

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE HUMANIDADES Y BELLAS ARTES
DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA Y DISEÑO.
PROGRAMA DE ARQUITECTURA

“Propuesta en el manejo y adaptación de confort lumínico en edificios educativos y vivienda en el clima cálido seco”



**TESIS
PROFESIONAL PARA OBTENER EL TITULO DE
ARQUITECTO.**

PRESENTA:
NAVARRO MEDINA JULIO CESAR.

EXP.: 203202473

DIRECTOR:
DRA. MARÍA GUADALUPE ALPUCHE CRUZ.

ASESORES:
M. EN ARQ. MARÍA ELSA ITURBE BONILLA.
ING. HERIBERTO ENCINAS VELARDE

HERMOSILLO, SONORA.

JUNIO 2013.

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	5
OBJETIVO GENERAL.....	6
OBJETIVOS PARTICULARES.....	7
METODOLOGÍA.....	8
CAPITULO 1. Antecedentes de iluminación natural.....	7
1.1 Conceptos físicos de iluminación natural en espacios Arquitectónicos.....	10
1.1.1 Iluminación natural.....	10
1.1.2 Conceptos de iluminación.....	11
1.1.2.1 Iluminación.....	11
1.1.2.2 Dirección.....	12
1.1.2.3 Deslumbramiento.....	13
1.2 Conceptos lumínicos en espacios arquitectónicos.....	14
1.2.1 Iluminación natural y confort visual.....	14
1.2.2 Parámetros lumínicos.....	15
1.2.2.1 Niveles de iluminación y distribución de la iluminación.....	18
1.2.2.2 Contraste.....	19
1.2.3 Sistemas de Iluminación Natural.....	20
1.2.3.1 Los Componentes de Paso.....	20
1.2.3.2 Componentes de conducción de Luz.....	21
1.2.3.3 Elementos de Control.....	22
1.2.4 Función de las ventanas en la iluminación Natural.....	25
Conclusiones Del Capitulo.....	27
CAPITULO 2. Casos de estudio evaluados anteriormente.....	28
2.1. Aprovechamiento de la iluminación natural en edificios escolares en	

Tucumán Buenos Aires.....	28
2.2 Mejoras en el diseño lumínico de los edificios CAPFCE en universidad de sonora Hermosillo Sonora.....	32
2.3 Diseño De Un Asentamiento Humano En Una Zona Rural Del Oasis Norte De Mendoza – Argentina.....	35
Conclusiones Del Capitulo.....	41
CAPITULO 3. Análisis Climático de la región de estudio (cálido-seco).....	42
3.1 Temperatura del Ambiente.....	42
3.2 Humedad Relativa.....	43
3.3 Radiación Solar.....	44
3.4 Vientos.....	45
3.5 Grafica solar equidistante.....	46
3.6 Diagrama Bioclimático de Olgyay.....	47
Conclusiones Del Capitulo.....	49
CAPITULO 4. Selección de los casos de estudio y programas de simulación.....	50
4.2.-Edificio Educativo	50
4.1 Casa habitación.....	56
4.3.- Programas de simulación.....	59
4.3.1 DesignBuilder Software.....	59
4.3.2 Programa de simulación: ECOTECT.....	62
4.4. Equipo utilizado.....	64
Conclusiones Del Capitulo.....	66
CAPITULO 5. Análisis de los resultados de casos de estudio.....	67
5.1 Edificio Educativo tipo CAPFCE.....	67
5.1.1 Recomendaciones de Estrategias de Diseño Lumínico	73
5.2 Casa Habitación.....	81
5.2.1 Recomendaciones Lumínicas Para Casa Habitación.....	86
Conclusiones Del Capitulo.....	93

CAPITULO 6.Recomendación de las estrategias de diseño lumínico.....	94
6.1 Aberturas con orientación al norte.....	95
6.2 Aberturas con orientación al poniente.....	99
6.3 Aberturas con orientación al sur.....	103
6.4 Detalles Arquitectónicos.....	105
Conclusiones Del Capitulo.....	108
CONCLUSIONES.....	109
BIBLIOGRAFÍA.....	111

INTRODUCCIÓN.

El tema a tratar en este documento es una propuesta en el diseño arquitectónico que abarca aspectos de iluminación natural, llevabando el título de *“Propuesta en el manejo y adaptación de confort lumínico en edificios educativos y vivienda en el clima cálido seco”* .Este proyecto surge de la preocupación por constatar cómo los diseños arquitectónicos de edificios educativos y vivienda se construyen sin tomar en cuenta algunas variables, como lo es la iluminación natural.

En algunas edificaciones se presentan materiales los cuales no podrían ser adecuados para la protección de éstas variables climáticas, por lo que surge el interés de realizar un documento que proporcione respuestas claras y precisas al problema de la iluminación natural con el adecuado uso de materiales para el tipo de clima que tenemos en Hermosillo y puede ser útil tanto a los profesionistas, para su consulta rápida y su aplicación, así como a los estudiantes de arquitectura y su aprendizaje en el manejo de los elementos que optimicen la iluminación natural y su confort.

En cuanto al contenido de este documento, en el primer capítulo se realiza un análisis de los antecedentes de la iluminación natural y se revisan algunos conceptos físicos que influyen dentro de la arquitectura. El capítulo dos establece cuatro casos de estudio de iluminación natural evaluados anteriormente. Dentro del capítulo tres se establece un análisis de la región de estudio. En el cuarto se seleccionan los casos de estudio y programas de simulación con los cuales se desarrollará la investigación. Dentro del cinco se analizan los resultados de los casos evaluados y por último en el capítulo seis se presentan las recomendaciones de las estrategias de diseño lumínico.

JUSTIFICACIÓN.

La ciudad de Hermosillo, ubicada en el estado de Sonora al noroeste de México, donde predomina un clima cálido-seco, presenta unas temperaturas máximas de 48 °C durante el verano. Por este motivo, se provoca un fenómeno de sobre-calentamiento de los hogares y edificios públicos durante el verano, ya que algunos de estos no presentan un adecuado diseño arquitectónico con base en estudios de confort realizados con anterioridad.

Esta problemática se encuentra en la mayoría de las edificaciones, por lo que nace la inquietud de hacer propuestas de diseño arquitectónico dentro de un documento, en el cual, se presentarán análisis, evaluación y propuestas que solucionen los aspectos de confort lumínico en edificios escolares y viviendas de interés medio.

La iluminación natural en la mayoría de estos espacios, tiende a ser sacrificada ya que se tiene la idea de que el enemigo principal del que se debe de proteger es el sol, por lo que se opta por cubrir completamente las ventanas sacrificando así el confort de los usuarios de estos espacios.

La luz natural ha jugado un papel muy importante dentro de la arquitectura desde sus primeros inicios y en la actualidad se ha degradado la idea de que esta variable es imprescindible para el bienestar humano.

