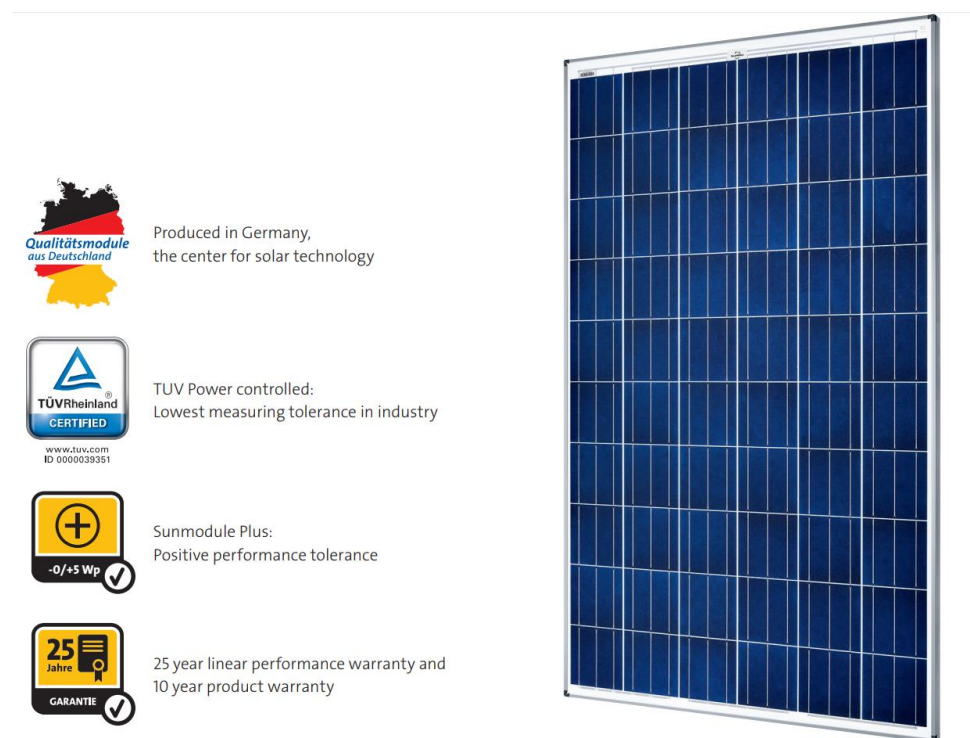
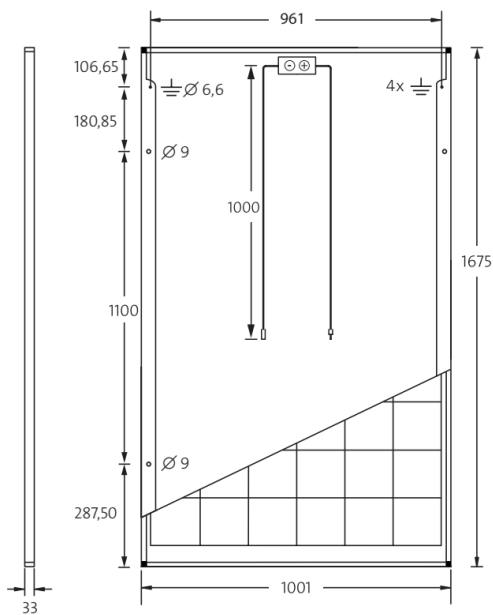


Figura 57. Panel SolarWorld Sunmodule Plus SW 260 Poly
Fuente: (Energía Solar, 2016)



COMPONENT MATERIALS

Cells per module	60
Cell type	Poly crystalline
Cell dimensions	156 mm x 156 mm
Front	Tempered safety glass (EN 12150)
Back	film, white
Frame	Clear anodized aluminum
J-Box	IP65
Connector	H4

DIMENSIONS / WEIGHT

Length	1675 mm
Width	1001 mm
Height	33 mm
Weight	18.0 kg

THERMAL CHARACTERISTICS

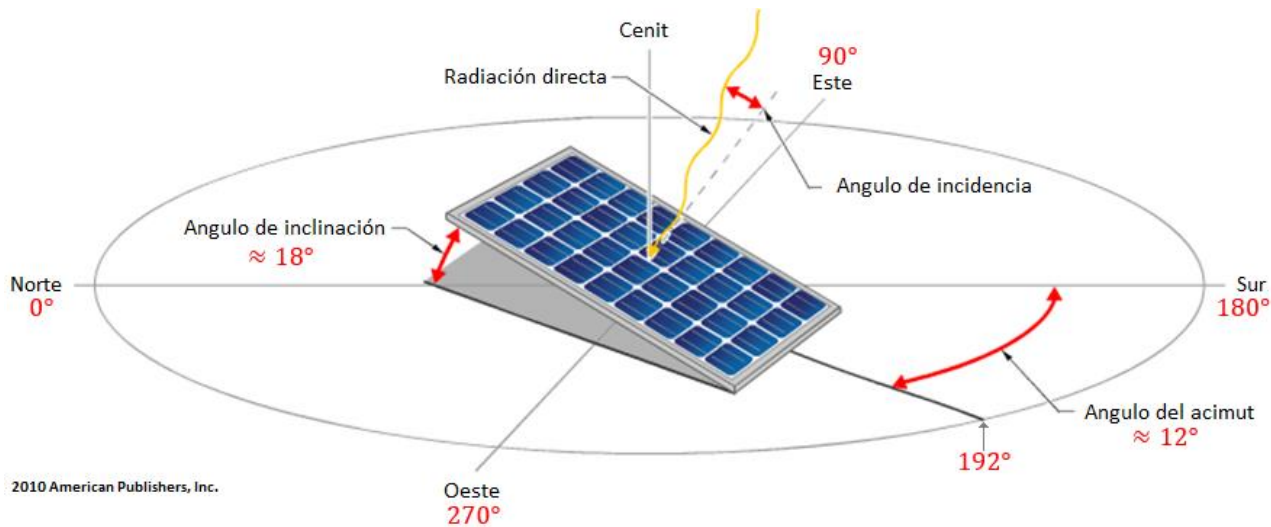
NOCT	46 °C
TK I _{sc}	0.051 %/K
TK U _{oc}	-0.31 %/K
TK P _{mpp}	-0.41 %/K

PARAMETERS FOR OPTIMAL SYSTEM INTEGRATION

Power sorting	-0 Wp / +5 Wp
Maximum system voltage SC II	1000 V
Maximum reverse current	25 A

Figura 58. Dimensiones Panel SolarWorld Sunmodule Plus SW 260 Poly
Fuente: (Energía Solar, 2016)

(Energía Solar, 2016) afirma: “Dependen de la latitud en la que nos encontramos, la orientación óptima de los paneles podrá ser sur o norte con una leve rotación de 192° y la inclinación óptima dependerá de la época del año en que se quiere utilizar”



2010 American Publishers, Inc.

Figura 59. Orientación e inclinación del panel solar
Fuente: (Energía Solar, 2016)

De acuerdo a la época del año (invierno, verano o promedio inclinación para todo el año), se podrá disponer de una inclinación de los paneles fotovoltaicos según se muestra en la Figura 59.



Figura 60. Inclinación del panel solar por época del año
Fuente: (Energía Solar, 2016)

Teniendo en cuenta que en algunas ocasiones no es posible alcanzar las condiciones de radiación solar requeridos, (Energía Solar, 2016): “habrá que evaluar, en todo caso, las pérdidas de radiación incidente debido a las condicionantes típicas que se presenten”. En todos los casos se debe disponer de mínimo de dos baterías de 250 amperios, un inversor de 600w y un controlador de 35 amperios. La capacidad de energía y la suplencia de los paneles solares, hacen de este sistema una opción sostenible y 100% eficiente con alta rentabilidad y retorno de la inversión.

4.5. Costos de implementación

Después de estudiar las estrategias de implementación bioclimáticas y elegir los materiales más adecuados para su comportamiento, térmico, acústico, visual y eficiente, se hace un estimado de costos de implantación del modelo estudiado.

Donde se consideran cada uno de las estrategias implementadas y se asigna un costo para su implementación y puesta en funcionamiento, mostrando una relación notable entre el sistemas constructivo tradicional y la implementación con el uso de containers.

