LISTA DE DISTRIBUCIÓN

El original y las copias del presente estudio han sido entregados a las siguientes dependencias:

DEPENDENCIA	ORIGINAL	COPIA
FONADE	1	
INTERVENTORÍA – CONSORCIO FABRICAS DE DISEÑOS FONADE 2013		1

CONTROL DE REVISIONES Y MODIFICACIONES

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN	NOMBRE	CARGO Y MATRICULA PROFESIONAL	FIRMA	FECHA
ELABORÓ	ARQ. KARIN PEDRAZA FRANCO	M.P. 2570059457		
REVISÓ	ARQ. RAQUEL JAIMES	COORDINADORA DE EDIFICACIONES		
REVISÓ	ARQ. JHON AUGUSTO YAÑEZ	MAT. No. 7670071145 VLL		
APROBACIÓN INTERVENTORIA	ARQ. JHON AUGUSTO YAÑEZ	MAT. No. 7670071145 VLL		
Observaciones:				

MODIFICACIONES		
FECHA	**VERSIÓN**	**DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN**

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 4
2 OBJETIVOS 5
3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CLIMÁTICA 6
A. TEMPERATURA Y RADIACION SOLAR 6
B. PRECIPITACION 7
C. HUMEDAD RELATIVA 7
D. VIENTOS 9
E. CARTA SICOMETRICA 10
4 HIPÓTESIS 12
A. DATOS GENERALES DEL PROYECTO 12
B. MODELO GEOMÉTRICO Y VOLUMETRIA 13
C. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES 13
D. DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPACIOS CONSIDERADOS 14
5 ANÁLISIS DE CONDICIONES TÉRMICAS 15
A. ANALISIS DE SOMBRAS 15
B. COMPORTAMIENTO Y BALANCE TÉRMICO Y LUMINICO AULAS
OPTIMIZACION ENVOLVENTE 18
ALTURA VENTANAS
PROPUESTA AISLAMIENTOS
B. BALANCE TÉRMICO SUITE O HABITACION 23
OPTIMIZACION ENVOLVENTE
ALTURA VENTANAS
PROPUESTA AISLAMIENTOS
SUITE FINAL
C. CONCLUSIONES 30
6 PROPUESTAS TÉCNICAS PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL PROYECTO 31
A. RECOMENDACIONES FINALES 31
7 ANEXOS 32

1. INTRODUCCIÓN

Este documento presenta el estudio bioclimático para la optimización del desempeño energético del edificio mediante un análisis de los componentes arquitectónicos que conforman la envolvente del proyecto del SENA, ubicado en la ciudad de Villa de Leyva.

Se utilizaron varios métodos para validar las hipótesis mediante el uso de programas de cálculo especializados.

Los modelos informáticos para la simulación del comportamiento del edificio con respecto a su interacción con los patrones de uso, la asoleación y el clima fueron realizados con la interface DesignBuilder, versión 3, para el motor de cálculo EnergyPlus, versión 7. El programa EnergyPlus fue desarrollado por Lawrence Berkeley National Laboratory, en relación con el Ministerio de la Energía de EEUU. Está basado en los códigos BLAST y DOE, los cuales son reconocidos al nivel internacional.

DesignBuilder fue desarrollado por la empresa inglesa DesignBuilder Ltda, especializada en diseñar interfaces prácticas para programas de simulación.

Este estudio considera hipótesis que se encuentran detalladas al inicio del presente informe.



2. OBJETIVOS

El propósito de este estudio es determinar cuáles son las optimizaciones del diseño arquitectónico, sobre todo a nivel de la envolvente, las cuales se justifican contemplando el manejo del confort higrotérmico en el proyecto.

Con el fin de comprobar el confort térmico de los usuarios, existen actualmente varias metodologías. Sin embargo, la sensación de confort es propia a cada uno de los seres humanos y por lo tanto estas metodologías sólo permiten dar una aproximación de la sensación que la mayoría de las personas perciben.

El ASHRAE 55 de 2004 define el confort térmico como “la condición mental que expresa la satisfacción con el ambiente térmico”, antes de precisar que su evaluación se hace por una apreciación subjetiva.

Varios estándares internacionales tratan de definir criterios de confort térmico. La norma europea EN 15251:2007 define los criterios de diseño de los sistemas mecánicos basándose en los parámetros del ambiente interior, relacionados directamente con el confort. El estándar del ASHRAE 55:2004 propone también la definición del confort térmico como relación entre los parámetros del ambiente interior y los que son propios a las personas.

Ambos estándares están relacionados con el estándar internacional ISO 7730.

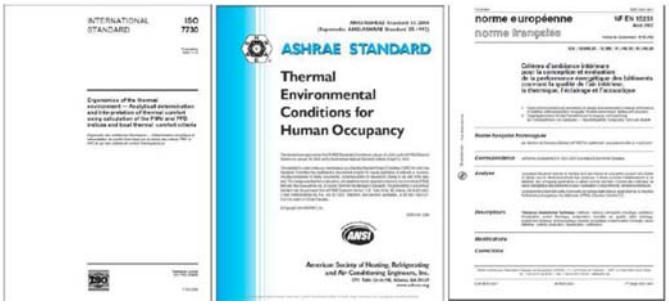


Ilustración de los estándares internacionales relacionados con el confort térmico.

En el caso del proyecto de la sede del SENA en Villa de Leyva, Boyacá, se busca optimizar la envolvente para limitar los picos de calor y frio que se puedan presentar en los espacios.

Así se busca permanecer en los rangos de confort adaptativo en los espacios naturalmente ventilados e iluminados de acuerdo a la temperatura operativa en los espacios (promedio entre la temperatura del aire y la temperatura radiante de las paredes y placas) Para temperatura promedio exterior de 17 a 18 °C, se recomienda que los interiores permanezcan entre 20 y 26 °C, rango de temperatura de Confort.

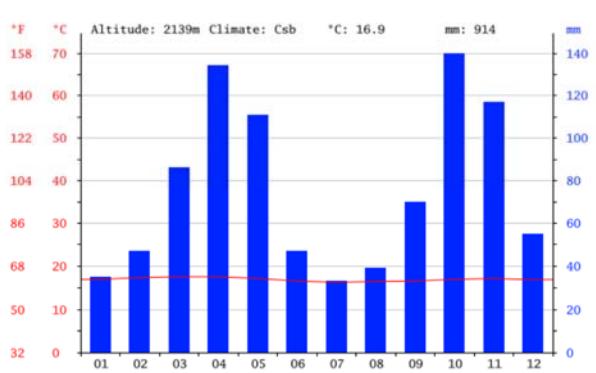
3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CLIMÁTICA

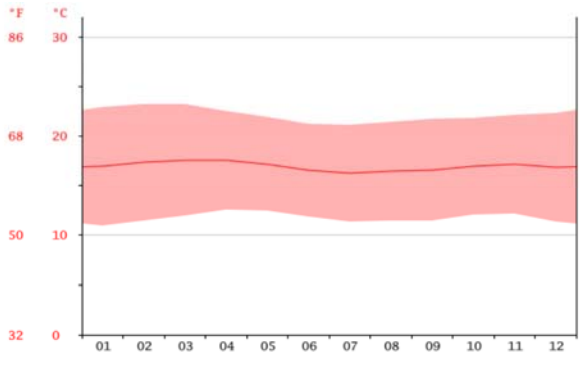
Localización: Villa de Leyva, Departamento de Boyacá
Coordenadas: 5.65°N 73.57°O
Altitud: 2072 m. s.n.m.

A. TEMPERATURA Y RADIACION

Villa de Leyva, municipio ubicado en la Provincia de Ricaurte del Departamento de Boyacá, está ubicado a 40 km al oeste de Tunja la capital del Departamento. El clima en Villa de Leyva es considerado frío – muy seco. La temperatura presente en la región y teniendo en cuenta los datos de estación Villa de Leyva, informa promedios anuales medios de 17 a 18 G.º C de temperatura, máximos 25 G.ºC y mínimos 8G.ºC. Los meses que registran incremento en la temperatura son : enero, febrero marzo y abril, con descenso en temperaturas que coincide con las lluvias julio, agosto, septiembre, luego se incrementa octubre , noviembre, y diciembre y enero con temperatura más altas ; mientras que los meses que registran bajas temperaturas son Abril, Junio, julio y agosto , octubre y noviembre.







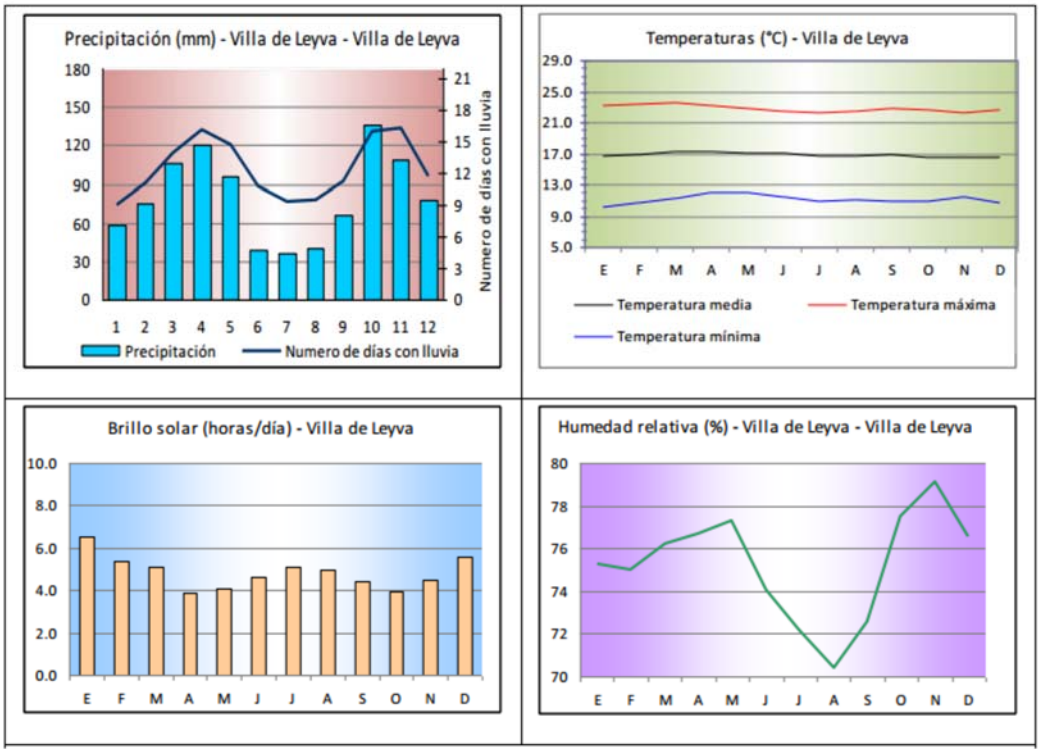
La temperatura promedio es de 16.5 ºC. Al medio día la temperatura máxima media oscila entre 22 y 24ºC. En la madrugada la temperatura mínima está entre 10 y 12ºC. El sol brilla cerca de 4 horas diarias en los meses lluviosos, pero en los meses secos, la insolación está entre 5 y 6 horas diarias.

B- PRECIPITACION

El promedio de lluvia total anual es de 960 mm. Durante el año las lluvias se distribuyen en dos temporadas secas y dos temporadas lluviosas. La temporada seca principal tiene lugar en los meses de junio, julio y agosto; una temporada seca adicional se presenta en los meses de enero y febrero. Las temporadas de lluvia se extienden desde finales de marzo hasta mayo y desde finales de septiembre hasta principios de diciembre. En los meses secos, llueve de 9 a 11 días/mes; en los meses de mayores lluvias puede llover de 15 a 16 días/mes. - Se recomienda tener mecanismos de protección en caso de precipitaciones, sobre todo en las fachadas ubicadas a 75 grados respecto al norte que son las que mayor incidencia de viento tienen y por ende de mayor afectación en caso de lluvia.