La valoración de este tipo de variables en el diseño arquitectónico llevará a profesionales del diseño arquitectónico a hacer conciencia de lo que se debe aplicar para mejorar la calidad de vida de los usuarios de estos espacios en este tipo de clima cálido-seco, ya que la variables climatológicas juegan un papel muy importante para la iluminación natural de los edificios y viviendas que ofrecerá a los usuarios dentro del confort.

OBJETIVO GENERAL.

El objetivo general esta dirigido a dar una Propuesta en el manejo y adaptación de confort lumínico para el diseño arquitectónico en edificios educativos de nivel medio superior y vivienda de interés medio dentro del clima cálido-seco, de la ciudad de Hermosillo.

OBJETIVOS PARTICULARES.

- Hacer un análisis sobre los estudios de evaluación lumínica y térmica realizados anteriormente determinando los factores más relevantes que afectan la envolvente de los edificios.
- Analizar y evaluar las condiciones y aprovechamiento lumínico de edificios escolares y casas habitación con aplicación de programas de simulación.
- Plantear propuestas de diseño arquitectónico solucionando las condiciones de confort lumínico en viviendas en el clima cálido-seco.
- Integrar y proponer métodos y técnicas que sean más viables para edificios escolares y viviendas, a fin de obtener un mayor confort y aprovechamiento lumínico, lo cual generará un menor consumo de energía.

METODOLOGÍA

La metodología que se llevó a cabo fue la siguiente:

- Realizar una investigación documental en libros, revistas, periódicos, tesis, en donde se tomen en cuenta factores lumínicos.
- Seleccionar dos casos de estudio. Se escogerán dos casos de estudio correspondientes a la región analizada.
- Realizar un análisis del estado actual de los casos de estudio, con la ayuda de la investigación de campo y software especificados en el tema.
- Definir las estrategias de diseño lumínico tomando en cuenta los problemas climáticos de la región.
- Elaborar un análisis final de los resultados logrados de las propuestas formales arquitectónicas y elaboración de informe final.

Capítulo 1. ANTECEDENTES DE ILUMINACIÓN NATURAL.

Entre las principales construcciones Neolíticas se encuentra Stonehenge, en donde el sol aparece en el horizonte por uno de sus pórticos y atraviesa todo el eje principal de los círculos concéntricos que conforman este templo al sol en el solsticio de verano. Esto es motivo de estudio de astrónomos, astrólogos y de más estudiosos del tema. En la figura 1.1 se puede mostrar la formación de las grandes piedras que fueron utilizadas alrededor de 2 500 años a.C.



Fig. 1.1 Sitio arqueológico Stonehenge. Recuperado de: <http://terraeantiquae.com/profiles/blogs/stonehenge>

Uno de los monumentos más importantes en donde el sol es un dios predominante son las pirámides de Egipto¹. Estos monumentos mortuorios estaban situados específicamente de acuerdo a la topografía y movimiento del astro. Los espacios de las pirámides en su interior son oscuros, debido a que eran santuarios mortuorios, pero no así en los templos sagrados como Luxor y Karnak, en donde dependiendo del espacio, éste podía ser iluminado naturalmente o no.

Entre las principales tipologías de viviendas se encuentran las que hacen uso de un patio central, ya que se utiliza la relación arquitectura-luz, que hasta la actualidad se sigue manejando principalmente en ciudades donde el clima es cálido-seco, templado y cálido-húmedo. Este tipo de edificaciones permite ventilar e iluminar naturalmente los espacios arquitectónicos, creando así, un microclima interior estableciendo una protección para el viento cálido del verano y el frío de invierno. Este tipo de

¹ Virgilio ortega 1998 Editorial Planeta “Gran historia del Arte”

edificaciones pueden encontrarse en culturas muy distantes como Grecia, Roma, India, Latinoamérica, China y muchos países islámicos.²

Los primeros cristianos, utilizaron madera en la estructura, lo que permitía reducir el grosor en los muros y disponer de amplias aberturas hacia el interior, mientras que la cultura bizantina incorporó la cúpula con la ayuda de pechinas, lo cual permitía introducir la luz con una serie de ventanas alrededor de la cúpula dando carácter a la construcción.

Durante la época Románica se utilizaron combinaciones de algunas de las técnicas anteriormente mencionadas, como la cúpula con la incorporación de muros gruesos. Durante el gótico, la incorporación del arco de punto permitió introducir distintas aberturas las cuales permitían el acceso de la luz natural así como cúpulas de distintos tamaños. El uso que se le dio a la iluminación en el Renacimiento fue para enfatizar más las formas arquitectónicas y darle mayor carácter a los espacios interiores.

La iluminación natural es cada vez más importante en los edificios modernos, no sólo por lo que implica en el ahorro de energía sino además por sus significativos aportes al bienestar humano, a la capacidad de aprendizaje y a la eficiencia.³

Una serie de estudios científicos demostraron que la iluminación natural tiene gran incidencia en el proceso de aprendizaje, el bienestar y la eficiencia del hombre. Es por esto, que el trabajo en conjunto de arquitectos e ingenieros con la industria constructora sobre el uso de la iluminación natural en el diseño de edificios comerciales e institucionales en la actualidad es de suma importancia en la actualidad.

Para hacer un buen uso de la luz natural dentro de los edificios, los puntos clave que hay que remarcar son la inducción de luz natural, en forma directa o reflejada, en

² Virgilio ortega 1998 Editorial Planeta "Gran historia del Arte"

³ Sitio web con noticias de arquitectura. (<http://noticias.arq.com.mx/Detalles>)

todos los espacios habitados; la graduación de la misma en cada espacio de la vivienda en función de la actividad que se va a realizar; la protección de aberturas, de manera que sea posible reducirla en caso de sobrecalentamientos y excesividad lumínica, y la disposición de las aberturas, de manera que se pueda captar la luz desde dos o más orientaciones diferentes. Esto es importante en verano, cuando hay que sombrear dichas aberturas de cara al poniente, para no vernos obligados a utilizar iluminación artificial en pleno día.

Según Lisa Heschong: *"Estudios realizados en Estados Unidos muestran que la iluminación natural y una vista del exterior se asocian con mejores resultados en cuanto al rendimiento escolar, en las oficinas y las ventas en los negocios minoristas. La luz es una "droga" que estimula la producción de serotonina, dopamina y ácidos gamma-aminobutíricos en el cuerpo humano, elevando los niveles de control de impulsos, la motivación, la coordinación muscular, la tranquilidad y la concentración".*⁴

El objetivo de la iluminación es producir un ambiente visual adecuado. Esto se consigue si este asegura el confort visual y cumple con los requerimientos para las tareas según la función del área en la que se encuentra. Se dice que un espacio arquitectónico cumple con las cuestiones lumínicas, cuando se puede realizar una actividad visual sin ninguna dificultad.