COSTOS MODULO AULA-CONTAINERS				
DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	V. UNITARIO	V. TOTAL
Compra y transporte Contenedor usado de 40 pies	UN	2	9,000,000	18,000,000
Adaptación del terreno y cimentación	GL	1	2,000,000	2,000,000
Acondicionamiento cubierta y muros	M2	60	300,000	18,000,000
Instalaciones hidro-sanitarias y eléctricas	GL	1	2,000,000	2,000,000
Implementación de recolección de aguas lluvias	GL	1	2,000,000	2,000,000
Implementación paneles fotovoltaicos	UN	4	900,000	3,600,000
VALOR TOTAL COSTOS DE ADAPTACIÓN CONTAINERS				45,600,000
			VALOR M2	760,000

Tabla 43. Presupuesto de costos estimados aula-containers
Fuente: Propia. Programa Excel

Se estiman los costos de compra y adaptación en el terreno y se calcula los valores por acondicionamiento del containers, incluyendo sus estrategias sostenibles de recolección de aguas lluvias y eficiencia energética.

El valor del módulo aula-containers se estima en un valor total de \$45.600.000, con un valor por m2 de \$760.000, muy inferior que el valor M2 promedio del costo de una construcción tradicional para Colegios en Bogotá, otorgándole un beneficio económico y garantizando cortos tiempos de instalación.

CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL COLEGIOS	
COSTO DIRECTO M2	\$ 1,800,000*
60	\$ 108,000,000

Tabla 44. Costos m2 construcción tradicional Colegios en Bogotá
Fuente: (LEGIS, 2017)

* El valor m2 de construcción para colegios depende del tipo de cimentación, estructura y tipo de acabados del proyecto, por lo tanto se hace un estimado de construcción promedio para Bogotá.

COSTOS PROYECTO CONTAINERS		
M2	\$	760,000
60	\$	45,600,000

AHORRO OBRA		
M2	\$	1,040,000
COSTO OBRA	\$	62,400,000

Tabla 45. Presupuesto de costos estimados aula-containers
Fuente: Propia. Programa Excel

Con relación a los ahorros por agua y energía se obtiene una eficiencia del 100%, debido a su implementación de estrategias sostenibles mediante la captación de aguas lluvias para su reutilización e implementación de paneles fotovoltaicos, haciendo del módulo de aula-containers un sistema que aporta ahorros significativos y además otorga grandes beneficios ambientales.

Los consumos anuales de consumo aunque bajos permiten tener ahorros considerables en el largo plazo pudiendo tener un retorno de la inversión y manteniendo su funcionamiento de forma autónoma.

AHORRO POR ENERGÍA	
%	100%
VALOR KW	445.70
CONSUMO TOTAL KW/h AÑO	806.50
AHORRO KW/h AÑO	806.50
VALOR AHORRO AÑO	359,457.05

AHORRO POR AGUA	
%	100%
VALOR M3	2,210.00
CONSUMO M3 DÍA	1.50
CONSUMO TOTAL AÑO	547.50
AHORRO M3 AÑO	547.50
VALOR AHORRO AÑO	1,209,975.00

Tabla 46. Presupuesto de costos estimados aula-containers
Fuente: Propia. Programa Excel

Debido a que el aula-containers garantiza una eficiencia del 100% a nivel de agua y energía los costos por ahorro anual son importantes y se pueden evidenciar en el mediano y largo plazo, retornando la inversión inicial, pero lo más importante otorgando beneficios ambientales que pueden replicarse en el campo de la arquitectura para proponer sistemas menos invasivos y más eficientes a bajos costos y en poco tiempo, comprobando que si es posible implementar aulas containers de manera funcional, adaptable y eficiente.



Tabla 47. Presupuesto de costos estimados aula-containers
Fuente: Propia. Programa Excel

Los tiempos de ejecución de un aula-containers varían de acuerdo al tamaño del containers a adecuar, en el caso propuesto para el aula de acuerdo a los requerimientos mínimos del espacio educativo se necesitan 2 contenedores de 40 pies con un área aproximada de 60 m², en este caso el tiempo de ejecución de la obra se estima 10 días hábiles, para su adaptación en el terreno, adaptación de su envolvente y cubierta e implementación de estrategias sostenibles y eficientes, estos tiempos se estimas de acuerdo al Caso Estudio 3 de la Investigación, (DAZNE, 2012) la “Universidad Juan N. Corpas en Bogotá, que dispuso en un corto periodo de tiempo (30 días) de un nuevo edificio de aulas, se utilizaron 6 contenedores ISO de 40 pies, apilados formando una estructura de 3 plantas (dos contenedores en cada nivel)”.

Capítulo 5

Conclusiones

Si bien en muchos países y en Colombia no es muy aceptada la utilización de aulas en contenedores comúnmente denominadas “cajas de acero” y según lo muestra el Caso Estudio No. 1 de la Investigación en Buenos Aires-Argentina, donde se pretendió implementar 35 equipamientos modulares (aulas-contenedores), para resolver la falta de vacantes en las Instituciones Educativas del País, tal iniciativa fue rechazada por gremios docentes y legisladores que aseguraban que para resolver dicha problemática podría alquilar lugares dignos en lugar de comprar contenedores para que funcionen como aulas.; (Elbarriopueyrredon, 2011), mencionaba: "Los containers, literalmente cajas de chapa, generarían condiciones de hacinamiento, de intenso calor en verano y de intenso frío en invierno, y de ninguna manera podrían ser utilizados como aula escolar ". Adicionalmente se agregó que "el aula modular no es una solución porque genera una educación discriminatoria”.

Estos comentarios parten de una falta de conocimiento con relación al aporte de los containers y sus beneficios ambientales y sociales, siendo una tendencia a nivel mundial el re-uso y el cuidado del medio ambiente, creando nuevos ambientes a partir de elementos reutilizados y en muchos casos considerados desechos.

Los containers son estructuras adecuadas para hacerlas 100% habitables y con una alta eficiencia térmica, según las características particulares del entorno y puede ser transformadas en múltiples usos habitacionales, según las necesidades del usuario y la normativa requerida en cada uno de los proyecto a incorporar como solución, rápida, económica y sostenible.

A lo largo de la investigación se mostró las características de los containers sus ventajas y desventajas y cómo es posible tener condiciones de habitabilidad y confort adecuadas adaptando su envolvente al clima de Bogotá.

Dentro de la pertinencia de la investigación se determinó que la utilización de aulas-containers, es una solución rápida y económica, pero a lo vez; funcional, adaptable y eficiente, siendo una solución práctica y efectiva a la hora de aumentar la cobertura o necesitar de espacios funcionales de manera rápida para los establecimientos educativos de Bogotá, mitigando el impacto ambiental que generan las construcciones convencionales.

De acuerdo a las condiciones climáticas con variaciones térmicas importantes en Bogotá y según los datos simulados se pudieron mostrar resultados que comprueban que con el manejo de los materiales correctos adaptados al clima de Bogotá, considerando aspectos como: orientación, iluminación y ventilación natural, manejo de la envolvente, protección solar, acondicionamiento acústico e implementación de estrategias sostenibles, se muestra que si es posible su funcionamiento y adaptación en cualquier Institución Educativa.

Uno de los aspectos más relevantes y susceptibles dentro de la investigación fue alcanzar los rangos de confort aplicados para el clima de Bogotá que se establecen dentro los 17.60°C a 23.60°C , según la formula Aluciems, ya que por las características particulares del Containers (acero de 4.5mm) y su conductividad térmica hace que pueda alcanzar bajas y altas temperaturas en la mañanas y tardes, factor que influyó sustancialmente en la simulaciones realizadas.

Para la escogencia de la envolvente fue necesario reevaluar las condiciones térmicas al interior del aula debido a los resultados obtenidos ya que se presentaban horas de discomfort en las primeras horas de la mañana y tarde, siendo necesario un aislante térmico eficiente y duradero con baja conductividad térmica, capaz de aislar la temperatura exterior y mantener la temperatura interna una línea constante y uniforme dentro de los rangos de confort en la franja escolar de las 8am a 4pm, fuera de esta franja no se logró estar dentro del rango de confort establecido para Bogotá.

Por tal motivo fue necesario tener acondicionamiento en cubierta y prever de aleros de protección para mitigar el paso de la radiación directa en horas de la tarde evitando el sobre calentamiento y potencializando la ventilación. De acuerdo a los resultados obtenidos se logra disminuir la temperatura en la franja de 2 a 5pm donde la envolvente no lograba estar dentro de los rangos de confort, de esta manera se logró aproximarse y tener un comportamiento térmico adecuado para el funcionamiento como aula escolar.

A nivel de costos se logra tener un ahorro considerable con relación a su implementación y puesta en funcionamiento, con un valor por m² de \$760.000 del aula-containers contra \$2.200.000 con un sistema tradicional, adicionalmente se logra un 100% de eficiencia energética y ahorro del agua, gracias a la implementación de paneles fotovoltaicos y recuperación de aguas lluvias por cubierta.