C- HUMEDAD RELATIVA

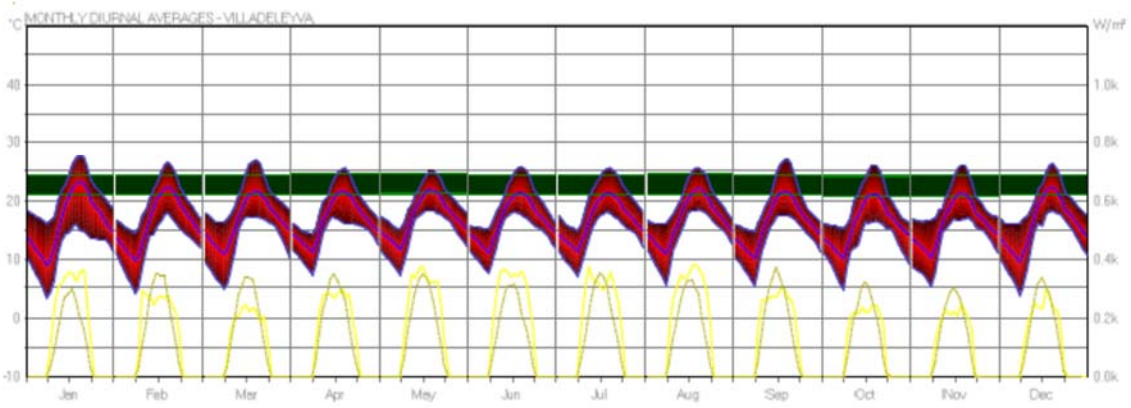
La humedad relativa del aire oscila durante el año entre 70 y 79 %, siendo mayor en los meses de mayo y noviembre y menor en julio y agosto.

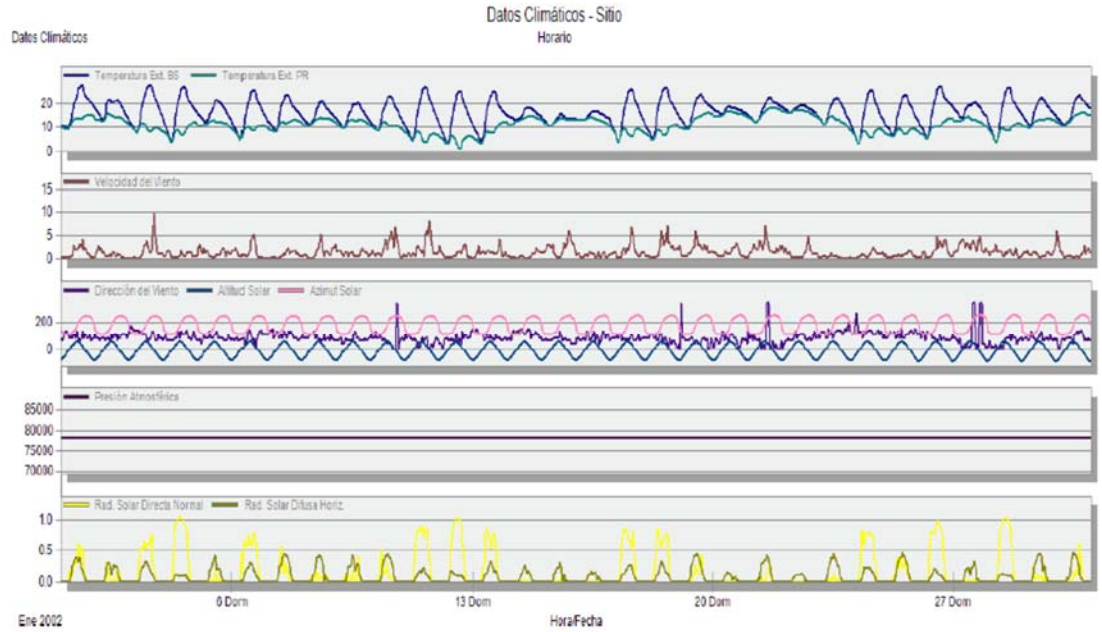


DE VALORES TOTALES MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA ESTACIÓN VILLA DE LEYVA, CORRIENTE RIÓ LEYVA AL SUAREZ- IDEAM -1980-1998

Municipio		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oc	Nov	Dic	Annual
Villa de leva Medios	Medios	16,7	16,9	17,3	17,3	17,2	17,2	16,8	16,8	16,9	16,6	16,5	16,4	16,9
	Máximos	25,4	25,5	26	25,4	24,9	24,4	24,6	24,3	24,9	24,9	24,8	24,7	25
	Mínimos	6,4	6,9	7,6	9	9,1	8,7	8	8,1	81	8	8,7	7,5	8

E.O.T. IDEAM -1999.

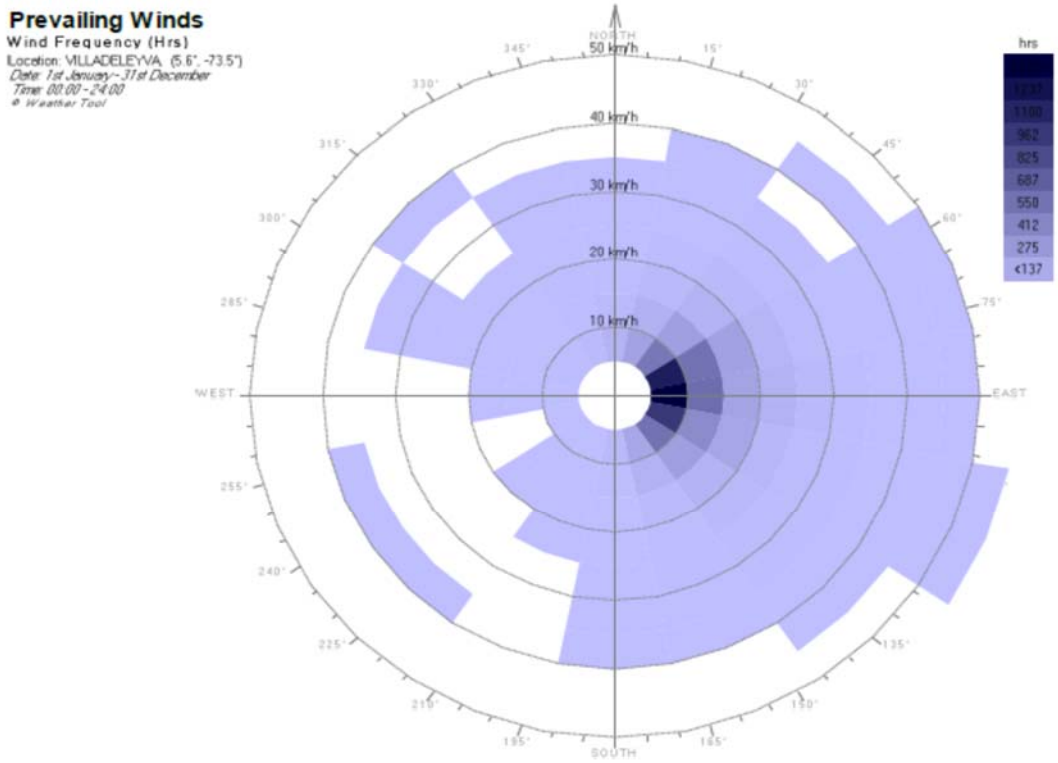




Para la modelacion energetica, se tomó la anterior información del IDEAM y la información basada en el software Meteonorm que nos proporciona datos meteorológicos para cualquier sitio del mundo mediante valores mensuales, diarios y horarios. Mediante la interpolación de estaciones cercanas, desarrolla los cálculos de variables climatológicas. Esta información permite establecer las mejores estrategias bioclimáticas para este proyecto.
La información se complementa con el software de Weather Tool el cual permite visualizar, analizar y editar los datos meteorológicos por hora. Este proporciona una amplia gama de opciones de visualización facilitando la comprensión Ej., de rosas e viento y los diagramas de trayectoria solar.

D- VIENTOS

La dirección y velocidad de los vientos es una consideración de diseño importante en casi todos los climas. Se debe asegurar que las aberturas para ventilación se puedan cerrar en los momentos en que las temperaturas bajan, con el fin de asegurar un adecuado confort térmico.
A continuación se presenta la rosa de vientos del municipio de Villa de Leyva, con una dirección predominante de 75 grados respecto al norte y con una velocidad promedio de 15 km/h.



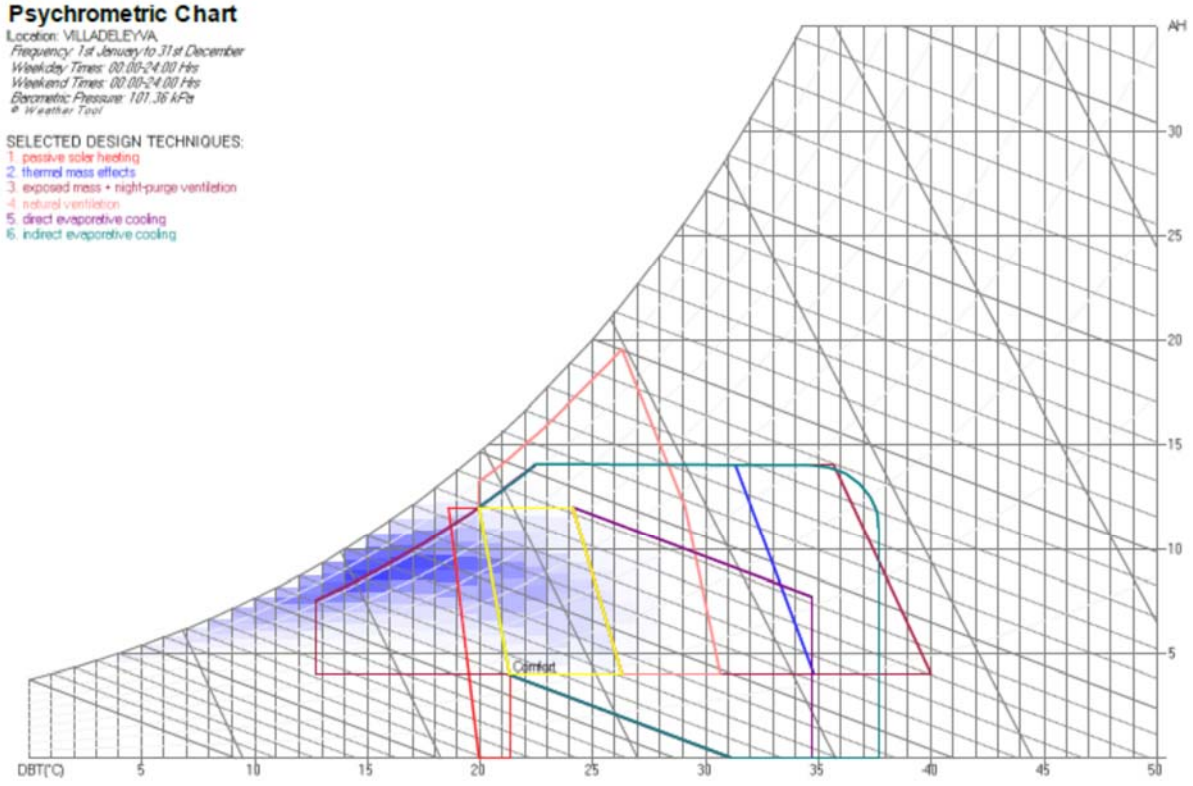
La velocidad de 15 Km/h presente en la zona, representa condiciones de viento interesantes para explorar como recurso energético de generación de energía eléctrica.