⁴ Sitio web de boletines de arquitectura (<http://www.construnario.com/notiweb>)

1.1 CONCEPTOS FÍSICOS DE ILUMINACIÓN NATURAL EN ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS.

1.1.1 Iluminación Natural.

La belleza visual abarca las respuestas favorables del ser humano a un ambiente iluminado que van más allá de meros criterios de visibilidad, incluidos los elementos psicológicos. Tomando en consideración factores como atención, expectativa y enseñanza, podemos observar cómo éstos afectan la capacidad de un ocupante para reconocer objetos y discernir detalles. Así es como la luz del día toma un papel indispensable en la vida cotidiana de los usuarios de los espacios arquitectónicos.

El sentido de la vista es el receptor del cuerpo por el cual se capta la iluminación. Está compuesto por la pupila, que regula la cantidad de luz que penetra durante la abertura, el cristalino es el lente que regula el enfoque con su deformación. La retina es una película que cubre la parte posterior del ojo sensible a la cantidad de luz por unas células llamadas bastoncillos y sensible a la cantidad y al color por medio de otras células llamadas “codos”. Este sentido tiene la capacidad para regular diversos efectos, como es la cantidad de luz o el enfoque de las imágenes.

La luz natural proporciona una alta iluminancia, excelente color y permite la discriminación y el color representado. Estas dos propiedades de la luz del día significan que estipula la condición de la buena visión. Sin embargo, la luz diurna también puede producir deslumbramiento solar incómodo y demasiada reflexión en algunos planos, que interfieren con la buena visión. Así, el efecto de la luz del día sobre el desempeño de las tareas depende de la forma en que ésta llega hasta los lugares de trabajo.⁵ Todos estos factores deben ser considerados en el diseño de iluminación natural en los edificios.

⁵ GEOHABITAT “Arquitectura solar pasiva: manual de diseño”. 1993 - Energía y medio ambiente., artes graficas.

Las características de la luz del sol dependen de los movimientos de la tierra y del ángulo de los ejes de ésta. Para poder definir las características que afectan a una edificación en cuanto a la iluminación natural a la cual estará expuesta es necesario conocer la localización geográfica de su ubicación, orientación y diseño de sus ventanas, tragaluces, entre otros elementos.

“Uno de los beneficios psicológicos de la iluminación natural es que facilita la orientación del tiempo, así nuestro mecanismo se sincroniza adecuadamente con el día y la noche. El ojo humano es extremadamente adaptable al rango de la iluminación del sol (100,111lux) o de la luna (0.1 lux) en una proporción de un millón a uno”⁶ este efecto de adaptación es por el ajuste de un nivel de iluminación a otro. Como, por ejemplo, al pasar de un medio exterior iluminado por el sol a uno interior de iluminancia moderada se produce una disfunción en el sentido de la vista que resulta en una ceguera temporal.

1.1.2 Conceptos de Iluminación.

1.1.2.1 Iluminación

Se entiende como iluminación, al conjunto de luces que hay en un lugar para iluminarlo⁷. Ya sea de forma natural como la luz del sol, o de forma artificial con la ayuda de energía eléctrica o de fuego. Para iluminación natural, la energía total es el equilibrio entre la iluminación térmica y de las cargas (es decir, de las ganancias de calor solar) es un aumento considerable de temperatura. Para la elaboración de tareas como la lectura y la escritura, los niveles de iluminancia satisfactorios puede exceder lo recomendado al utilizar la iluminación eléctrica pero pueden causar deslumbramiento y una sobre carga en los sistemas de soporte de enfriamiento.

⁶ [varios autores] “Manual de Iluminación Eficiente” 2006 *ELI Argentina* CAP. 11. Luz Natural e Iluminación en Interiores.

⁷ GEOHABITAT “Arquitectura solar pasiva: manual de diseño”. 1993 - Energía y medio ambiente., artes graficas.

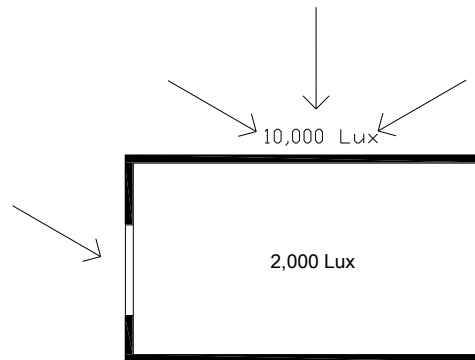


Fig. 1.2 Ejemplo de la iluminación exterior, y como interviene en el interior de una habitación. Grafico Julio C. Navarro.

Debido a las distintas variables de la luz natural que esté disponible, los sistemas de iluminación natural son evaluados en función de la cantidad de la iluminancia proporcionada en una tarea y el tiempo. Para el trabajo de oficina que incluye ambas variantes en el papel y en soporte de tareas, la mayor se da haciendo una comparación del número de horas anuales que un sistema es capaz de satisfacer, para no exceder el parámetro de iluminación eléctrica.

1.1.2.2 Dirección.

Cuanto mayor es la cantidad de luz difusa, menos se producen sombras, esto produce que el ocupante del espacio tenga la capacidad de evaluar profundidad, forma y color de las superficies. El equilibrio entre la luz difusa y dirección permite tener un mayor control del espacio, haciendo de este un lugar agradable al ocupante. Utilizando los sistemas de iluminación natural manejando las diferentes opciones que se le pueden incorporar con la ayuda de las direcciones se pueden lograr una mejor visibilidad, aún más que al utilizar instalaciones de luz eléctrica.

No hay ningún estándar de los parámetros de desempeño para evaluar la dirección y la difusión de la luz. La luz directa del sol es, por lo general direccional con suficiente luz difusa del cielo al equilibrar el contraste de un objeto tridimensional. Los sistemas de iluminación natural que se basan en cielo suele producir luz difusa o luz omnidireccional. Algunos sistemas de iluminación natural que no usan los de imagen óptica (por ejemplo, los sistemas de anidolic) pueden redirigir luz diurna difusa en la misma forma en que un proyector de luz, que por lo que algunos efectos direccionales aparecen aún difusos en la luz del día.

1.1.2.3 Deslumbramiento.

Se produce cuando la luz intraocular difuso se introduce en el ojo, el contraste en la retina hace que la imagen se reduzca (por lo general a bajos niveles de iluminación), y la visión es, en parte o totalmente obstaculizada (por ejemplo, cuando el ojo se enfrenta por faros de los vehículos automóviles). Con ventanas y sistemas de iluminación natural, que son grandes fuentes de luz, la capacidad de deslumbramiento a veces puede ser importante.

Expertos están de acuerdo en que esta aparente reducción del contraste se ve afectada por la intensidad total del deslumbramiento de la fuente - no sólo por el brillo o zona únicamente [Hopkinson 1972, Hopkinson 1963]. Sin embargo, no existen modelos conocidos satisfactorios para predecir y evaluar esta condición. Un diseño de iluminación natural debe ser evaluado para determinar si existen estrategias o características que permiten a los ocupantes el control de las situaciones en que el ojo es forzado para adaptarse a las diferentes regiones de brillo dentro del campo de visión.