Estos resultados comparados con las aulas-containers implementadas en los casos estudio y que no consideraron ningún tipo de acondicionamiento y que no cumplían con los estándares mínimos de área requerida para el uso de aulas escolares, se puede concluir que estos módulos no fueron

una salida efectiva para la construcción de aulas para ese país; por tal motivo fueron foco de altas críticas y juzgamientos con respecto a la implementación de los containers como aulas escolares; lo cual demuestra que antes de considerarlo como una alternativa de “habitabilidad”, se deberá en cualquier caso tener un estudio detallado del sitio de implantación y se deberá someter a todas las consideraciones expuestas en esta investigación y otras que se requieran según el caso particular.

Con esta investigación se pretendió dar un enfoque ambiental y práctico de cómo se puede llegar a implementar sistemas constructivos reutilizables, buscando eficiencia, funcionalidad y adaptabilidad; donde prima el confort y la habitabilidad de la mano de la sostenibilidad.

Lista de referencias

1. ABOUT HAUS. (2017). *Cómo construir una casa en un terreno inclinado y aprovechar al máximo lo que parece una dificultad*. Obtenido de <http://blog.about-haus.com/>
2. ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA. (16 de Diciembre de 2014). *Política Pública de Ecourbanismo y Construcción Sostenible-PPECS*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=60198>
3. ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ, D.C. (31 de Octubre de 2006). DECRETO 449 DE 2006- Plan Maestro de Equipamientos Educativos de Bogotá Distrito Capital.
4. ASHRAE. (2016). *ANSI/ASHRAE STANDARD 62.1*. Obtenido de Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.
5. AYARRA, J. M. (2004). *La construccion con contenedores marítimos*. Obtenido de <http://www.mimbrea.com/contruccion-con-contenedores-martimos/>
6. BARÓN, C. (16 de Abril de 2014). *AC: Arquitectura de Contenedores*. Recuperado el 2017, de http://www.carlosbaron.com/pub_arx/AC%20DEMO.pdf
7. *CONCIENCIA ECO*. (9 de Enero de 2015). Obtenido de Revista digital sobre cultura ecológica: <https://www.concienciaeco.com/2015/01/09/10-ventajas-de-los-contenedores-maritimos-recicladados/>
8. CONTAINER, ARQUITECTURA. (2005). *Porque un contenedor?* Cota, Cundinamarca. Recuperado el 2017, de http://www.containerarquitectura.com/Productos/Home_Productos.php
9. DAZNE, A. (13 de Mayo de 2012). *Aulas con contenedores de carga en Bogotá*. Obtenido de <http://blog.is-arquitectura.es/2012/05/13/aulas-con-contenedores-de-carga-en-bogota/>
10. DesignBuilder. (s.f.). *DesignBuilder: Simulacion a tu alcance*. Obtenido de <https://www.designbuilder-lat.com/>
11. *ECO INVENTOS*. (2014). Obtenido de Green Technology: <http://ecoinventos.com/sistema-de-captacion-de-agua-de-lluvia-para-usar-como-agua-potable/>
12. ECORK. (s.f.). *Lista de materiales aislantes*. Obtenido de <http://www.ecork.cl/>
13. Elbarriopueyrredon. (2011). *Aulas-contenedores costaran 26 millones de millones de pesos*. Obtenido de <http://elbarriopueyrredon.com.ar/old/notas/ano-2014/nota-enero-aulas-containers.php>
14. Energía Solar. (17 de Marzo de 2016). *Ubicacion de los paneles solares*. Obtenido de <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/ubicacion-paneles>
15. ICONTEC. (24 de Noviembre de 1999). NORMA TÉCNICA COLOMBIANA-NTC 4595. Ingeniería civil y arquitectura. Planeamiento y diseño de instalaciones y ambientes escolares.
16. IDEAM. (2004). Caracterizacion del clima en Bogotá. Bogotá.
17. ISARQuitectura. (2000). *SUSTAINER HOMES*. Obtenido de Energía autosostenible con la bomba de calor: <https://www.google.com.co/search?q=www.casas-autosuficientes-en-contenedore>
18. JAMART, S. (12 de Enero de 2010). *Historia del contenedor*. Recuperado el 2017, de <http://blogistica.es/historia-del-contenedor/>
19. KOTNIK, J. (2008). *Container Architecture: This Book contains 6441 containers*.

20. KOTNIK, J. (2009). *El contenedor, la respuesta más eficiente a la arquitectura convencional*. Recuperado el 2017, de <http://www.arquitectonica.com.mx/articulos-arquitectura/jure-kotnik-el-contenedor-la-respuesta-mas-eficiente-a-la-arquitectura-convencional.html>
21. LEGIS. (2017). *Indice de Costos*. Obtenido de Construdata: http://www.construdata.com/BancoConocimiento/I/indice_de_costos/indice_de_costos.asp
22. LEGISCOMEX. (9 de Marzo de 2010). *Infografía-contenedores*. Recuperado el 2017, de https://issuu.com/legiscomex/docs/infograf_a_sobre_contenedores
23. MARAGAÑO, C. I. (2014). *Innovación en el diseño de viviendas modulares mediante el uso de containers*. Recuperado el 2017, de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmfcim722i/doc/bmfcim722i.pdf>
24. MASSAD, F., & GUERRERO YESTE, A. (6 de Febrero de 2009). *El contenedor es la respuesta*. Recuperado el 2017, de <http://arqa.com/actualidad/colaboraciones/el-contenedor-es-la-respuesta.html>
25. Ministerio de Educación Nacional . (14 de Octubre de 2014). Lineamientos de la Primera Convocatoria ¡Súbete al bus de la Jornada Única! Bogotá, D.C.
26. MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL. (23 de Octubre de 2015). *COLOMBIA, LA MEJOR EDUCADA EN EL 2025. Líneas estratégicas de la política educativa del Ministerio de Educación Nacional*. Obtenido de http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-355154_foto_portada.pdf
27. Obras web. (s.f.). *Niños sudafricanos toman clase en una escuela-contenedor*. Obtenido de <http://www.obrasweb.mx/arquitectura/2012/04/20/disenan-escuela-contenedor-para-ninos-sudafricanos>
28. OVACEN. (s.f.). *La Arquitectura con contenedores, análisis, ventajas y desventajas*. Obtenido de https://ovacen.com/la-arquitectura-con-contenedores-ventajas-y-desventajas/#Ventajas_de_la_arquitectura_con_contenedores
29. PONS ESTEL MATIAS. (2015). *CASA MIA*. Obtenido de <https://co.pinterest.com/pin/366269382169341337/>
30. POZO, J. (2014). ORIGEN DE LOS CONTENEDORES MARITIMOS USO E HISTORIA. *Seguridad Nautica*.
31. RESOLUCION 0549. (10 de 07 de 2015). *MINISTERIO DE VIVIENDA CIUDAD Y TERRITORIO*.
32. Secretaria Distrital de Ambiente. (Septiembre de 2015). *Anexo 1 Prácticas Sostenibles*. Obtenido de http://www.sdp.gov.co/imagenes_portal/documentacion/Edurbanismo/Anexo_1_Practicas%20sostenibles.pdf
33. Secretaria Distrital de Ambiente. (s.f.). *Ambiente por recursos*. Obtenido de <http://ambientebogota.gov.co/web/sda/ambiente-x-recursos>
34. URSA. (2000). *URSA, Aislamiento para un mañana mejor*. Obtenido de <http://www.ursa.es/es-es/descargas/programas-de-calculo/paginas/calculo-aislamiento-acustico.aspx>
35. WIKIPEDIA. (2016). *Contenedor*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Contenedor>
36. WIKIPEDIA. (s.f.). *Acondicionamiento acústico*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Acondicionamiento_ac%C3%BAstico

Anexos

Anexo A - Ficha técnica contenedores

Ficha Técnica de Contenedores

Estas especificaciones son para unidades estándar y debiera ser considerado como una guía solamente.

Las dimensiones reales de los contenedores cambian según modelo y fabricante.

Contenedores box	20' DC	40' DC
Longitud interna (cm)	592	1206
Ancho interno (cm)	236	237
Alto interno (cm)	238	237
Ancho puerta (cm)	234	234
Alto puerta (cm)	229	229
Tara (kgs.)	2280	3830
Máx. carga (kgs.)	21800	26650
Volumen (cbm)	33.0	67.0



Unidades más usadas. Contenedores estándar. Usados para todo tipo de carga.