Se puede plantear un sistema adecuado para aerogeneradores de poca y media potencia que pueden ser emplazados en forma unitaria o distribuidos en planta comúnmente llamados parques eólicos o granjas eólicas, según el tipo de potencia nominal que se proyecte.





E. CARTA SICOMÉTRICA para determinar la zona de confort en Villa de Leyva Boyacá, en términos de temperatura y humedad.



Igualmente se utilizó el diagrama psicométrico de Givoni, para definir la zona de confort, la cual se establece entre los 20 °C y los 26 °C.

El polígono amarillo indica el área de confort, la neutralidad térmica donde teóricamente existe un menor número de personas insatisfechas con la sensación térmica. Este diagrama toma en cuenta variables climáticas externas (temperatura bulbo seco, temperatura bulbo húmedo, humedad relativa, humedad absoluta, presión atmosférica). Para la ciudad de Villa de Leyva Boyacá el rango está entre: temperatura máxima de 26 grados con una humedad mínima de 70% y temperatura mínima de 20 grados con una humedad máxima de 79%.

El resultado indica que es necesario en lo posible cuidar las condiciones de hermeticidad del proyecto e implementar aislamientos hacia el exterior en algunos espacios con el objetivo de aumentar la temperatura operativa (sensación térmica) al interior del proyecto (sobre todo en las zonas de primer piso) y evitar los picos de temperaturas frías que se pueden presentar en las horas de la madrugada y primeras horas de la mañana.

4. HIPÓTESIS

MODELO GEOMÉTRICO

El modelo geométrico se basa en los planos en fase de diseño con fecha del 13 de junio de 2016.

A. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

El proyecto del SENA se desarrolla en el centro urbano de la ciudad de Villa de Leyva en la Carrera 8 No 15 A-36, sector Norte de Villa de Leyva, Barrio Ricaurte, en un lote con construcción actual existente. En la actualidad en el predio funcionan aulas del Sena sede Villa de Leyva. Según el informe de avalúo comercial del predio se establece que el lote es predominantemente plano con pendientes promedio del 2 al 5%. Así mismo se informa la afectación del lote por humedad de escorrentía.



El proyecto consta de 2 edificios principales (existente y propuesto) que conforman un claustro, manejando la tipología de la zona.

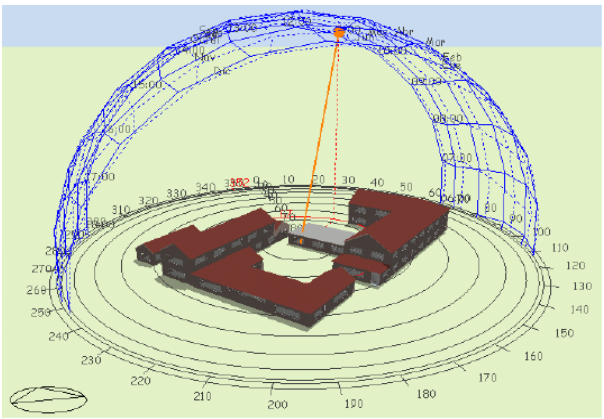


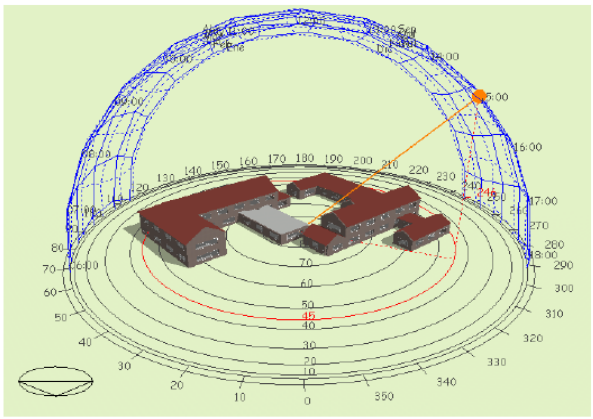
El manejo de claustro permite generar sombras en el espacio central el cual se recomienda ambientar con vegetación y fuentes de agua para invitar al uso y aumentar la humedad del ambiente.

Los volúmenes en esta tipología de claustro, se comportan como barreras de viento para mejorar confort y reducir la velocidad en las épocas de mayor impacto en la edificación.

B- MODELO GEOMÉTRICO

A continuación, se presenta el modelo en 3D del proyecto, el cual se utilizó para la realización de las modelaciones térmicas.





C- CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

A continuación se presentan las características térmicas de los componentes de la envolvente del proyecto, teniendo en cuanta que estas características corresponden a las condiciones actuales del proyecto.

Elementos de construcción	Composición muros (desde la capa externa hacia el interior)	Características térmicas
Muro exterior	Adobe (30 cm)	U=2.47 W.m-2.K-1 Densidad: 2000 kg/m3
Ventanería	Vidrio sencillo 6mm, altura=2.7m	U=5.78 W.m-2.K-1 , transmisión luminosa = 0.88 , Factor solar: 0.81
Muros divisorios	Bloque en mampostería (15cm)	U=1.81 W.m-2.K-1
Cubierta	Teja de barro (1 cm)	U=6.6 W.m-2.K-1

De acuerdo a la Resolución 0070 de 2015, el ciclo de uso anual del edificio comprende cuatro períodos académicos trimestrales con cortas pausas durante el año. En promedio, el edificio prestará atención 269 días al año.

Alistamiento de procesos y programas primer semestre	*7a1 17 de enero, inclusive*
Primer Trimestre	*19 de enero al 4 de abril, inclusive*
Segundo Trimestre	*6 de abril al 20 de junio, inclusive*
Jornada de integración para la comunidad educativa	*22 al 27 de junio, inclusive*
Elaboración y entrega de planes de mejoramiento para el siguiente semestre	*30 de junio al 1 de julio, inclusive*
Alistamiento segundo semestre	*2 al 4 de julio, inclusive*
Tercer Trimestre	*6 de julio al 26 de septiembre, inclusive*
Cuarto Trimestre	*28 de septiembre al 16 de diciembre, inclusive*
Elaboración y entrega de planes de mejoramiento para el siguiente semestre	*17 al 19 de diciembre, inclusive*

D- DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CADA UNO DE LOS ESPACIOS CONSIDERADOS

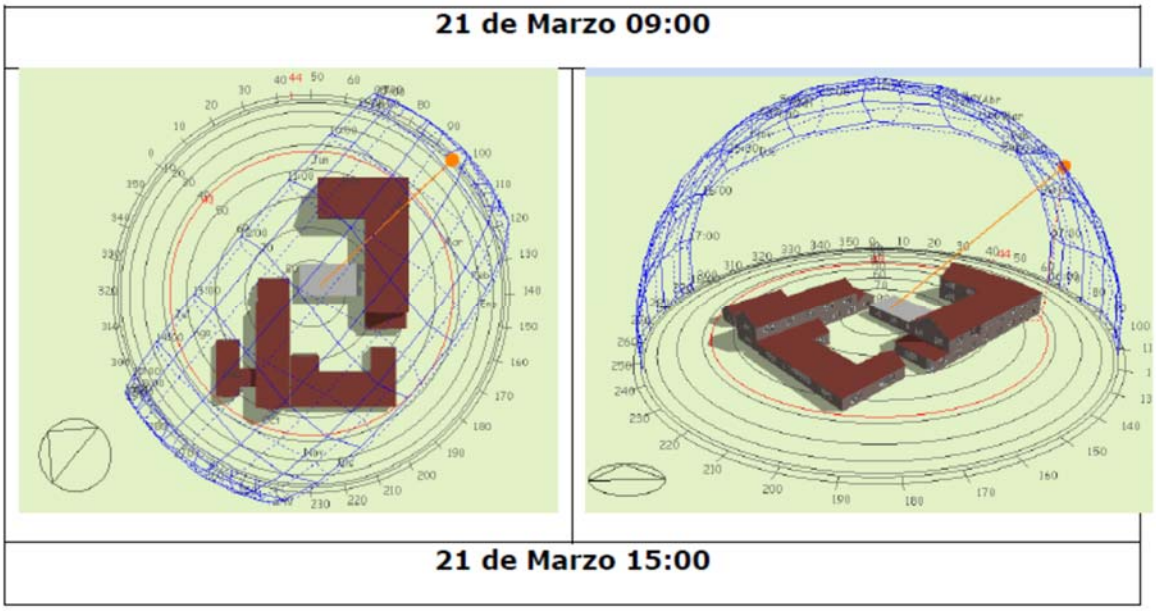
A continuación se presentan las principales hipótesis de densidad de ocupación, la tasa metabólica, el cronograma de ocupación la densidad de iluminación, el cronograma de iluminación la ventilación y otros aportes internos para cada uno de los espacios estudiados.

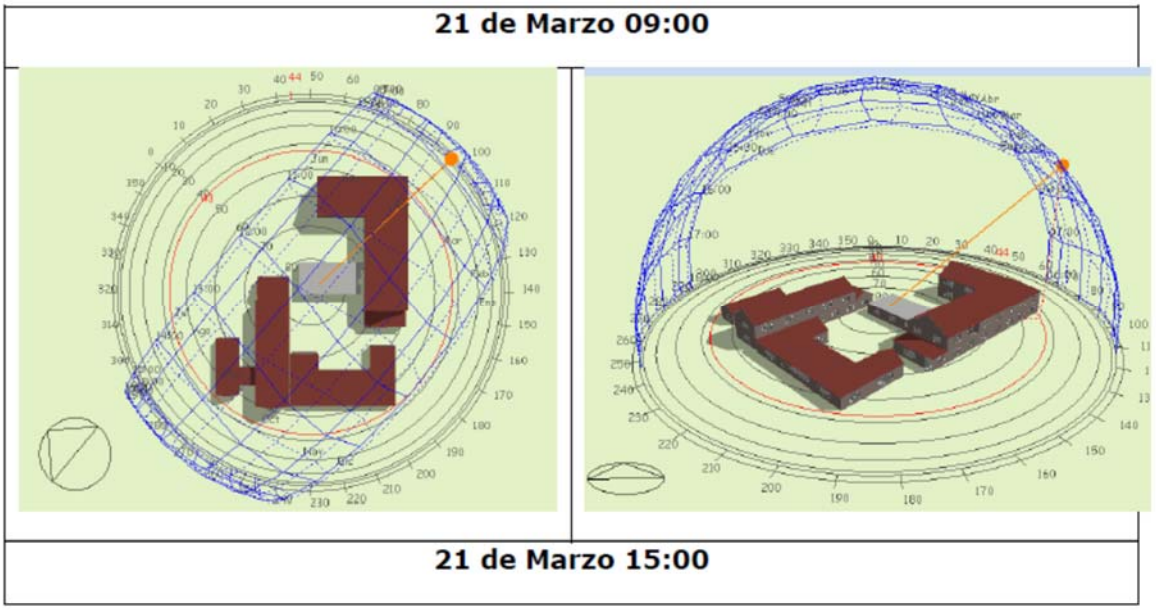
ESPACIO	DENSIDAD DE OCUPACIÓN (Personas/m2)	TASA METABÓLICA /PERSONA (W/per)	DENSIDAD DE ILUMINACIÓN	OTROS APORTES INTERNOS
Oficinas	0.103	123	13.2 W/m2	12 W/m2
Aulas	0.2017	140		1.83 W/m2
Biblioteca	0.1238	140		Ninguno
Suite	0.23	120		27.81 W/m2