Existen diversas maneras de clasificar el deslumbramiento en el ojo humano por los rayos de luz excesivos. El deslumbramiento directo, es cuando los rayos inciden directamente en el ojo y no es posible ver. Por otro lado está el deslumbramiento indirecto que perturba la visión sin llegar a impedirla.

1.2 Conceptos lumínicos en espacios arquitectónicos.

En la actualidad, existe una preocupación general en todo el mundo por reducir las emisiones de carbono, así como el desperdicio de energía eléctrica; el uso de la luz natural en todo tipo de edificaciones tiende a convertirse en una estrategia importante para mejorar la eficiencia energética mediante una reducción máxima de la iluminación y cargas de refrigeración. Por este motivo, es importante la adaptación de nuevos mecanismos, estrategias y avanzados sistemas de iluminación natural, ya que éstos pueden reducir considerablemente el consumo de electricidad así como también mejorar significativamente la calidad de vida de los usuarios.

Los espacios arquitectónicos tienden a convertirse en respuestas claras hacia el ahorro de energía, con la ayuda de un buen diseño de iluminación natural.

1.2.1 Iluminación natural y confort visual.

La definición de confort nos dice que es aquello que nos produce bienestar y comodidades. Cualquier sensación, agradable o no, que perciba el usuario le impedirá concentrarse en sus funciones⁸. El medio ambiente debe de ser diseñado y controlado de modo que los ocupantes tengan comodidad y la salud esté garantizada. Por tanto, las condiciones ambientales en interiores como en exteriores deben de ser tomadas en cuenta, para que el confort se presente.

La comodidad visual depende en gran parte del deslumbramiento, debido a que ocasiona un efecto molesto para la visión cuando se presenta una excesiva luminancia en el campo visual. Este fenómeno se hace presente debido a que existe una superficie con mucha reflexión dentro de un campo visual más claro, lo que provoca que el confort se pierda.

⁸ Sitio web. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Comodidad>)

Existen dos tipos de deslumbramiento, el primero se le denomina “por velo” que es cuando se produce un punto luminoso sobre un fondo muy oscuro. El segundo es el deslumbramiento por adaptación que se produce al adaptarse el ojo a la iluminancia media de un campo visual donde hay variables extremas que quedan fuera de la adaptación visual.

Una variable más importante para el confort del usuario, es el color de la luz, este tipo presenta “además de un factor de calidad de la percepción, un elemento de molestia o comodidad a considerar”⁹.

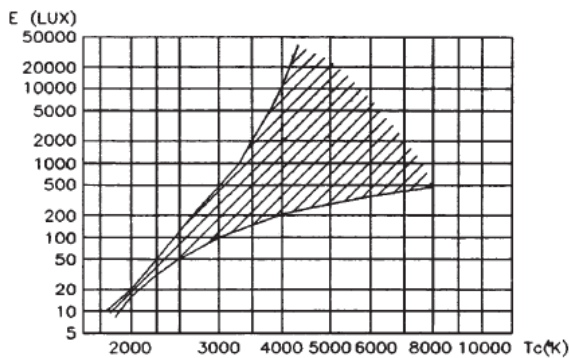


Fig. 1.3 Gráfica de Kruithof

En la figura 1.3 se puede observar como la gráfica de Kruithof relaciona la temperatura del color con la iluminancia y define un campo de confort entre estos valores.

Así, el efecto de la luz diurna sobre el desempeño de las tareas depende de la forma en que esta sea entregada por los diseñadores de espacios arquitectónicos y urbanos. Todos estos factores deben de ser considerados en el diseño de la iluminación natural sin descuidar las cuestiones ambientales.

Prueba de lo conveniente de la luz diurna se encuentra en las observaciones del comportamiento humano y la disposición de espacios a la hora de laborar dentro de éstos. Además de que el trabajo a largo plazo bajo los efectos de iluminación eléctrica es perjudicial para la salud, mientras que trabajar a la luz del día se cree que reduce los niveles de estrés¹⁰.

⁹ Serra Florensa, Rafael. Coch Roura, Helena (1995) Arquitectura y Energía Natural. Barcelona España. Pág.:81

¹⁰ Daylight in Buildings. , (2000) a source book on daylighting systems and components. A report of IEA SHC Task 21/ECBCS Annex 29

1.2.2 Parámetros Lumínicos.

Los factores de la iluminación natural se definen como la relación de la iluminación de un elemento horizontal definiendo la calidad lumínica de un espacio. El rango por los cuales se enfocan los parámetros lumínicos de este análisis son:

Niveles de distribución de la iluminación.

Luminancias.

Contraste.

Deslumbramiento.

Para la aplicación de estos parámetros dentro del plano de trabajo y lograr una uniformidad es necesario: proporcionar una iluminación ideal, niveles de deslumbramiento controlados y rendimiento del color cualitativo de la luz.

La orientación, materiales, los colores y las proporciones de los espacios exteriores, son esenciales para la preparación de la iluminación natural.

Estos parámetros de diseño lumínico son los que se deben de controlar para lograr una buena visibilidad dentro del edificio y mejorar su ambiente.

1.2.2.1 Niveles de iluminación y distribución de la iluminación.

La iluminación es la magnitud de valoración del nivel de luz de una superficie o de una zona espacial. Los valores de iluminación de sol en un horizonte no obstruido por nubes ni contaminación es de 0 a 120 000 lux. Aún con el cielo parcialmente nublado o nublado, el potencial de la iluminación es recomendable, ya que se pueden tener valores de 500 lux de iluminación en el plano vertical.

La iluminación o niveles de iluminación o luminancias es el flujo que incide en una superficie determinada. Esto se puede observar en la Fig. 1.4 en donde se muestra la fórmula para determinar la cantidad de iluminación de una superficie.¹¹

$E = \frac{\Phi}{S}$	Donde E= iluminación Φ= flujo luminoso en lúmenes (lm). S= superficie en m2
----------------------	--

Fig. 1.3 Fórmula para obtener la iluminación de una superficie.

Aunque la capacidad del hombre para adaptarse a un entorno es extraordinaria, su bienestar, estado de ánimo y comodidad se ven afectados por la luz y su forma de intervenir en las actividades laborales correspondientes al cargo y función que desempeña. Los niveles de iluminación recomendados para un local dependen de las actividades que se vayan a realizar en él. En general podemos distinguir entre tareas con requerimientos luminosos mínimos, normales o exigentes.