Contenedores Flat Rack	20' FR	40'FR
Longitud interna (cm)	591	1202
Ancho interno (cm)	228	224
Alto interno (cm)	217	203
Ancho puerta (cm)	N/A	N/A
Alto puerta (cm)	N/A	N/A
Tara (kgs.)	2950	5530
Máx. carga (kgs.)	27530	32000
Volumen (cbm)	27.0	54.8



Los contenedores Flat Rack se usan para carga pesada y sobredimensionada, la cual no puede ser cargada en contenedores con paredes fijas y necesita cargarse desde arriba o del lado. Puede ser entregado con ambos tipos de paredes: fijas y plegables.

Contenedores Open Top	20' OT	40'OT
Longitud interna (cm)	590	1202
Ancho interno (cm)	224	234
Alto interno (cm)	235	234
Ancho puerta (cm)	233	233
Alto puerta (cm)	224	224
Tara (kgs.)	2300	4200
Máx. carga (kgs.)	21700	26280
Volumen (cbm)	32.0	66.7



Anexo B – Ficha técnica aislante en espuma de poliuretano



FICHA TECNICA POLIURETANO

LA ESPUMA DE POLIURETANO ES UN EXCELENTE AISLANTE TÉRMICO DEBIDO A QUE LAS CELDAS QUE FORMAN LA ESPUMA ESTÁN DISPERSAS EN LA MASA POLIMÉRICA Y SON INDEPENDIENTES Y COMPLETAMENTE CERRADAS A DIFERENCIA DE OTROS MATERIALES AISLANTES.

EL PROCESO DE APLICACIÓN DE LA ESPUMA RÍGIDA DE POLIURETANO ES UNO DE LOS MÁS SIMPLES Y COMPLETOS EN EL MERCADO DEBIDO A SU AUTOADHERENCIA A TODO TIPO DE SUSTRATOS, LOS CUALES COMO REQUISITO SOLO TIENEN QUE ESTAR LIMPIOS Y SECOS, Y A UNA TEMPERATURA NO INFERIOS DE 10 °C.

UNA VEZ APLICADA LA ESPUMA SE REDUCE CONSIDERABLEMENTE LOS FENÓMENOS DE EXPANSIÓN Y CONTRACCIÓN DE LAS SUPERFICIES POR CAMBIOS DE TEMPERATURA AMBIENTE.

LAS PROPIEDADES FÍSICAS CARACTERÍSTICAS DE LA ESPUMA RÍGIDA APLICADA POR ASPERSIÓN SON EN PROMEDIO LAS SIGUIENTES:

CONCEPTO Y UNIDADES	VALORES	NORMA Y MÉTODO
CELDA CERRADAS %	90	D 2846 ASTM
DENSIDAD KG/ M3	35-40	D 1622 ASTM
RESISTENCIA LA COMPRESIÓN PSI	34	D 1621 ASTM
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA BTU	0.125	C 177 ASTM
ABSORCIÓN DEL AGUA %	2-4	D 2832 ASTM
PERMEABILIDAD AL VALOR DE AGUA G/ M2	80	ISO 1663

COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DE AISLAMIENTO TÉRMICO DE DIVERSOS MATERIALES

MATERIAL	ABREVIATURA	FACTOR K	R PARA 1"	ESPEJOR EQUIVALENTE
POLIURETANO	PU	.110	9.09	1.00
FIBRA DE VIDRIO	FG	.220	4.54	2.00
POLIESTIRENO	PS	.240	4.16	2.18
CORCHO NATURAL	CN	.270	3.70	2.45
LANA MINERAL	LM	.300	3.33	2.73

NOTA: EL VALOR MÁS BAJO DE FACTOR K Y EL MÁS ALTO DE FACTOR R DETERMINAN EL MEJOR AISLAMIENTO TÉRMICO.

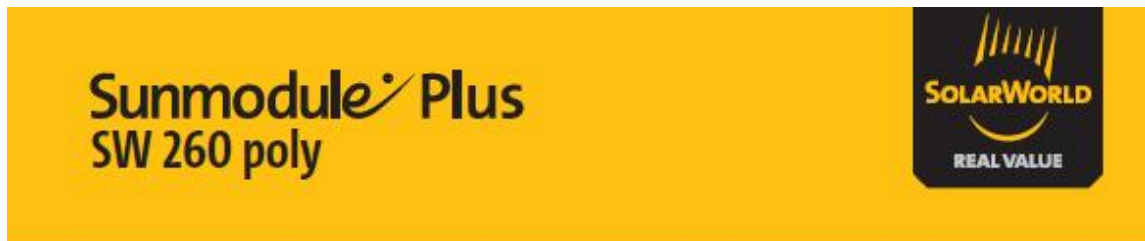
K = FACTOR DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.
R = RESISTENCIA A LA TRANSMISIÓN DE CALOR.

SE SOLICITA PARA EL FUNCIONAMIENTO DE NUESTRO EQUIPO UNA TOMA DE CORRIENTE TRIFÁSICA A 220 VOLTS A UNA DISTANCIA NO MAYOR DE 50 METROS DEL SITIO A APLICAR LA ESPUMA.

SIN OTRO PARTICULAR Y AGRADECIENDO LA ATENCIÓN QUE A LA PRESENTE SE SIRVA DAR, QUEDO DE USTED PARA CUALQUIER ACLARACIÓN.

www.dow.com/polyurethane/

Anexo C – Ficha técnica Panel Solar World Sunmodule Plus SW 260 Poly



Data Sheet



Produced In Germany,
the center for solar technology



TUV Power controlled:
Lowest measuring tolerance in Industry



Sunmodule Plus:
Positive performance tolerance



25 year linear performance warranty and
10 year product warranty



SolarWorld AG relies on Germany as its technology location, thereby ensuring sustainable product quality.

The TUV Rheinland Power controlled inspection mark guarantees that the nominal power indicated for solar modules is inspected at regular intervals and thus ensured. The deviation to TUV is maximum 2 percent.

The positive power tolerance guarantees utmost system efficiency. Only modules achieving or exceeding the designated nominal power in performance tests are dispatched. The power tolerance ranges between -0 Wp and +5 Wp.

With its linear performance warranty covering a period of 25 years, SolarWorld guarantees a maximum performance depression of 0.7% p.a., a significant added value compared to the two-phase warranties common in the industry. Therefore, the service certificate offers comprehensive protection for your investment in the long term.

Sunmodule Plus

SW 260 poly



PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS (STC)*

<i>Maximum power</i>	P_{max}	260 Wp
<i>Open circuit voltage</i>	U_{oc}	38.4 V
<i>Maximum power point voltage</i>	U_{mp}	31.4 V
<i>Short circuit current</i>	I_{sc}	8.94 A
<i>Maximum power point current</i>	I_{mp}	8.37 A
<i>Module efficiency</i>	η_m	15.51 %

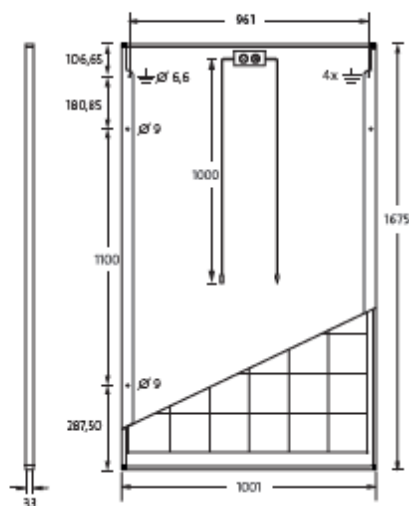
Measuring tolerance (P_{max}) traceable to TUV Rheinland: +/- 2% (TUV Power controlled)

*STC: 1000W/m², 25°C, AM 1.5

PERFORMANCE AT 800 W/m², NOCT, AM 1.5

<i>Maximum power</i>	P_{max}	192.4 Wp
<i>Open circuit voltage</i>	U_{oc}	34.8 V
<i>Maximum power point voltage</i>	U_{mp}	28.5 V
<i>Short circuit current</i>	I_{sc}	7.35 A
<i>Maximum power point current</i>	I_{mp}	6.76 A

Minor reduction in efficiency under partial load conditions at 25°C: at 200 W/m², 100% (+/-2%) of the STC efficiency (1000 W/m²) is achieved.