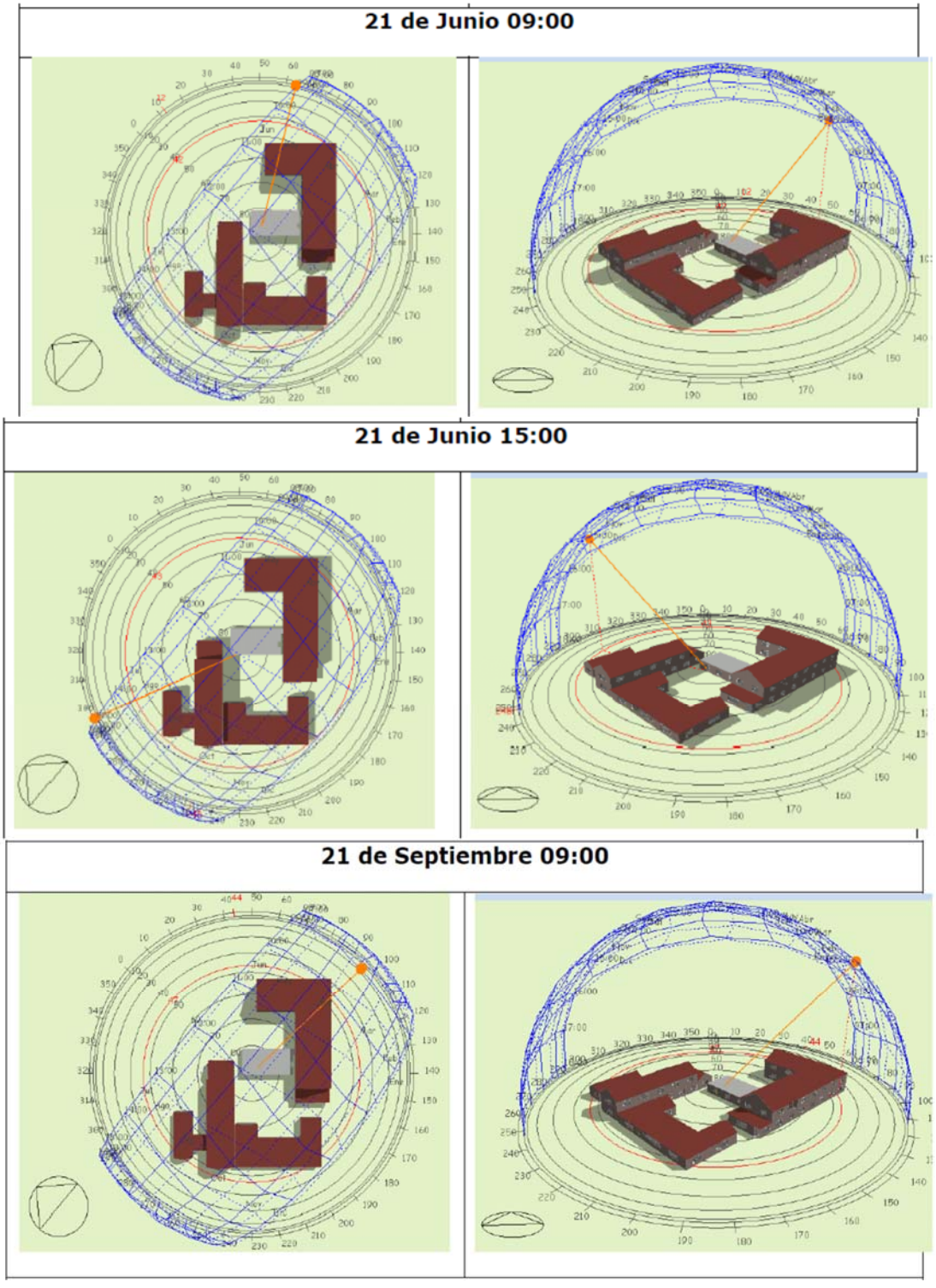
5- ANALISIS DE LAS CONDICIONES TERMICAS

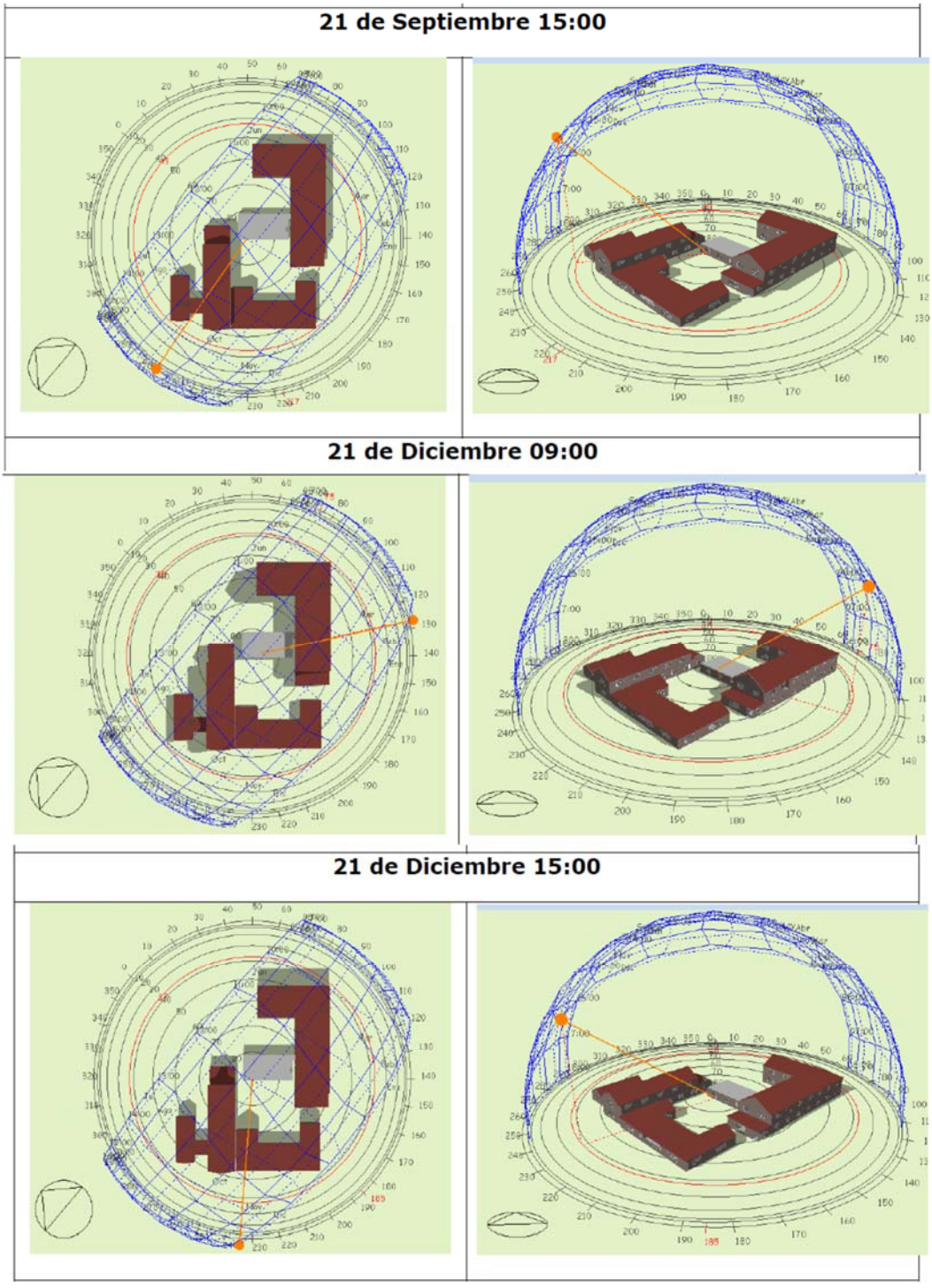
A- ANÁLISIS DE SOMBRAS

A continuación, se presenta el análisis de sombras del proyecto. Se tomó como referencia el solsticio de verano (21 de junio) el solsticio de invierno (21 de diciembre) el equinoccio de primavera (21 de Marzo) y el equinoccio de otoño (21 de Septiembre), en las horas de la mañana (09:00) y en las horas de la tarde (15:00).





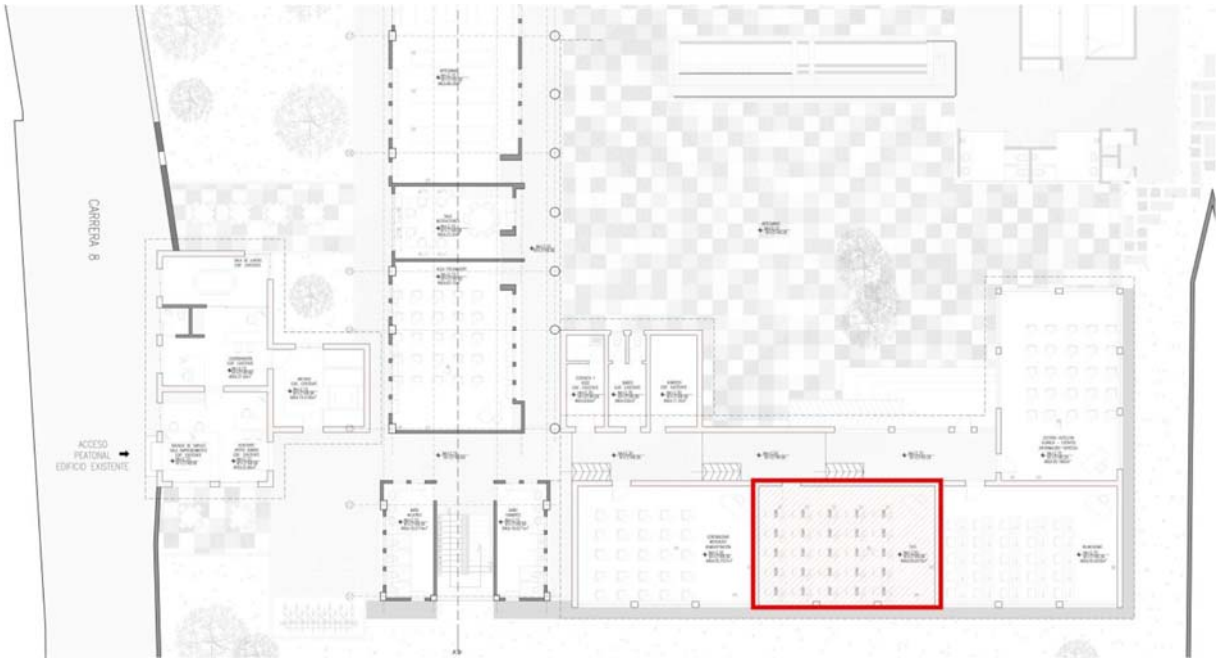

21 de Junio 09:00
21 de Junio 15:00
21 de Septiembre 09:00


21 de Septiembre 15:00
21 de Diciembre 09:00
21 de Diciembre 15:00

Para control de la radiación solar en las fachadas este y oeste se recomienda el manejo de elementos que generen control solar y sombra mediante la utilización de quiebrasoles, voladizos, y elementos captores de luz indirecta para protección de la exposición al sol poniente (occidente).

B- COMPORTAMIENTO TERMICO Y LUMINICO ANALISIS Y RESULTADOS AULAS

Con el objetivo de analizar y optimizar el comportamiento térmico y lumínico de las aulas, se va a trabajar de forma paramétrica sobre una aula tipo, la cual corresponde a la aula denominada “TICS” ubicada en el primer piso, sobre la fachada sur-occidental.