En el primer caso estarían las zonas de paso (pasillos, vestíbulos, etc.) o los locales poco utilizados (almacenes, cuartos de maquinaria, etc.) con iluminancias entre 50 y 200 lux. En el segundo caso tenemos las zonas de trabajo y otros locales de uso frecuente con iluminancias entre 200 y 1000 lux. Por último están los lugares donde son necesarios niveles de iluminación muy elevados (más de 1000 lx) porque se realizan tareas visuales con un grado elevado de detalle que se puede conseguir con iluminación local¹²

¹¹ Luminocencia en (<http://edison.upc.edu/curs> 2009)

¹² Luminocencia en (<http://edison.upc.edu/curs> 2009)

Tabla 1 Iluminancias recomendadas según la actividad y el tipo de local

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
Zonas generales de edificios			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
Centros docentes			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
Oficinas			
Oficinas normales, mecanografiado,	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
Comercios			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
Industria (en general)			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

En la tabla 1 se muestra la cantidad de luxes que se requieren según el tipo de actividad y el tipo de espacio que se ocupa, también en esta tabla se encuentran los niveles que se utilizarán en este proyecto de investigación, como son los centros docentes y viviendas. Los lugares de trabajo deben tener en la medida de lo posible, luz natural suficiente y estar equipados con dispositivos que permitan una iluminación tanto artificial como natural para proteger la salud y seguridad de los trabajadores.

1.2.2.2 Contraste

Las diferencias de color o luminancia entre el objeto y detalles del mismo y el fondo son lo que permite ver. Los trabajos que requieren gran agudeza visual precisan de un mayor grado de contraste.

“Para la sensibilidad del contraste, la relación existe entre los niveles de luminancia y visibilidad. El contraste juega un papel importante en determinar qué tan bien podemos ver; entre mas contraste menor sensibilidad se requerirá para la percepción visual”¹³.

Un ejemplo simple es el contraste entre un objeto de brillo constante sobre un fondo de un brillo constante. Si ambas superficies tienen el mismo brillo, el contraste será nulo, y el objeto tanto física como perceptivamente será indistinguible del fondo. Según se incrementa la diferencia en brillo el objeto será perceptivamente distinguible del fondo una vez alcanzado el umbral de contraste, que se sitúa alrededor del 0.3% de diferencia en brillo, (por ejemplo: Legge & Kersten, 1987).

En contraste se crea fundamentalmente por sobre iluminación y la incorrecta distribución de iluminación que crea valores altos de iluminación del cuadro de visión con respecto al entorno que lo rodea y crea los efectos de sombra que tanto deterioran.

¹³ Luján Verduzco. Universidad de Sonora (2004) “Mejoras en el Diseño Lumínico de los Edificios Educativos Tipo CAPFCE en Hermosillo; Pag. 33

1.2.3 Sistemas de Iluminación Natural.

“Son componentes o conjunto de componentes de un edificio que tiene como función principal mejorar la iluminación natural de los espacios interiores habitables, optimizando la distribución de la luz en zonas periféricas y procurando una buena penetración de la luz natural hacia las zonas interiores que no tienen contacto directo con el exterior”¹⁴.

Estos componentes, a su vez, son conocidos como “componentes de paso” y “componentes de conducción”.

1.2.3.1 Los Componentes de Paso.

Los componentes de paso de iluminación se refieren a los elementos que conectan dos ambientes lumínicos diferentes, separados por un cerramiento donde se sitúa este componente. Su función comprende factores como controlar y regular la iluminación, visual y de paso de aire.

Para poder definir claramente este concepto, se divide en las distintas direcciones en que la luz natural incide, que son los componentes de paso lateral, los componentes de paso cenital y los que manejan la iluminación de forma global.

Los componentes de paso lateral, son los que están situados en la envolvente del edificio y su función principal es permitir la penetración lateral de la luz natural al espacio interior. Entre estos elementos están las ventanas, que son aberturas situadas en un muro que tienen su límite inferior por encima del nivel del piso interior, permitiendo la entrada de luz y radiación al espacio, así como la visión y la ventilación natural. Otro de los elementos de paso lateral son los balcones que a diferencia de las ventanas su límite inferior es el mismo al nivel del piso que facilita el paso de los usuarios.

¹⁴ Serra Florensa, Rafael. Coch Roura, Helena (1995) Arquitectura y Energía Natural. Barcelona España. Pág.:325

Los muros translúcidos se encuentran dentro de los componentes de paso, estos no son tan comunes y se construyen con material que deja pasar la luz y ocupa una pared o la totalidad del cerramiento, no permite la ventilación ni la visión.

Otro de estos componentes son los componentes de paso laterales. Estos están situados en la parte horizontal de la cubierta o del interior del edificio y procura la penetración cenital de la luz al ambiente receptor interior. Entre los elementos más característicos podemos encontrar a los luciernarios que son las elevaciones sobre el plano de la cubierta de un espacio con aberturas verticales en uno de los lados. Otro de estos elementos cenitales son las cubiertas en diente de sierra, que son un conjunto de planos de cubierta paralelas, que dejan entre ellas una serie de aberturas por donde penetra la luz. Las claraboyas son las aberturas situadas en la cubierta de un espacio habitable que permite la iluminación cenital.

Las cúpulas son cubiertas semiesféricas con perforaciones que permiten la entrada puntual de la luz o en ocasiones puede estar construido con materiales translúcidos y permite la iluminación de los espacios que se encuentran bajo ellas.

Otros de los componentes de paso, son los dispositivos de paso globales, estos son las superficies que envuelven totalmente un ambiente, tanto vertical como horizontalmente y permite globalmente la entrada de luz natural.

1.2.3.2 Componentes de conducción de Luz.

Estos son espacios que son diseñados para conducir y distribuir la luz natural del exterior del edificio. “Son espacios que están situados a partir de un primer componente de paso de luz, que es el que capta la luz natural del exterior. Recoge la luz captada por el componente de paso, la conduce hasta el siguiente componente de paso y así sucesivamente “. ¹⁵

¹⁵ Serra Florensa, Rafael. Coch Roura, Helena (1995) Arquitectura y Energía Natural. Barcelona España.:326

Estos espacios se dividen en dos, los espacios de luz intermedio y espacios de luz interiores. Los intermedios se caracterizan por estar situados en la periferia de los edificios y separan el exterior y el espacio habitable. Sus principales características son que utilizan materiales transparentes como el cristal o traslucidos y pueden tener elementos de control de luz natural.

Por otro lado se encuentran los espacios de luz interiores, estos son componentes que conducen la luz como parte interna del edificio y la luz natural llega hasta los espacios habitables en el interior. Algunos ejemplos son los patios, atrios y todo tipo de conductores de luz .

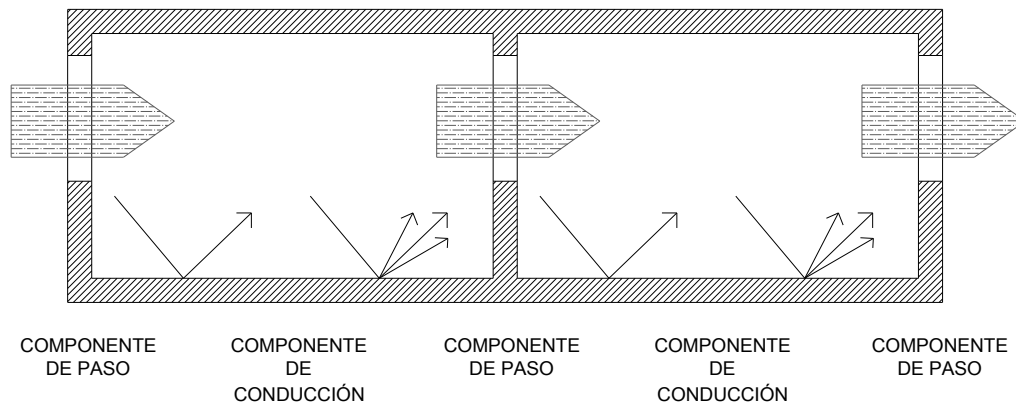


Fig. 1.4 Componentes de paso y de conducción. Dentro de la iluminación natural.
Grafico Julio C. Navarro.