COMPONENT MATERIALS

<i>Cells per module</i>	60
<i>Cell type</i>	Poly crystalline
<i>Cell dimensions</i>	156 mm x 156 mm
<i>Front</i>	Tempered safety glass (EN 12150)
<i>Back</i>	film, white
<i>Frame</i>	Clear anodized aluminum
<i>J-Box</i>	IP65
<i>Connector</i>	H4

DIMENSIONS / WEIGHT

<i>Length</i>	1675 mm
<i>Width</i>	1001 mm
<i>Height</i>	33 mm
<i>Weight</i>	18.0 kg

THERMAL CHARACTERISTICS

<i>NOCT</i>	46 °C
$TK I_{sc}$	0.051 %/K
$TK U_{mp}$	-0.31 %/K
$TK P_{mp}$	-0.41 %/K

PARAMETERS FOR OPTIMAL SYSTEM INTEGRATION

<i>Power sorting</i>	-0 Wp / +5 Wp
<i>Maximum system voltage SC II</i>	1000 V
<i>Maximum reverse current</i>	25 A
<i>Load / dynamic load</i>	5.4 / 2.4 kN/m ²
<i>Number of bypass diodes</i>	3
<i>Operating range</i>	-40°C bis +85°C



ORDERING INFORMATION

<i>Order number</i>	<i>Description</i>
82000008	Sunmodule Plus SW 260 poly

SolarWorld AG reserves the right to make specification changes without notice.
This data sheet complies with the requirements of EN 50380.

Your SolarWorld Official Distributor:



www.sfe-solar.com · info@sfe-solar.com
Phone: +34 981595858

Anexo D - Tablas climáticas de Bogotá

- TEMPERATURA-PRECIPITACIONES

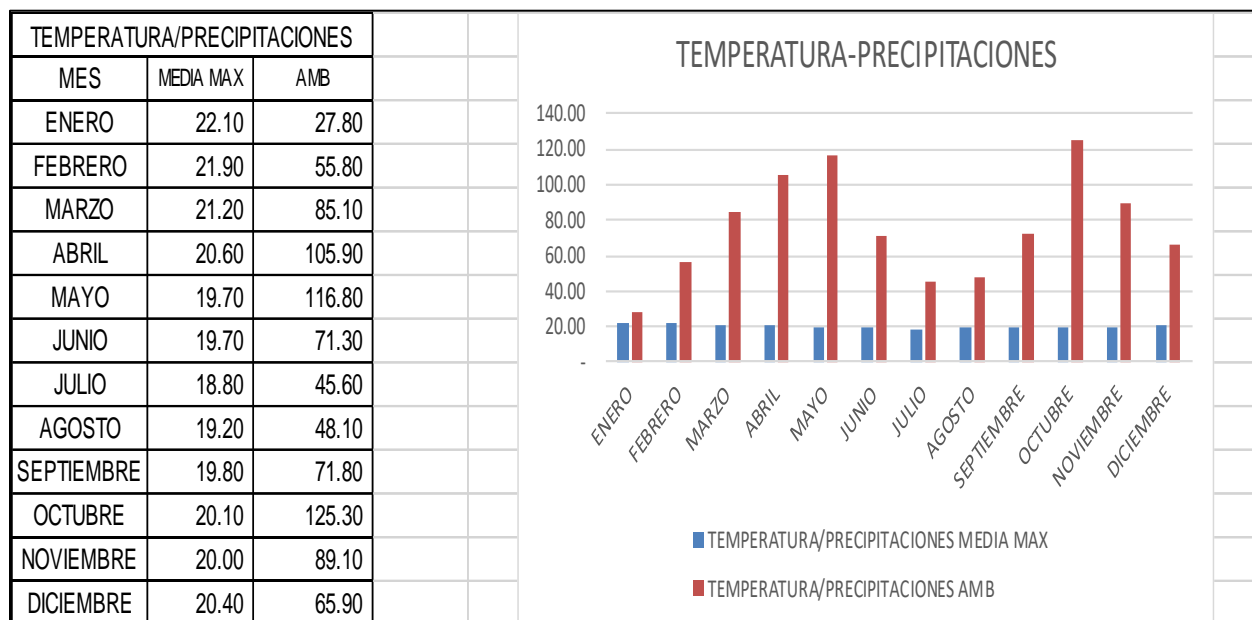


Tabla 48. Temperatura-Precipitaciones Bogotá
Fuente: Datos IDEAM

- TEMPERATURA-HUMEDAD

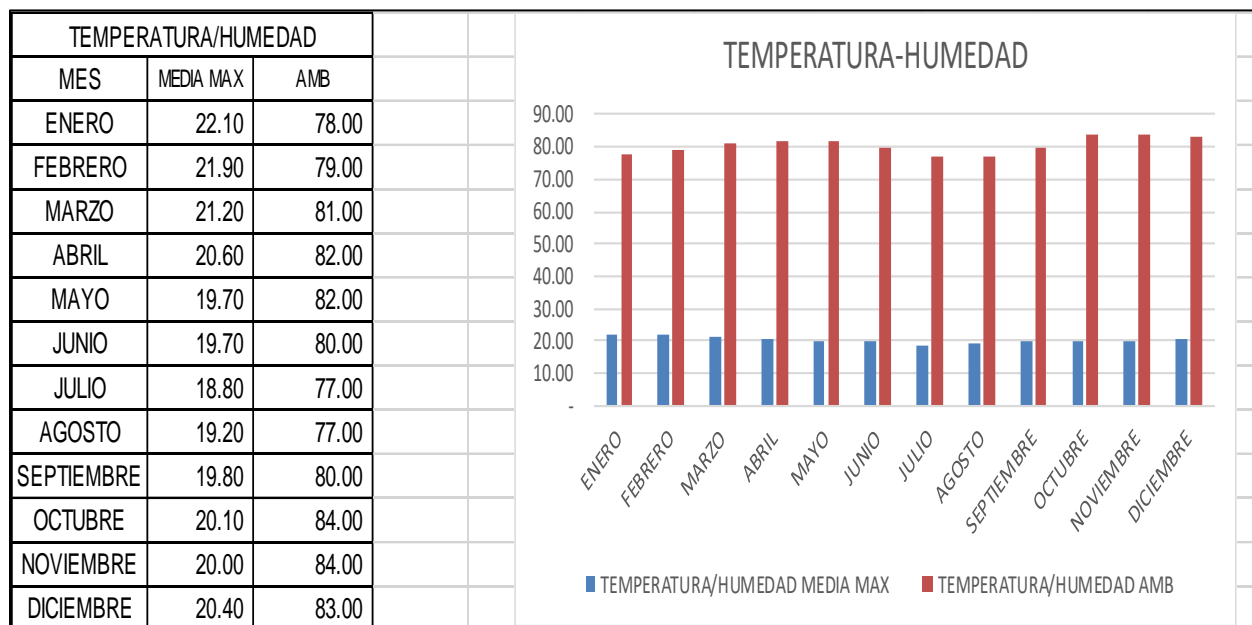


Tabla 49. Temperatura-Humedad Bogotá
Fuente: Datos IDEAM

• TABLAS CLIMATE CONSULTANT

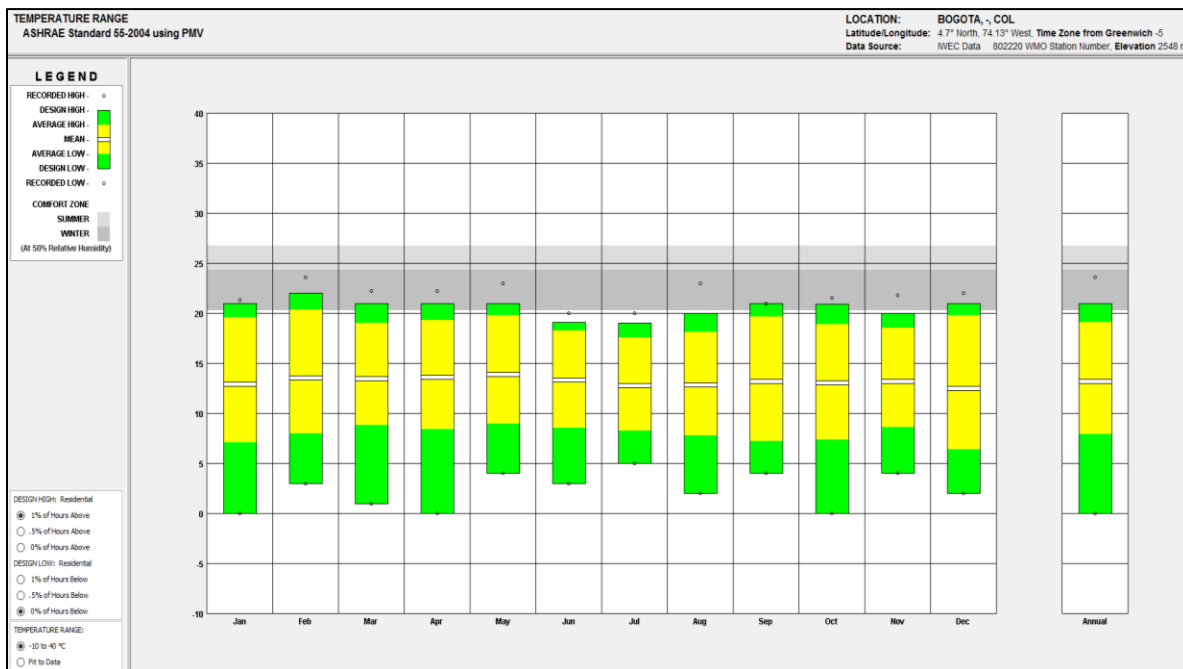


Figura 61. Rangos de Temperatura Bogotá
Fuente: Datos Climate Consultant

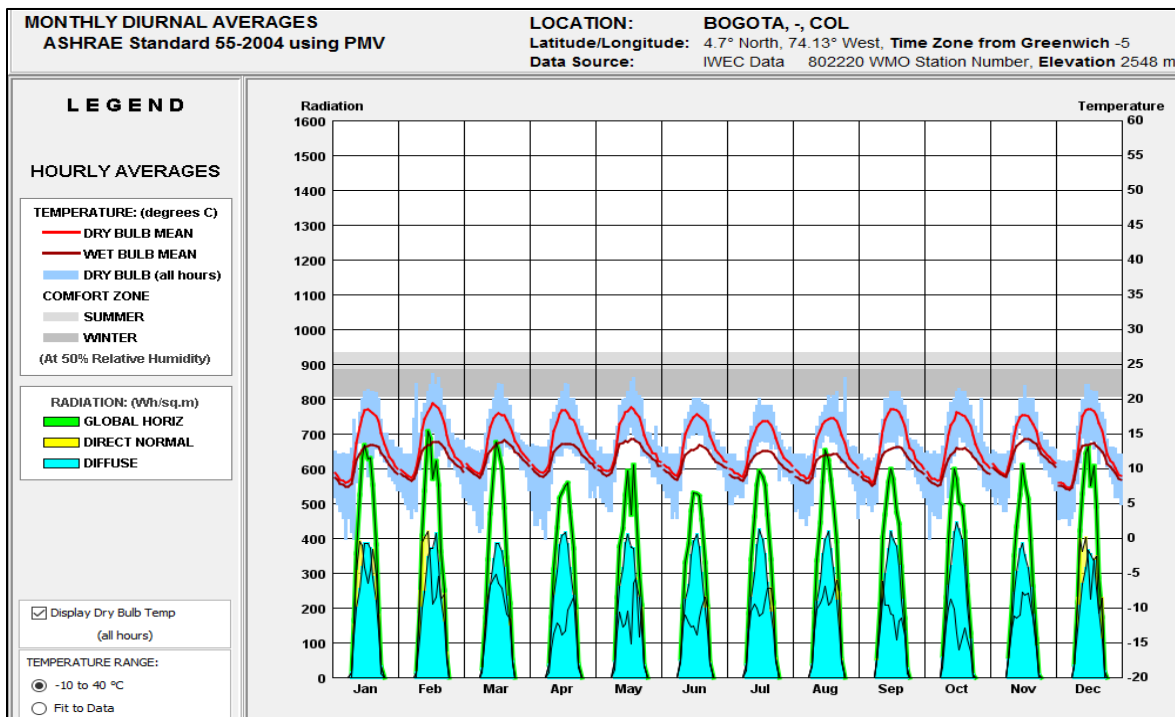


Figura 62. Promedios diurnos mensuales Temperatura Bogotá
Fuente: Datos Climate Consultant