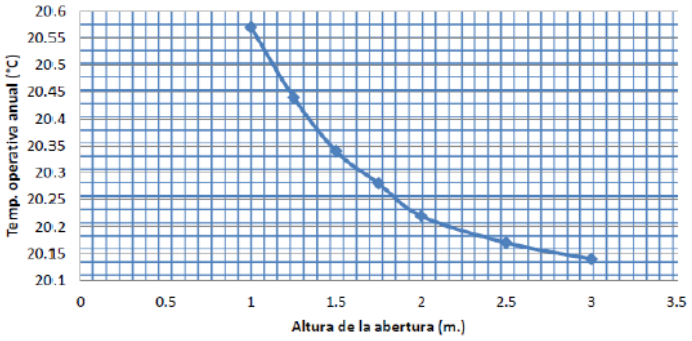
En un principio se va a analizar el comportamiento de la iluminación natural para diferentes diseños de aberturas. Se van a analizar aberturas corridas con diferentes alturas. Los tamaños de las alturas de las aberturas son los siguientes:

1. Abertura corrida con altura de 3 m.
2. Abertura corrida con altura de 2.5 m.
3. Abertura corrida con altura de 2 m.
4. Abertura corrida con altura de 1.75 m.
5. Abertura corrida con altura de 1.5 m.
6. Abertura corrida con altura de 1.25 m.
7. Abertura corrida con altura de 1 m.

Se realizó un estudio de iluminación natural, para cada una de las composiciones de abertura presentadas anteriormente, sobre un plano de trabajo a 75 cm. sobre el nivel del piso y bajo condiciones de un cielo nublado (10000 lux).

A continuación presentamos los resultados del factor de luz día promedio de cada uno de las composiciones.

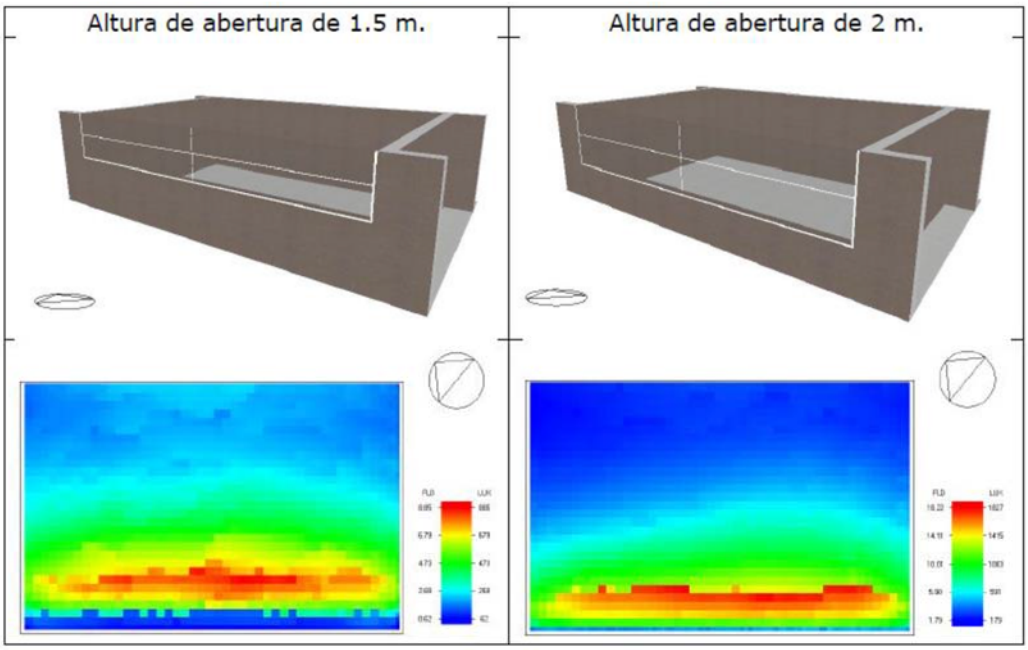
Composición	Altura de la abertura (m.)	Temperatura operativa anual (°C)
1	3	20.14
2	2.5	20.17
3	2	20.22
4	1.75	20.28
5	1.5	20.34
6	1.25	20.44
7	1	20.57



Igualmente graficamos estos datos, con el objetivo de analizar el comportamiento de la iluminación natural al interior, respecto al tamaño de las aberturas.

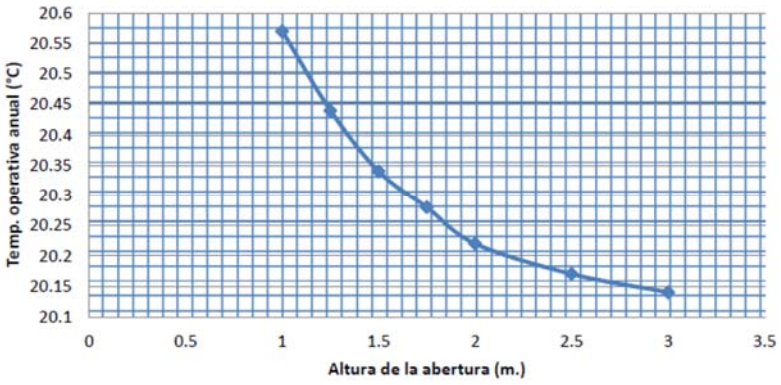
Al analizar los resultados y teniendo en cuenta que para una aula se recomienda como mínimo un factor de luz día de 3.5 %, el tamaño óptimo de la altura de la abertura, está entre los 1.5 m. y los 2 m. Por debajo de los 1.5 m. la iluminación natural es muy baja, y se necesitaría el apoyo de iluminación artificial durante los días opacos para garantizar una adecuada iluminación natural. Al mismo tiempo por encima de los 2m. el cambio en la iluminación natural al interior se mantiene de forma constante como se observa en la gráfica anterior.

Con el objetivo de presentar a los diseñadores una aproximación del comportamiento de la iluminación natural para las aberturas planteadas, a continuación se ilustran los resultados de la iluminación natural, para el rango de la altura de la abertura sugerido (entre los 1.5 m. y 2m.)

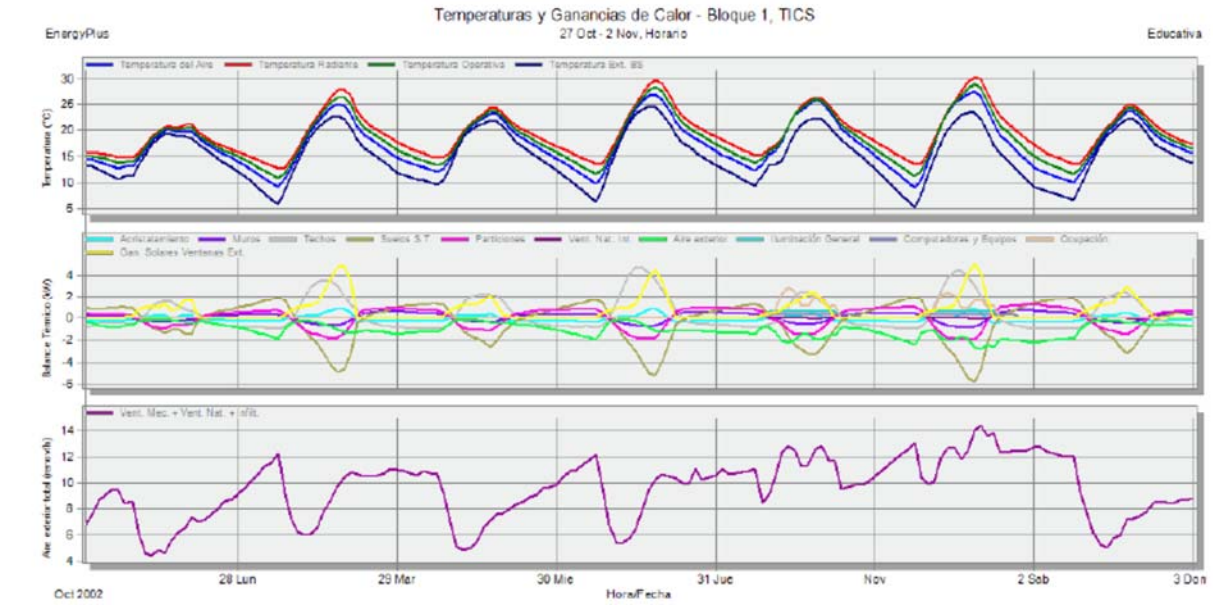


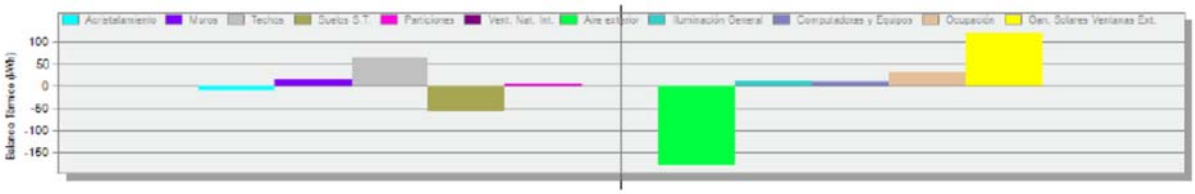
Igualmente, con el objetivo de analizar el comportamiento térmico del aula tipo, se simularon anualmente las diferentes composiciones planteadas anteriormente. A continuación se presentan los resultados de las simulaciones térmicas dinámicas, para cada uno de los espacios. Se utilizó como valor de comparación el del valor promedio anual de la temperatura operativa (sensación térmica).
La temperatura de confort para la ciudad de Villa de Leyva, basándonos en el cuadro psicométrico de Givoni, corresponde al rango establecido entre los 20°C y los 26°C.

Composición	Altura de la abertura (m.)	Temperatura operativa anual (°C)
1	3	20.14
2	2.5	20.17
3	2	20.22
4	1.75	20.28
5	1.5	20.34
6	1.25	20.44
7	1	20.57



De la misma forma, graficamos estos datos, con el objetivo de analizar el comportamiento del confort térmico al interior, respecto al tamaño de las aberturas.
Todos los espacios analizados se encuentran sobre la zona de confort establecida (por encima de los 20 °C). Sin embargo se observa un aumento en la temperatura operativa a medida que se disminuye la del tamaño de las aberturas. Los mayores cambios se dan cuando la altura de la abertura es menor a los 1.5 m. Por esta razón y teniendo en cuenta los resultados de iluminación natural, se recomienda que la altura de la abertura esté entre los 1.5 m. y 2 m.
A continuación se presenta el comportamiento de la temperatura operativa y del balance térmico anual y durante la semana más fría del año, comprendida entre el 27 de octubre y el 2 de noviembre.



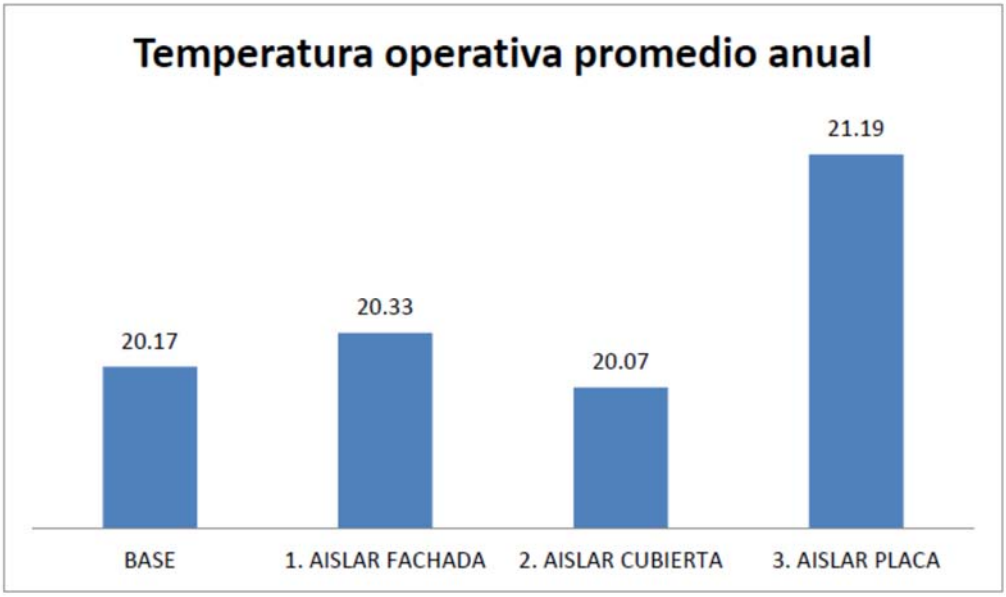


Al analizar el balance térmico se pude observar que las mayores pérdidas, se da por el aire exterior. Esto quiere decir que se tiene que garantizar una ventilación natural al interior del proyecto, pero limitando la cantidad de aire exterior, en otras palabras todas las aperturas del proyecto deben ser operables.
Con el objetivo de aumentar la temperatura operativa al interior del espacio analizado, pues esta se encuentra en el límite inferior de la zona de confort, y se pueden llegar a presentar horas frías, sobre todo en las primeras horas de la mañana se analizarán, la inclusión de un aislante de la cubierta, fachada y placa de contrapiso, con el fin de optimizar las condiciones térmicas al interior del proyecto.