1.2.3.3 Elementos de Control.

Los sistemas de control de iluminación natural son los elementos arquitectónicos diseñados específicamente para hacer penetrar o controlar la entrada de luz a través de un componente de paso. Estos dispositivos deberán estar regulados principalmente por sus propiedades ópticas, como son la transparencia, la difusión y la reflexión de la luz, sin descuidar las cuestiones ambientales de cada localidad y las regulaciones por parte de los usuarios de los espacios.

Se clasifican los sistemas de control de la iluminación en interiores en cinco grupos generales:

- a) Superficies separadoras.
- b) Pantallas flexibles.
- c) Pantallas rígidas.
- d) Filtros solares.
- e) Obstrucciones totales.

Este tipo de clasificaciones se describen a continuación.

a) Superficies separadoras.

Son elementos superficiales de material transparente o translúcido, que se incorporan a un componente de paso que separa dos ambientes distintos. Permiten el paso de la radiación a través y a veces la visión exterior, pero impiden el paso del aire. Entre los numerosos tipos de superficies separadoras existentes en el campo de la arquitectura, están las convencionales transparentes, las superficies tratadas química o mecánicamente, las que siguen una determinada pauta geométrica y las que conforman cerramientos activos.



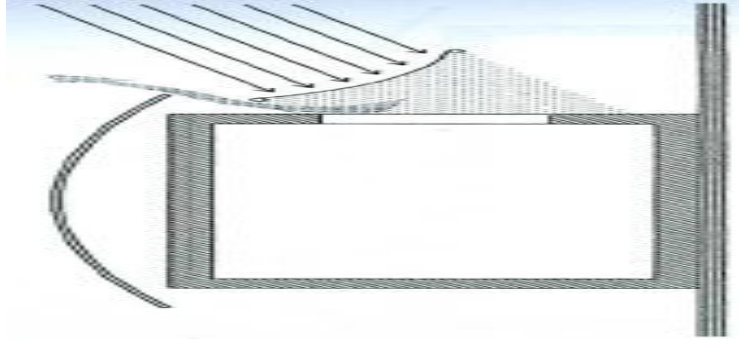
Fig. 1.5 Ejemplo de pantalla flexible. Toldo.
Recuperado de :
<http://abioclimatica.blogspot.mx/>

b) Pantallas flexibles.

Son elementos que detienen parcial o totalmente el paso de la radiación solar y convierten en difusa la luz que los atraviesa. Según su colocación pueden permitir la ventilación y pueden servir para obtener privacidad visual. Pueden recogerse,

enrollados o doblados para suprimir su acción cuando interesa. Los tipos más comunes de pantallas flexibles son los toldos y las cortinas exteriores.

Los toldos y cortinas son de materiales opacos al paso de la luz o que tienen un comportamiento difusor de la misma como se puede mostrar en la Fig. 1.4. Pueden estar situados en la cara exterior de un componente de paso, para detener selectivamente el paso de la radiación antes de que atraviese dicho componente o situados en la cara interior de las superficies separadoras, para controlar la parte que ya ha atravesado el



componente de paso y que ilumina el interior.

Fig. 1.6 ejemplo de Toldo que protege una ventana de los rayos directos del sol.

c) Pantallas Rígidas.

Son elementos superficiales que cubren exteriormente toda, o casi toda el área de un componente de paso, lo protegen de la radiación solar y permiten la ventilación. Estos son fijos y no regulables (que no pueden retirarse y dejar libre la abertura) Los tipos más utilizados en arquitectura son los aleros, repisas de luz, aletas, y reflectores.



Fig. 1.7 Las persianas son un ejemplo común de filtros solares. Recuperado de : <http://abioclimatica.blogspot.mx/>

d) Filtros Solares.

Es cuando el componente de paso de luz del día es cubierto todo o casi todo el paso, estos pueden ser fijos o practicables y regular las laminas que las componen. Entre los tipos más comunes usados en la arquitectura se encuentran las persianas

que son prácticas y pueden ser removibles para permitir la orientación de las láminas, y estas pueden estar compuestas de muchos materiales diferentes. Las celosías también tienen una gran variedad de formas y colores, dependiendo su adaptación climática, cultural y estética.

e) Obstrucciones Totales.

Este recurso se utiliza para tapar completamente el paso de la luz en las diferentes aberturas que una habitación puede estar expuesta. Estos elementos reciben el nombre de postigos o contraventanas, que actúan como barrera de todos los efectos climáticos en los periodos de tiempo que el usuario lo requiera.

1.2.4 Función de las ventanas en la iluminación natural.

La antigua definición de una ventana como una abertura en un muro ya no es estrictamente aplicable. Innovaciones como el esqueleto totalmente vidriado en estructuras y fachadas de doble piel desafían el alcance de esta definición. Sin embargo, vamos a usar el término "ventana" para analizar estrategias de iluminación natural. Las ventanas tienen distintos usos, que varían en función del diseño de casos individuales.

Una de las funciones fundamentales de una ventana es proporcionar una vista al exterior. El tamaño y la posición de las ventanas, los marcos de éstas entre otros elementos de la fachada deben ser examinados cuidadosamente en relación con la altura de los ojos de los ocupantes. Los sistemas de iluminación natural pueden afectar a la vista en el exterior. Si una vista al aire libre es una prioridad en un diseño de iluminación natural, el contacto visual con el exterior tiene que ser mantenido en todas las fachadas.

La iluminación natural es una de las principales funciones de las ventanas. El diseño de la ventana determina la luz natural que ingresa a un espacio. Las ventanas

que son elegidas únicamente por su diseño arquitectónico, tienen características que pueden realizar satisfactoriamente la función de la luz en muchos casos, pero para esto se tendrían que analizar las cuestiones térmicas a las cuales estaría expuesta. Para las viviendas y otros edificios que tienen relativamente requisitos mínimos de visualización, la aplicación de sistemas avanzados de iluminación natural no es por lo general adecuada. Avanzados sistemas de iluminación natural puede ser útil en los casos en que:

- Difíciles tareas son realizadas, y un alto grado de control sobre la visual del Medio Ambiente es necesario.
- La geometría del edificio es muy compleja.
- El control de las cargas térmicas es necesario (ajustable sombreado solar puede ser un medio eficaz de estrategia en este caso). Este es el caso de estudio.