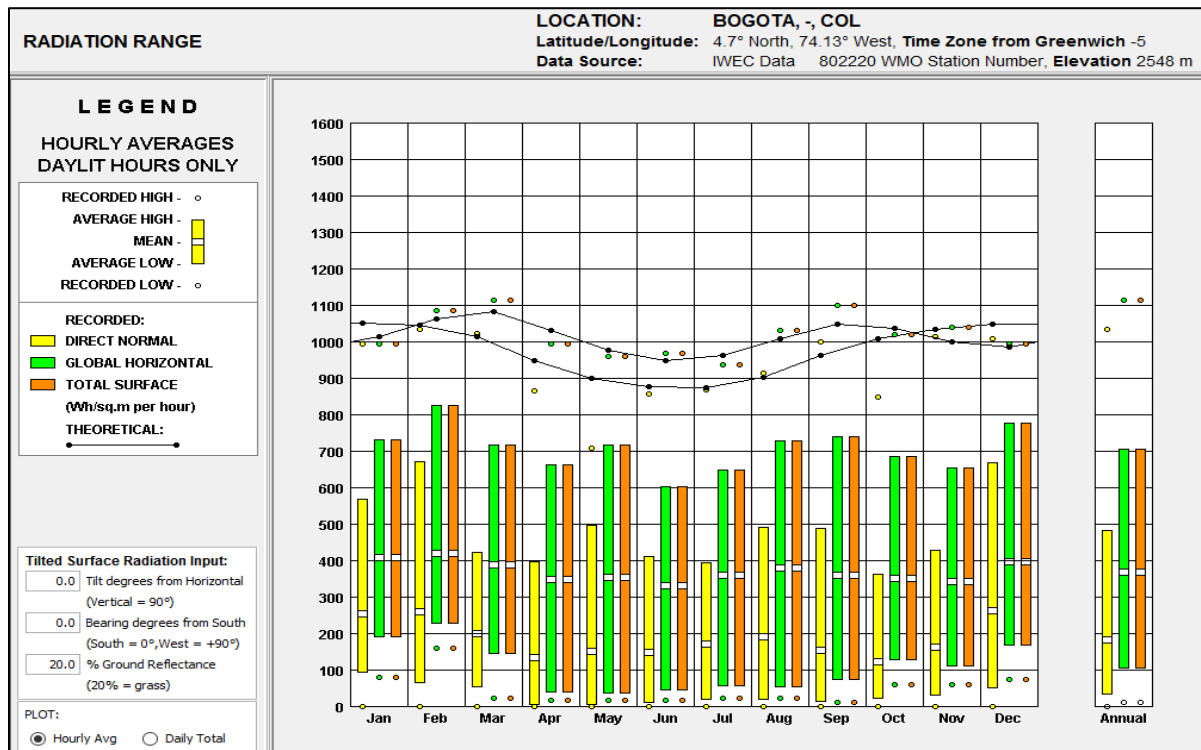


Figura 63. Rangos de radiación Bogotá
 Fuente: Datos Climate Consultant

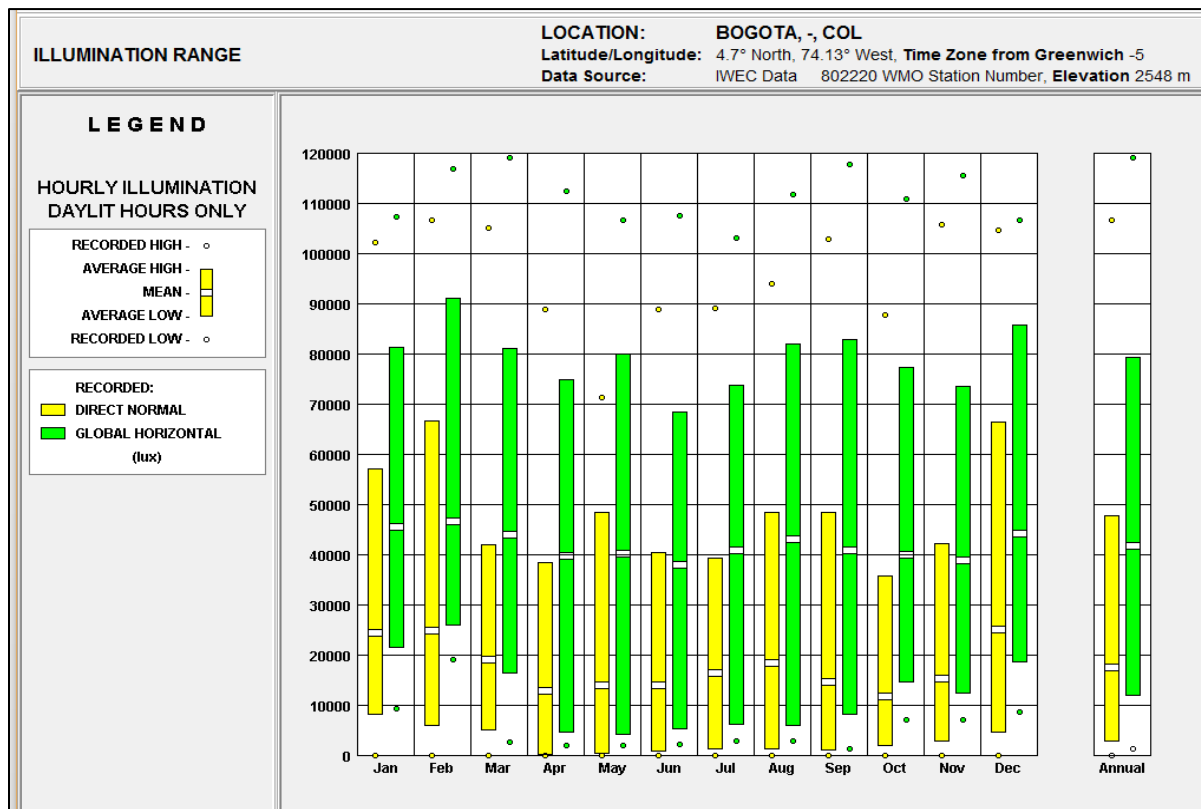


Figura 64. Rangos de iluminación Bogotá
 Fuente: Datos Climate Consultant

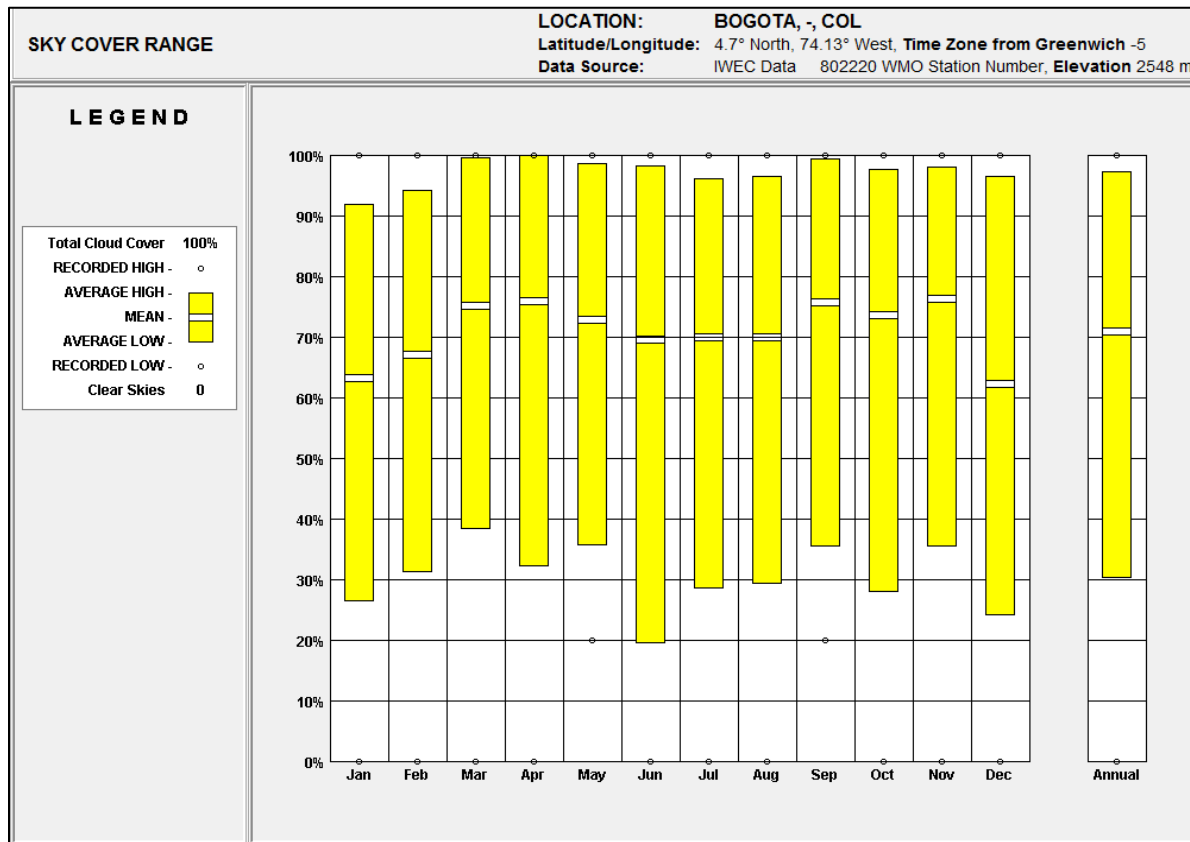


Figura 65. Cobertura del cielo Bogotá
 Fuente: Datos Climate Consultant

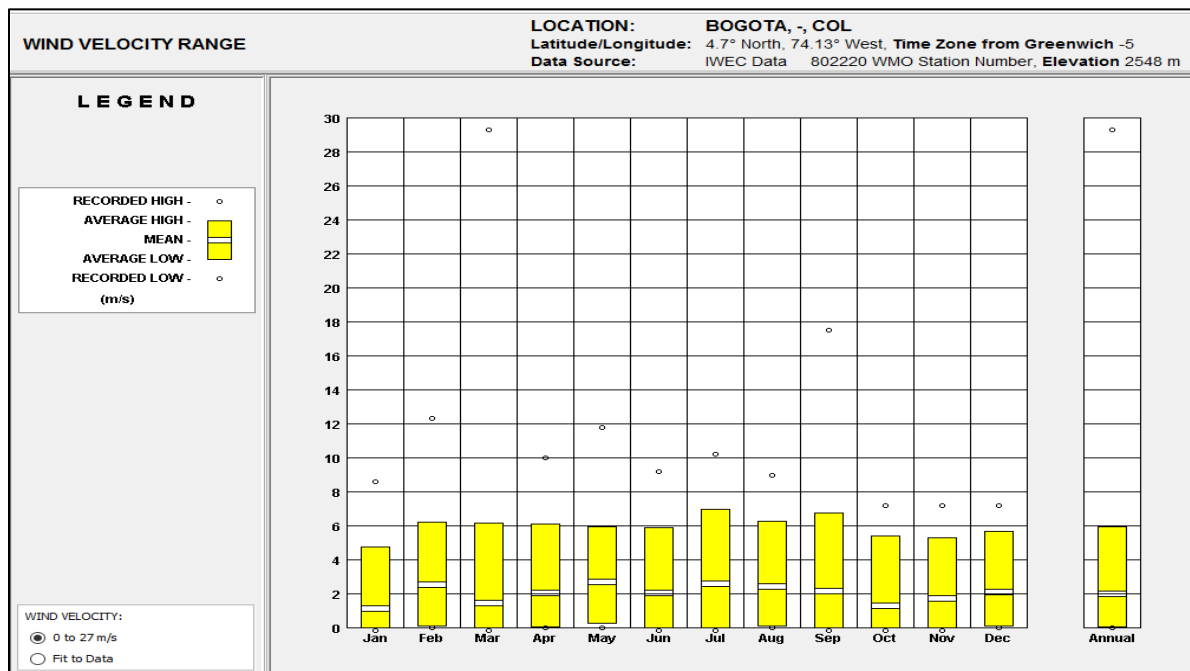


Figura 66. Rangos de velocidad del viento Bogotá
 Fuente: Datos Climate Consultant