Se va analizar el caso de la abertura corrida con una altura de 2 m.
Los escenarios simulados fueron los siguientes:

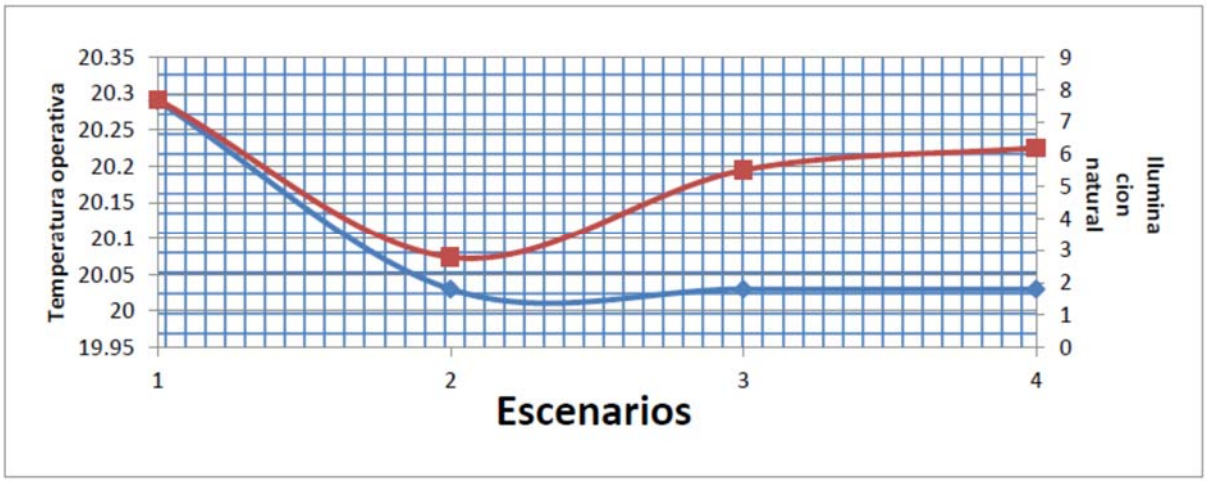
1. Asilar fachada, 5 cm. de aislante tipo Frescasa al interior de la fachada.
2. Asilar cubierta, 5 cm. de aislante tipo Frescasa al interior de la cubierta.
3. Asilar placa contrapiso, 5 cm. de aislante tipo poliestireno expandido (icopor) a la parte superior o inferior de la placa de contrapiso.

A continuación presentamos los resultados de los escenarios simulados:



De los anteriores resultados se puede observar que no hay una influencia favorable o considerable al aislar la fachada o la cubierta. Sin embargo, al aislar la placa de contrapiso, solamente con 5 cm de poliestireno se alcanza un aumento considerable en la temperatura operativa promedio anual, alcanzando un aumente de aproximadamente 1 °C. Por esta razón, se recomienda aislar la placa de contrapiso con el objetivo de optimizar el confort al interior del proyecto.

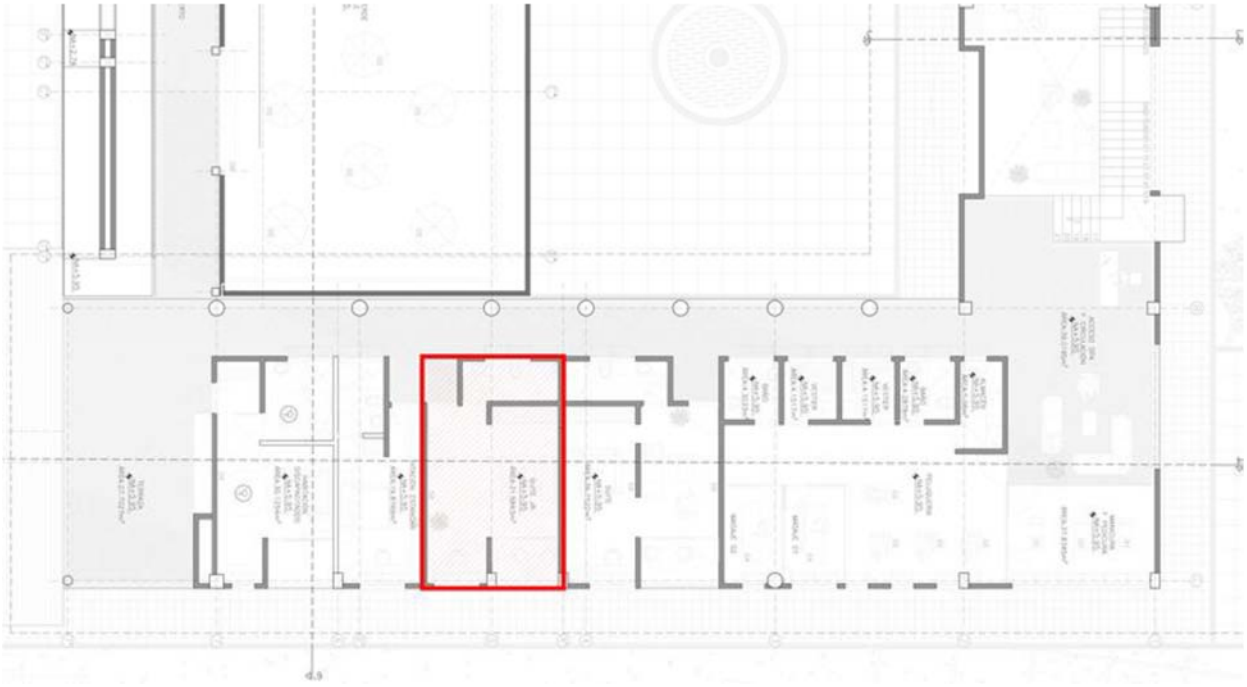
Adicionalmente, el vidrio considerado en el estudio anterior es un vidrio sencillo, de 6mm, con una transmisión luminosa de 88% y un factor solar del 81%. Con el objetivo de optimizar las condiciones de iluminación natural y el confort térmico al interior del proyecto, se va a simular diferentes tipos de vidrio.
Se consideró las siguientes 4 opciones:
1. La base: vidrio sencillo de 6mm, de 2.7m de altura con las propiedades antes detalladas.
2. Cambiar el vidrio sencillo por un vidrio laminado de 4+4 con PVB, con las siguientes características: Transmisión luminosa, 38%, factor solar, 43%, U=5.6W/m²/K
3. Cambiar el vidrio sencillo por un vidrio laminado de 6+6 con PVB, con las siguientes características: Transmisión luminosa, 67%, factor solar, 43%, U=5.5W/m²/K
4. Cambiar el vidrio sencillo por un vidrio con cámara de aire de 6+12+6, con las siguientes características: Transmisión luminosa, 71%, factor solar, 43%, U=1.8W/m²/K
Se va analizar el caso de la abertura corrida con una altura de 2 m. A continuación, presentamos los resultados de los escenarios simulados:



Teniendo en cuenta que la mayoría de aportes se dan a través de la ventanería, se puede observar que se alcanzan mayores temperaturas para el escenario 1, el base, a través de la utilización de un vidrio sencillo. Por tal razón se recomienda la utilización de un vidrio sencillo con las siguientes características: U=5.78 W.m-2.K-1 , transmisión luminosa = 0.88 , Factor solar: 0.81.

B - ANALISIS Y RESULTADOS SUITE O HABITACION

Con el objetivo de analizar y optimizar el comportamiento térmico y lumínico de las zonas de alojamiento, se va a trabajar de forma paramétrica sobre una suite tipo, la cual corresponde a la suite junior ubicada en el segundo piso, sobre la fachada nor-oriental.



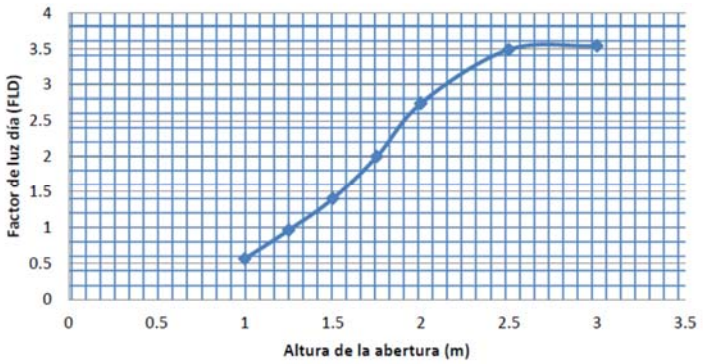
En un principio se va a analizar el comportamiento de la iluminación natural para diferentes diseños de aberturas. Se van a analizar aberturas corridas con diferentes alturas, en la fachada exterior, como en la fachada que da contra el balcón. Los tamaños de las alturas de las aberturas son los siguientes:

1. Abertura corrida con altura de 3 m.
2. Abertura corrida con altura de 2.5 m.
3. Abertura corrida con altura de 2 m.
4. Abertura corrida con altura de 1.75 m.
5. Abertura corrida con altura de 1.5 m.
6. Abertura corrida con altura de 1.25 m.
7. Abertura corrida con altura de 1 m.

Se realizó un estudio de iluminación natural, para cada una de las composiciones de abertura presentadas anteriormente, sobre un plano de trabajo a 75 cm. sobre el nivel del piso y bajo condiciones de un cielo nublado (10000 lux).

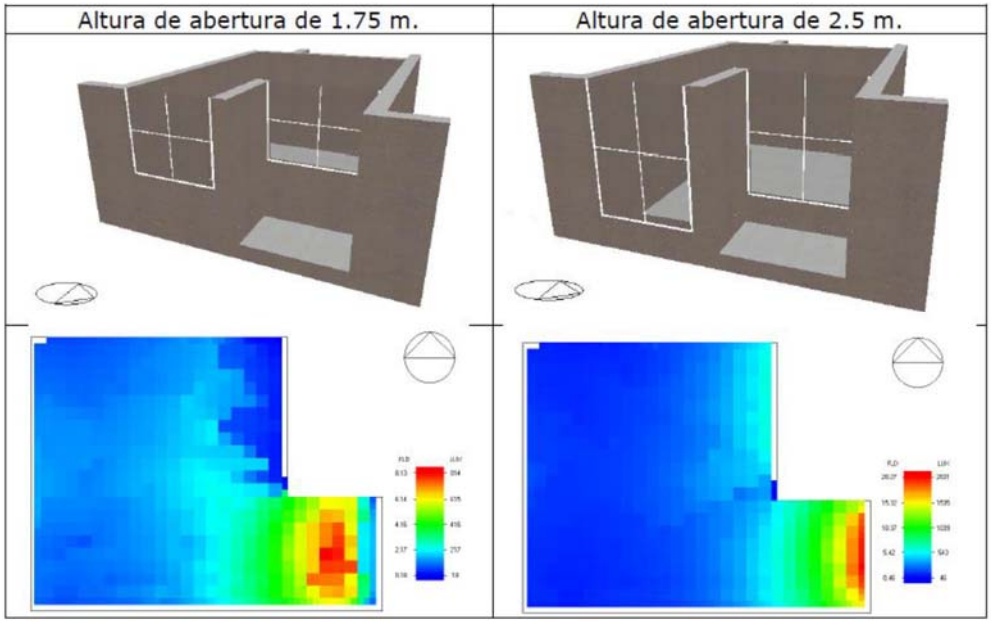
A continuación, presentamos los resultados del factor de luz día promedio de cada uno de las composiciones.