La Iluminación natural está estrechamente relacionada con las ganancias térmicas¹⁶. En algunos casos, el diseño añade ganancias de calor por aumentar iluminación natural y esto es contraproducente, en estos casos, la ganancia de calor debe ser controlada. Si las ganancias de temperatura son convenientes, las ventanas son una buena manera de proporcionarles el sol que necesitan. En general, el objetivo de los diseño de los edificios es reducir la carga de refrigeración. Hay una serie de formas de controlar los incrementos de temperatura obtenidos de las ventanas y fachadas; el método más simple es la ganancia directa, en el que simultáneamente un sistema de sombreado de los controles visuales y térmicos ambientes. Otras técnicas, como el colector de las ventanas y fachadas de doble piel, permiten separar el control de térmico y visual de los ambientes. La energía solar pasiva es ganada con conceptos arquitectónicos, las ganancias solares son controladas por la orientación y la aplicación de Sombreado en función de la posición del sol., Las siguientes cuestiones son especialmente importantes para las zonas acristaladas: • deslumbramiento, • privacidad de vista, • protección contra robo.

¹⁶ Serra Florensa, Rafael. Coch Roura, Helena (1995) Arquitectura y Energía Natural. Barcelona España.

CONCLUSIONES DEL CAPITULO

La exploración de conceptos generales ayudará a comprender los elementos que se utilizaran a lo largo del presente documento. Los elementos más analizados serán: separadores de luz, las pantallas rígidas y móviles, ya que controlan la radiación, y estos se someterán a análisis, para buscar las estrategias más viables.

CAPITULO 2. CASOS DE ESTUDIO EVALUADOS ANTERIORMENTE.

En este capítulo se hace recopilación de algunos estudios de evaluación lumínica y térmica realizados anteriormente con las variables semejantes a nuestro análisis. Los casos recopilados son: Aprovechamiento de la Iluminación Natural en Edificios Escolares en Tucumán, Argentina; Mejoras en el Diseño Lumínico de los Edificios CAPFCE en Universidad de Sonora, y Diseño de un Asentamiento Humano en una Zona Rural del Oasis Norte de Mendoza Argentina.

2.1. APROVECHAMIENTO DE LA ILUMINACIÓN NATURAL EN EDIFICIOS ESCOLARES EN TUCUMÁN.

Dentro de este proyecto se realizó una propuesta de diseño de los sistemas de ventanas, considerados de óptimo rendimiento, para aulas de escuelas de la Provincia de Tucumán. Los mismos fueron desarrollados con el objetivo de lograr un efectivo aprovechamiento de la iluminación natural y un adecuado control de la radiación solar con la finalidad de posibilitar el confort visual de los ocupantes así como garantizar el ahorro de energía en iluminación artificial.

La propuesta se basó en distintos estudios previos que comprenden el diagnóstico de las condiciones de iluminación de las aulas de edificios escolares de la provincia de Tucumán y el estudio lumínico de locales con las resoluciones de parasoles utilizadas con mayor frecuencia en las ventanas de las escuelas y con incorporación de estantes de luz de las ventanas.

El sistema propuesto dentro de este proyecto plantea para las aulas con orientación Norte y circulación al Sur una doble ventana, con una parte inferior que posibilita las visuales al exterior y la iluminación en el sector más cercano al muro

que contiene la ventana y una parte superior que posibilita la iluminación natural en la parte más profunda del local.

Entre ambas ventanas, hacia el interior del local, se ubicó una repisa de luz que permite reforzar la iluminación en la zona más alejada de la ventana por reflexión hacia la losa y que actúa como obstrucción de la radiación solar en el período de verano y como elemento de captación de la misma en el invierno, permitiendo en este último caso el aprovechamiento del sol para la calefacción solar pasiva del aula, a la vez de obstruir la mancha solar sobre los planos de trabajo como se puede observar en la figura 2.1 y 2.2

. Para las aulas con orientación Sur y galería de circulación al Norte se plantean las ventanas superiores con la repisa de luz hacia la orientación Norte, a una altura superior a la galería de circulación y para las ventanas inferiores hacia el Sur se proponen casetonados que garantizan la obstrucción total del sol en dicha orientación como se muestra en la ilustración 2.1.

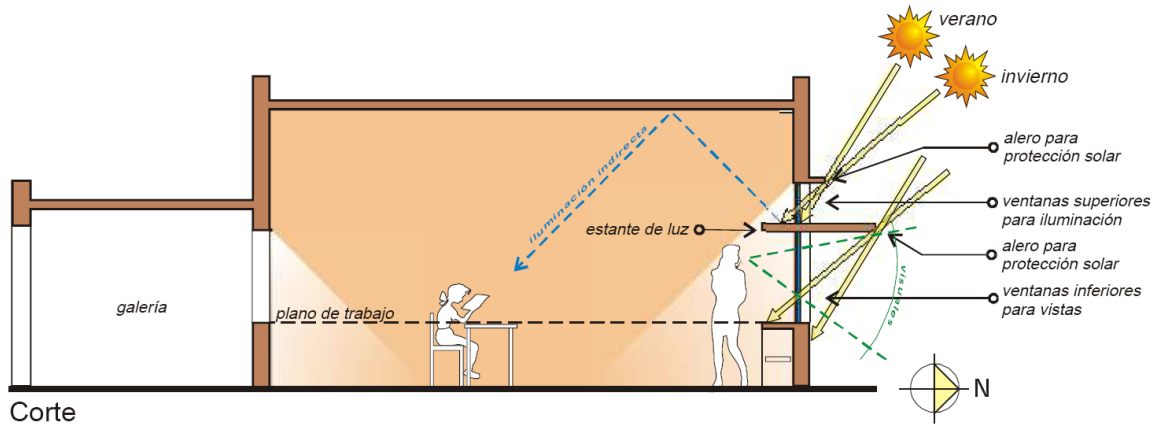


Fig. 2.1 Descripción del proyecto de Aprovechamiento de la Iluminación Natural en Edificios Escolares en Tucumán Buenos Aires. CANDELA.(1999)