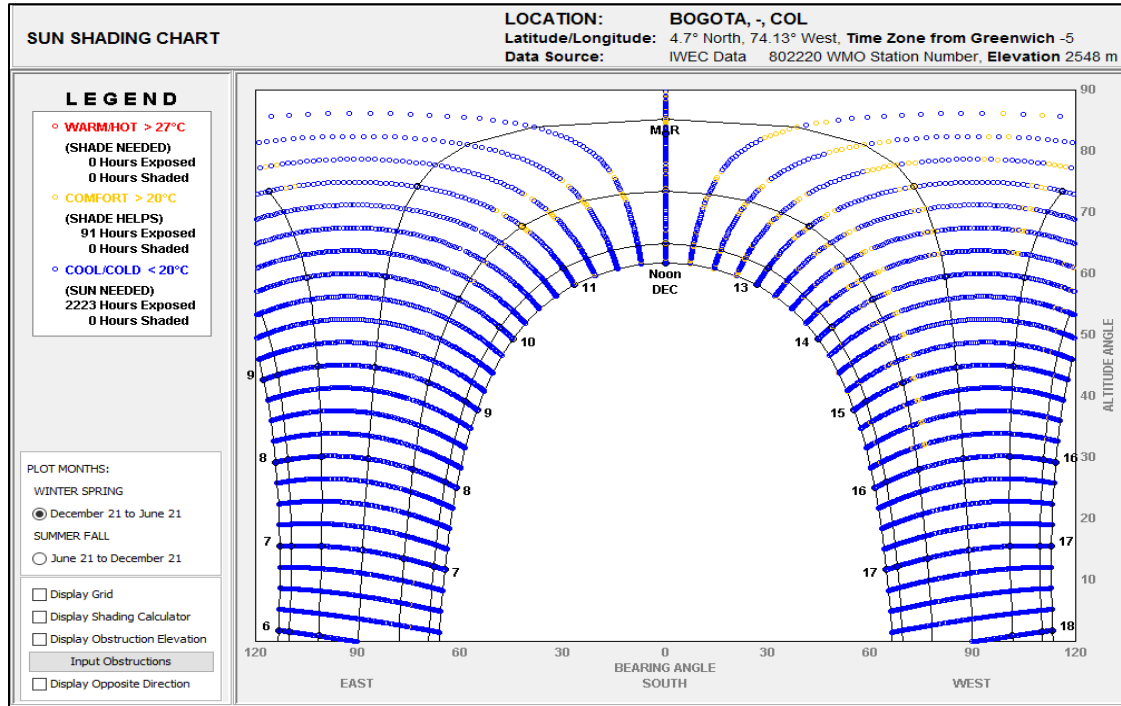


Figura 67. Diagrama de sombreado Bogotá
Fuente: Datos Climate Consultant

- DIAGRAMA PSICOMÉTRICO CLIMATE CONSULTANT

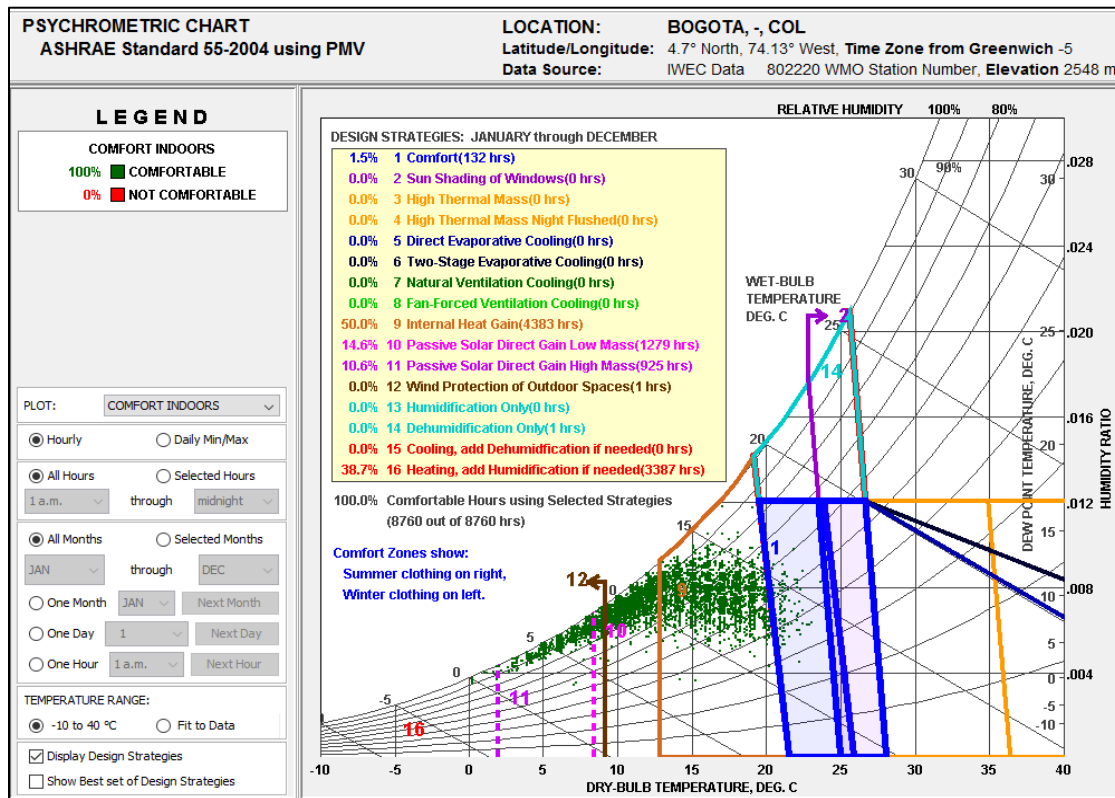


Tabla 50. Diagrama psicométrico Bogotá
Fuente: Datos Climate Consultant

• TABLAS DE MAHONEY

LOCALIZACIÓN	BOGOTA												
LONGITUD	74,09												
LATITUD	04,42												
ALTITUD	2.547 msnm												

TABLAS DE MAHONEY														
TABLA 1. TEMPERATURAS														
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	La + Caliente	TAM
Temperatura Media Maxima	22.70	21.90	21.20	20.60	19.70	19.70	18.80	19.20	19.80	20.10	20.00	20.40	22.70	13.45
Temperatura Media Minima	4.20	4.00	7.70	8.40	8.40	8.20	7.60	7.50	7.20	8.10	7.90	6.50	4.20	18.50
EDT	18.50	17.90	13.50	12.20	11.30	11.50	11.20	11.70	12.60	12.00	12.10	13.90	La + Fria	EAT

TAM: "Temperatura anual media"= (la mas calida +la mas fria)/2
 EAT: "Diferencia anual"= la mas calida-la mas fria
 E.D.T "Diferencia Diurna"= Diferencia por los meses dados, entre la media maxima y la media minima

TABLA 2. HUMEDAD, PRECIPITACION, VIENTOS															
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	G.H		
Humedad Relativa Maxima	84.00	84.00	88.00	87.00	88.00	85.00	84.00	87.00	84.00	88.00	89.00	88.00	Menor 30%: 1		
Humedad Relativa Minima	74.00	72.00	77.00	76.00	76.00	75.00	72.00	74.00	76.00	80.00	78.00	79.00	30-50: 2		
Media	79.00	78.00	82.50	81.50	82.00	80.00	78.00	80.50	80.00	84.00	83.50	83.50	50-70: 3		
Grupo (G.H)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	Mayor 70%: 4		
Precipitaciones (mm)	27.80	55.80	85.10	105.90	116.80	71.30	45.60	48.10	71.80	125.30	89.10	65.90	908.50		
Vientos (Direccion)	Direccion	NE	NW	NE	NE	E	E	SE	SE	E	NW	NW	TOTAL ANUAL mm		
	Maxima	1.20	0.90	0.70	1.20	1.80	2.00	2.20	2.40	1.00	1.50	1.20			
	Direccion	N	W	NE	NW	NE	NE	E	NE	N	W	NW			N
	Minima	0.20	0.20	0.40	0.40	0.40	0.60	0.80	0.70	0.30	0.30	0.50			0.60

TABLA 3. CONFORT														
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
Grupo (G.H)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
Temperaturas														
Mensual Media Maxima	22.70	21.90	21.20	20.60	19.70	19.70	18.80	19.20	19.80	20.10	20.00	20.40		
Confort	Maximo	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00		
Diurno		Minimo	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00		
Mensual Media Mimima	4.20	4.00	7.70	8.40	8.40	8.20	7.60	7.50	7.20	8.10	7.90	6.50		
Confort	Maximo	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00		
Nocturno		Minimo	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00		
Stress Termico														
	Dia	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	C: Demasiado caliente	
	Noche	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	/: Confort	
													F: Demasiado frio	

LÍMITES DE CONFORT								
Humedad	G.H.	TAM >20°C		15° <TAM <20°		TAM < 15°		G.H.
	Grupo	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche	Grupo
0-30%	1	26-34	17-25	23-32	14-23	21-30	12-21	1
30-50%	2	25-31	17-24	22-30	14-22	20-27	12-20	2
50-70%	3	23-29	17-23	21-28	14-21	19-26	12-19	3
70-100%	4	22-27	17-21	20-25	14-20	18-24	12-18	4

TABLA 4. INDICADORES														
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL	
H1 Ventilacion Esencial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
H2 Ventilacion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
H3 Protectores contra lluvia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	
A1 Inercia Termica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A2 Dormir Afuera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A3 Proteccion con la estacion fria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

	Stress Termico		GH	EDT	LLUVIA
	C diurna	C nocturna			
H1	4	2 o 3	menor 10°		
H2	/ (confor diruno)		4		
H3					mayor 200
A1		1,2 ó 3	menor 10°		
A2	C nocturno	1 ó 2			
	C diurno y nocturno	1 ó 2	menor 10°		
A3					

Tabla 51. Tabla de Mahoney
 Fuente: Datos IDEAM