Composición	Altura de la abertura (m.)	Iluminación natural (FLD)
1	3	3.54
2	2.5	3.49
3	2	2.74
4	1.75	2
5	1.5	1.4
6	1.25	0.96
7	1	3.54



Igualmente graficamos estos datos, con el objetivo de analizar el comportamiento de la iluminación natural al interior, respecto al tamaño de las aberturas.

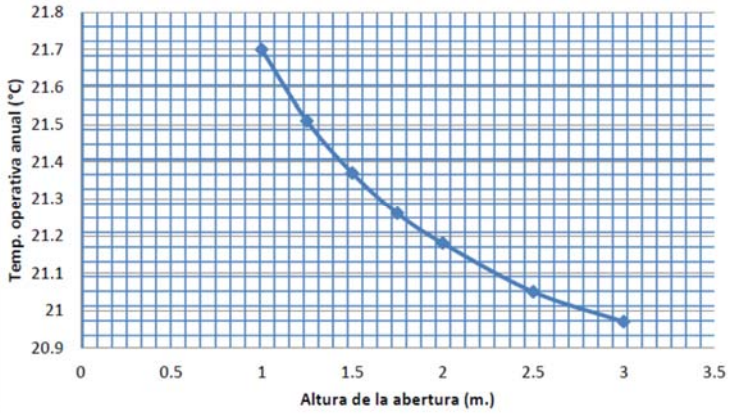
Al analizar los resultados y teniendo en cuenta que para una habitación se recomienda como mínimo un factor de luz día de 2%, el tamaño óptimo de la altura de la abertura, está entre los 1.75 m. y los 2.5 m. Por debajo de los 1.75 m. la iluminación natural es muy baja, y se necesitaría el apoyo de iluminación artificial durante los días opacos para garantizar una adecuada iluminación natural. Al mismo tiempo por encima de los 2.5 m. el cambio en la iluminación natural al interior se mantiene de forma constante como se observa en la gráfica anterior.
Con el objetivo de presentar a los diseñadores una aproximación del comportamiento de la iluminación natural para las aberturas planteadas, a continuación, se ilustran los resultados de la iluminación natural, para el rango de la altura de la abertura sugerido (entre los 1.75 m. y 2.5 m.)



Igualmente, con el objetivo de analizar el comportamiento térmico del aula tipo, se simularon anualmente las diferentes composiciones planteadas anteriormente. A continuación se presentan los resultados de las simulaciones térmicas dinámicas, para cada uno de los espacios. Se utilizó como valor de comparación el del valor promedio anual de la temperatura operativa (sensación térmica).

La temperatura de confort para la ciudad de Villa de Leyva, basándonos en el cuadro psicométrico de Givoni, corresponde al rango establecido entre los 20°C y los 26°C.

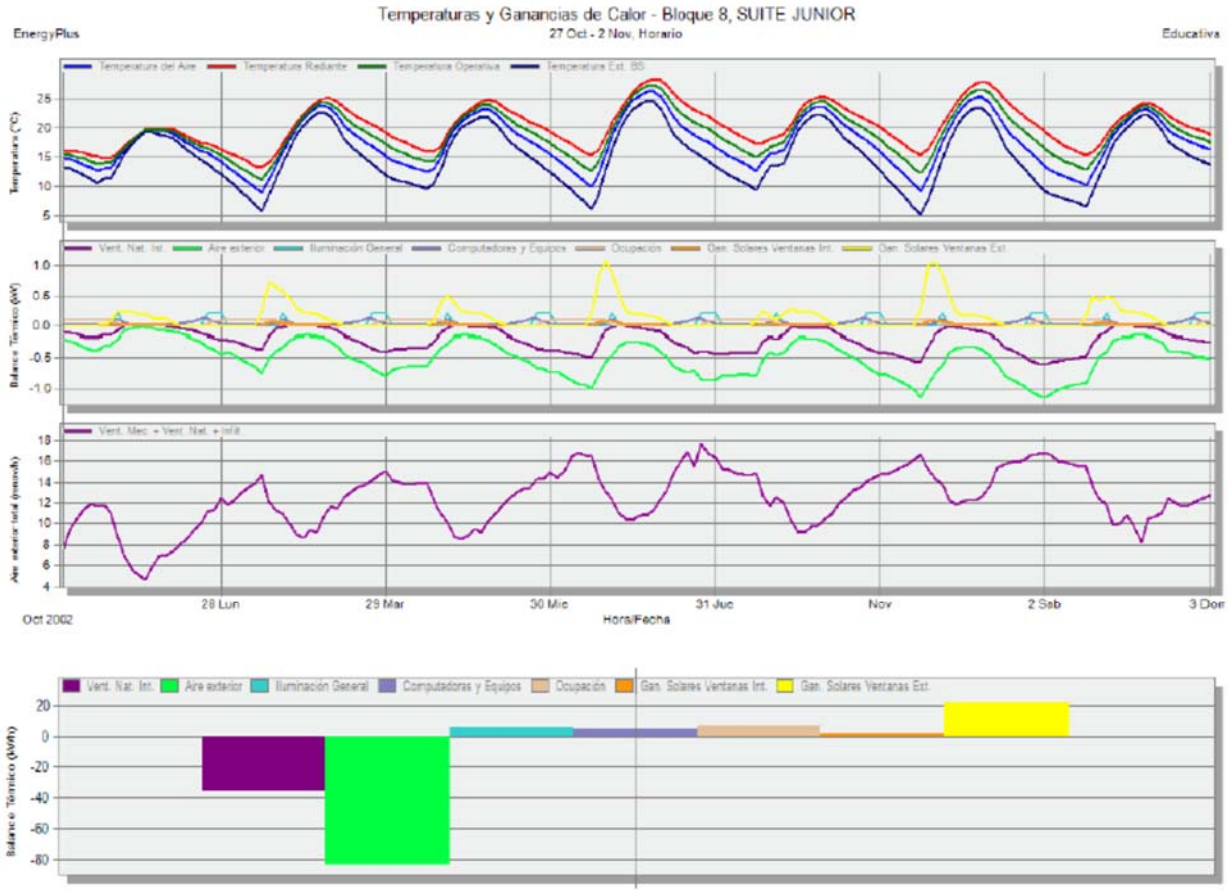
Composición	Altura de la abertura (m.)	Temperatura operativa anual (°C)
1	3	20.97
2	2.5	21.05
3	2	21.18
4	1.75	21.26
5	1.5	21.37
6	1.25	21.51
7	1	21.7



Todos los espacios analizados se encuentran sobre la zona de confort establecida (por encima de los 20 °C). Sin embargo, se observa un aumento en la temperatura operativa a medida que se disminuye la del tamaño de las aberturas. Los mayores cambios se dan cuando la altura de

la abertura es menor a los 1.75 m. Por esta razón y teniendo en cuenta los resultados de iluminación natural, se recomienda que la altura de la abertura para suites esté entre los 1.75 m. y 2.5 m.

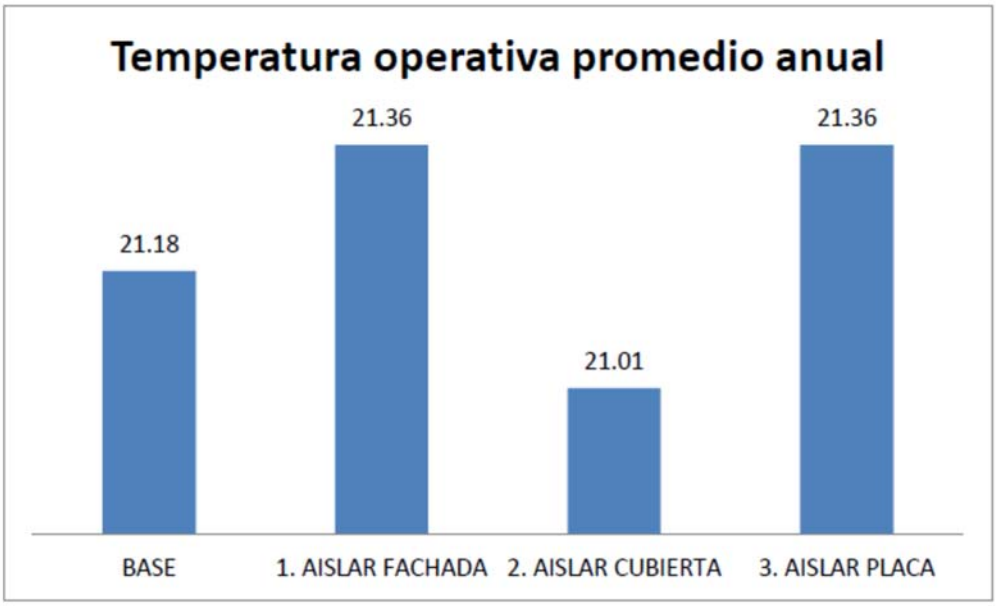
A continuación, se presenta el comportamiento de la temperatura operativa y del balance térmico anual y durante la semana más fría del año, comprendida entre el 27 de octubre y el 2 de noviembre.



Al analizar el balance térmico se pude observar que las mayores pérdidas, se dan por el aire exterior. Esto quiere decir que se tiene que garantizar una ventilación natural al interior del proyecto, pero limitando la cantidad de aire exterior, en otras palabras todas las aperturas del proyecto deben ser operables y tener mayor atención en la hermeticidad de la ventanería a instalar.

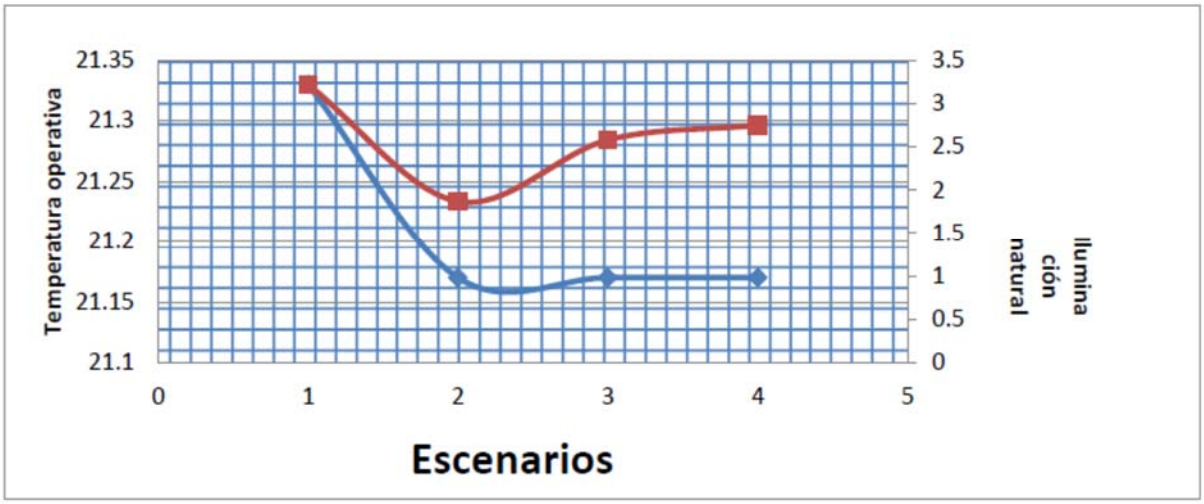
Con el objetivo de aumentar la temperatura operativa al interior del espacio analizado, pues esta se encuentra en el límite inferior de la zona de confort, y se pueden llegar a presentar horas frías, sobre todo en las primeras horas de la mañana y en la madrugada (teniendo en cuenta los horarios de ocupación) se analizarán, la inclusión de un aislante de la cubierta,

fachada y placa de contrapiso, con el fin de optimizar las condiciones térmicas al interior del proyecto. Se va analizar el caso de la abertura corrida con una altura de 2 m
Los escenarios simulados fueron los siguientes:
1. Asilar fachada, 5 cm. de aislante tipo Frescasa al interior de la fachada.
2. Asilar cubierta, 5 cm. de aislante tipo Frescasa al interior de la cubierta.
3. Asilar placa contrapiso, 5 cm. de aislante tipo poliestireno expandido (icopor) a la parte superior o inferior de la placa de contrapiso.
A continuación, presentamos los resultados de los escenarios simulados:



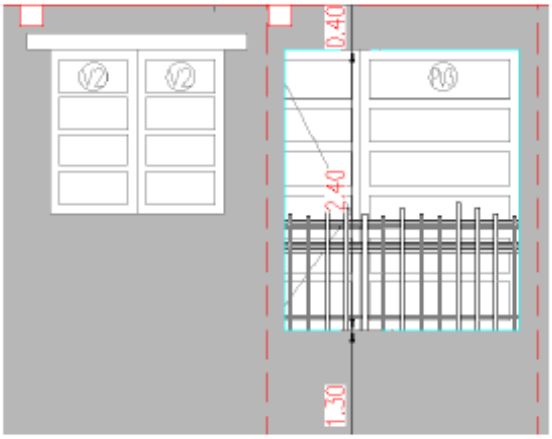
De los anteriores resultados se puede observar que no hay una influencia favorable o considerable al aislar la cubierta. Sin embargo, al aislar la placa de contrapiso y la fachada, solamente con 5 cm de poliestireno expandido o 5 cm de frescasa, se alcanza un aumento de la temperatura operativa promedio anual, aunque el aumento no es considerable (solamente 0.18°C). Por esta razón, no se recomienda asilar las zonas de alojamiento.
Adicionalmente, el vidrio considerado en el estudio anterior es un vidrio sencillo, de 6mm, con una transmisión luminosa de 88% y un factor solar del 81%. Con el objetivo de optimizar las condiciones de iluminación natural y el confort térmico al interior del proyecto, se va a simular diferentes tipos de vidrio.
Se consideró las siguientes 4 opciones:
1. La base: vidrio sencillo de 6mm, de 2.7m de altura con las propiedades antes detalladas.
2. Cambiar el vidrio sencillo por un vidrio laminado de 4+4 con PVB, con las siguientes características: Transmisión luminosa, 38%, factor solar, 43%, U=5.6W/m²/K
3. Cambiar el vidrio sencillo por un vidrio laminado de 6+6 con PVB, con las siguientes características: Transmisión luminosa, 67%, factor solar, 43%, U=5.5W/m²/K

4. Cambiar el vidrio sencillo por un vidrio con cámara de aire de 6+12+6, con las siguientes características: Transmisión luminosa, 71%, factor solar, 43%, U=1.8W/m²/K
Se va analizar el caso de la abertura corrida con una altura de 2 m. A continuación, presentamos los resultados de los escenarios simulados:

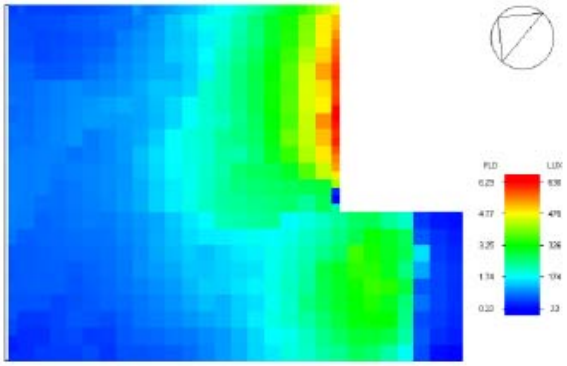


Teniendo en cuenta que la mayoría de aportes se dan a través de la ventanería, se puede observar que se alcanzan mayores temperaturas para el escenario 1, el base, a través de la utilización de un vidrio sencillo. Por tal razón se recomienda la utilización de un vidrio sencillo con las siguientes características: U=5.78 W.m-2.K-1 , transmisión luminosa = 0.88 , Factor solar: 0.81.
SUITE FINAL

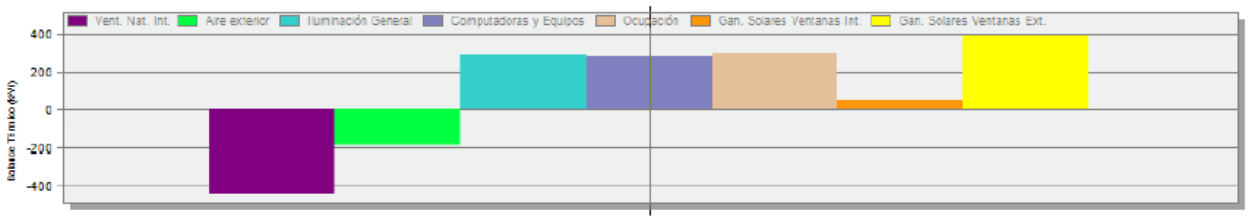
A continuación, se presenta el comportamiento de las zonas de alojamiento, tal cual quedaron diseñadas, las cuales corresponden a una ventana de altura de 1.4 m y una puerta ventana de altura de 2.4 m.



El comportamiento de la iluminación natural, bajo las mismas hipótesis planteadas anteriormente corresponde a un Factor de Luz Día FLD de 2.39. Teniendo en cuenta que para una habitación se recomienda como mínimo un factor de luz día de 2%, la iluminación natural de la configuración final es óptima.



Igualmente, con el objetivo de analizar el comportamiento térmico del alojamiento tipo finalmente diseñado, se simuló anualmente la composición planteada anteriormente. A continuación, se presenta el resultado de la simulación térmica dinámica, para el alojamiento tipo. Se utilizó como valor de comparación el del valor promedio anual de la temperatura operativa (sensación térmica).



La temperatura promedio anual al interior del alojamiento tipo corresponde a 21.5°C.
La temperatura de confort para la ciudad de Villa de Leyva, basándonos en el cuadro psicométrico de Givoni, corresponde al rango establecido entre los 20°C y los 26°C. esto quiere decir que, con la nueva configuración de la suite, la zona se encuentra en la zona de confort.

CONCLUSIONES

 -Se analizaron las variables de aislar las fachadas y/o la cubierta. Sin embargo, la incidencia de alguna de estas dos variables es muy baja en las condiciones de confort térmico interno, y por esta razón no se recomienda la implementación de alguna de estas estrategias.
 -Se recomienda aislar la parte superior o inferior de la placa de contrapiso del primer piso. Utilizando como mínimo 5 cm. de aislante de alta densidad tipo poliestireno expandido (Icopor), o aislante en poliuretano de 3cm de espesor. Esto con el objetivo de aumentar la temperatura operativa (sensación térmica) al interior del proyecto (sobre todo en las zonas de primer piso) y evitar los picos de temperaturas frías que se pueden presentar en las horas de la madrugada y primeras horas de la mañana.
 -Teniendo en cuenta que la mayor cantidad de pérdidas se da a través del aire externo, se recomienda en lo posible cuidar las condiciones de hermeticidad del proyecto. Al mismo tiempo, se recomienda que todas las aberturas del proyecto sean operables y en lo posible de cierre hermético, con el fin de disminuir las pérdidas que se puedan dar a través de las infiltraciones.
 -Basándonos en los resultados de las simulaciones, y sobre todo en el balance térmico, en donde se observan las ganancias generadas a través de la ventanería por la radiación solar directa e indirecta, se recomienda en todas las zonas del proyecto utilizar un vidrio sencillo con las siguientes características: U=5.78 W.m-2.K-1, transmisión luminosa = 0.88 , Factor solar: 0.81.
 -Con el objetivo de garantizar y optimizar las condiciones de confort visual (iluminación natural), así como las de confort térmico, se recomienda para los espacios de aulas y biblioteca que el tamaño de las aberturas translucidas sea el siguiente: abertura corrida con una altura comprendida entre los 1.5 m. y 2 m. (tomada desde la parta superior), estas dimensiones corresponden a áreas netas.
 -Con el objetivo de garantizar y optimizar las condiciones de confort visual (iluminación natural), así como las de confort térmico, se recomienda para los espacios de alojamientos y oficinas que el tamaño de las aberturas translucidas sea el siguiente: abertura corrida con una

altura comprendida entre los 1.75 m. y 2.5 m. (tomada desde la parta superior), estas dimensiones corresponden a áreas netas.
 -La nueva configuración de la suite se encuentra dentro de los límites aceptables de confort térmico y confort visual. Por tal razón desde el punto de vista bioclimático, esta nueva configuración no presenta ningún inconveniente.

6. PROPUESTAS TÉCNICAS PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL PROYECTO

A manera de recomendación, se plantea implementar en el diseño las siguientes opciones para la eficiencia energética.

CUBIERTA VERDE Planteada en el área de la cancha múltiple, la cubierta se plantea no solo por su efecto paisajístico, por permitir reducir los picos de temperatura en esta zona sino porque se puede incorporar con el sistema de aprovechamiento de aguas lluvias y se reduce el caudal de escorrentia urbana, evitando anegamientos. Se recomienda instalar una cubierta extensiva, por su bajo o nulo mantenimiento, plantando vegetación trepadora típica nativa de la región (bugambilia, curuba, hiedra, entre otras). La Cubierta verde ofrece la ventaja de retener hasta el 90% del agua lluvia y genera un jardín exterior que mantiene el paisaje original. Teniendo en cuenta que los lados más largos de la cancha son los más expuestos a la radiación solar de la tarde y en aras también del control de la lluvia indirecta por acción de los vientos, (principalmente en sentido se puede plantear cerramientos vivos con la malla electrosoldada, listones en madera y guías en nylon que fomenten y permitan el crecimiento de vegetación trepadora típica de la región. Estas a su vez controlan la brisa, son barreras de lluvia con viento y simulan los patrones de sombra naturales reduciendo la radiación solar hasta en un 70%, pero conservando altos niveles de iluminación. Se recomienda complementar el diseño arquitectónico con un diseño de paisajismo que permita una integración.

CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS Aunque el acumulado de la precipitación no es significativo en Villa de Leyva a lo largo del año, en aras de generar una cultura de racionalización y optimización del consumo de agua, se plantea la recomendación de incorporar un sistema de recolección de agua lluvia en las cubiertas del proyecto para destinarlo a uso de riego de jardines y para realizar el aseo de superficies exteriores de circulación, fachadas y otros usos que no requieran agua potable. Adicionalmente estas aguas lluvias pueden destinarse alimentar fuentes ornamentales que aumenten la humedad del aire, y redirigir las aguas de escorrentía del proyecto.

DOMOTICA En cuanto a la aplicación de domótica, se recomiendan sensores de ocupación y movimiento para los principales espacios de circulación y baños para obtener ahorros en el consumo.

ANEXOS

FUENTES CONSULTADAS PARA DETERMINAR EL CLIMA PARA LA SIMULACIÓN:
Datos software Meteonorm
Datos software de Weather Tool
Fuente PRINCIPAL: IDEAM Villa de Leyva
http://bart.ideam.gov.co/cliciu/rosas/viento.htm
http://bart.ideam.gov.co/cliciu/tunja/precipitacion.htm
http://www.upme.gov.co/Docs/MapaViento/CAPITULO1.pdf
http://bart.ideam.gov.co/cliciu/tunja/temperatura.htm

- FIN DEL DOCUMENTO -