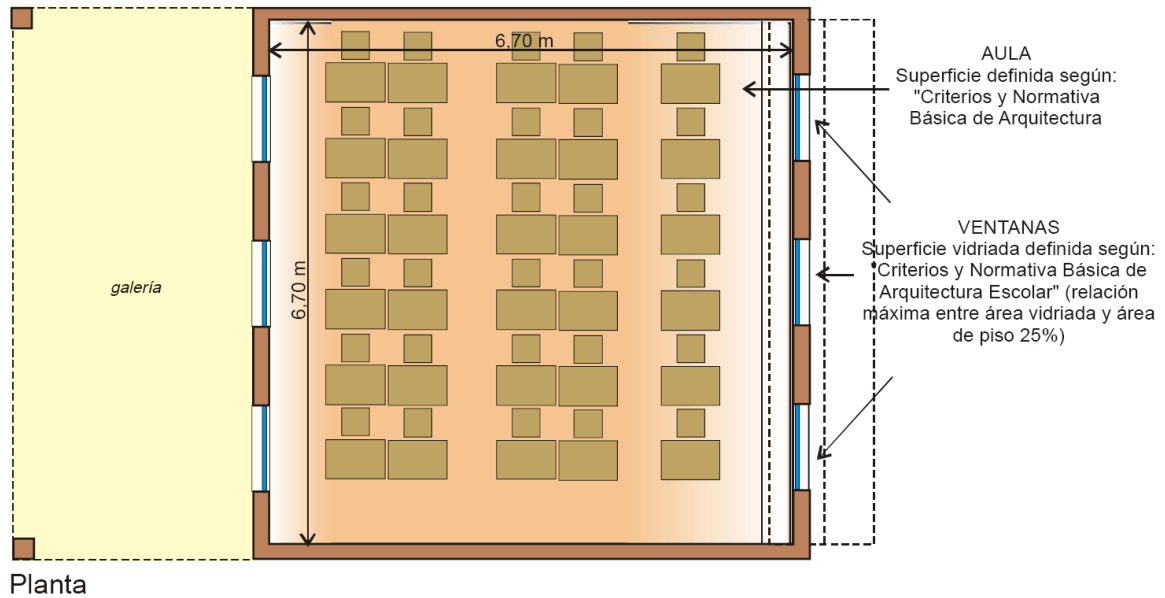


Fig. 2.2 Descripción del proyecto de Aprovechamiento de la Iluminación Natural en Edificios Escolares en Tucumán Buenos Aires. CANDELA.(1999)

El prototipo diseñado se puede ver en la ilustración 6 que fue evaluado desde el punto de vista lumínico y de asoleamiento bajo diferentes situaciones de orientación y diseño. Los niveles de iluminación natural en el interior se determinaron mediante mediciones en modelos construidos en escala dentro del cielo celeste artificial, equipamiento que dispone el Instituto de Acondicionamiento Ambiental de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

“Los resultados obtenidos del análisis del comportamiento lumínico, demostraron que, al responder con las pautas y consideraciones para la situación climática de nuestra localidad, se alcanzan notables beneficios ya que: - Los valores de iluminación natural interior definidos por el sistema propuesto superan a los indicados en Normas IRAM.- Se verifica la obstrucción recomendada de la radiación solar a través de las ventanas, no se registra la presencia de mancha solar sobre el plano de trabajo y por lo tanto se evita el deslumbramiento. La incorporación de estantes de luz ubicados hacia el Norte, que reciben la radiación solar en invierno, permiten la captación de la misma y la calefacción pasiva del local en los meses fríos”.




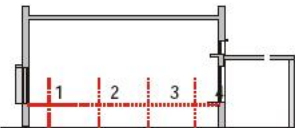
Casos analizados		Evaluación luminica (CLD %)		Obstrucción solar
<p>Prototipo 1: ventanas inferiores al Norte con alero, ventanas superiores al Norte con estantes de luz y ventanas al Sur hacia la galería.</p>  <p>Frente Norte Frente Sur</p>				100 %
		Punto 1	5.0	
		Punto 2	3.7	
		Punto 3	3.8	
		Punto 4	6.1	
		Promedio	4.65	
		Uniformidad	0.8	
<p>Prototipo 2: ventanas inferiores al Sur con casetonado, ventanas superiores al Norte con estantes de luz y ventanas al Norte hacia la galería.</p>  <p>Frente Norte Frente Sur</p>				100 %
		Punto 1	7.8	
		Punto 2	3.9	
		Punto 3	3.8	
		Punto 4	5.4	
		Promedio	5.2	
		Uniformidad	0.7	

Fig. 2.3 Resultados del estudio lumínico y de asoleamiento de los prototipos en Aprovechamiento de la Iluminación Natural en Edificios Escolares en Tucumán Buenos Aires. CANDELA. (1999)

La incorporación de estantes de luz mejora notablemente la distribución de la iluminación natural, registrándose elevados valores de uniformidad.

Dentro de este proyecto se determinó el ahorro energético mediante una comparación entre el consumo energético empleado actualmente para la iluminación artificial de las aulas y el probable consumo energético en el caso de implementar en las aulas el sistema de ventanas diseñado. Se determinó la cantidad de luz artificial necesaria para aportar en ambas situaciones y así alcanzar la condición de iluminación adecuada, estableciéndose los correspondientes gastos en energía. Los estudios realizados permitieron establecer la importancia del ahorro energético posible de alcanzar con la implementación de la situación planteada. Para poder definir un ahorro de energía

se revisó el gasto anual de energía en ambas situaciones (actual y propuesta) y se concluyó que se alcanzaría un ahorro del 68.8% en caso de no controlar el encendido de luces y de un 90.3% en caso de existir un control de las mismas.

Los estudios detallados del comportamiento lumínico y de asoleamiento de los sistemas propuestos, permitió verificar que es posible planear soluciones de ventanales que respondan a las condicionantes lumínicas, térmicas y de asoleamiento que presenta nuestra situación climática.

Así también, el estudio dentro de este proyecto del comportamiento energético, demostró tener muchos beneficios, aspecto fundamental a tener en cuenta, por un lado al considerar la crisis energética actual y el posible agotamiento de los recursos naturales, y por otro, al considerar el ahorro económico que trae aparejado un diseño que contemple el correcto aprovechamiento de la iluminación natural. El ahorro energético no sólo generó beneficios económicos, sino también permite una mejor calidad de vida y un menor deterioro del medio ambiente.

2.2 MEJORAS EN EL DISEÑO LUMÍNICO DE LOS EDIFICIOS CAPFCE EN UNIVERSIDAD DE SONORA HERMOSILLO SONORA.

Este estudio es realizado por Maria Martha Luján Verduzco, egresada de la escuela de Arquitectura de la Universidad de Sonora, la cual fue asesorada por la Dra. Irene Marincic. Este documento trata de incorporar nuevas estrategias de diseño de iluminación natural en edificios educativos tipo CAPFCE en Hermosillo y propone mejoras en el diseño lumínico de estos espacios.

Este documento esta dividido en cuatro etapas; En la primera se analizan las situaciones lumínicas haciendo un estudio cualitativo y cuantitativo de la iluminación natural en los edificios CAPFCE dentro de la Universidad de Sonora seleccionando los casos representativos.

En la segunda etapa de esta investigación se realiza el análisis cualitativo y cuantitativo del ambiente lumínico existente de los tres casos de estudio seleccionados. En la tercera etapa se realizan propuestas de diseño para mejorar los parámetros lumínicos dentro de los estándares adecuados para crear el confort lumínico de los espacios. Y por último, en la cuarta etapa se realizan las propuestas y se comparan resultados hasta llegar a la conclusión de que los parámetros lumínicos son los adecuados para los casos de estudio.

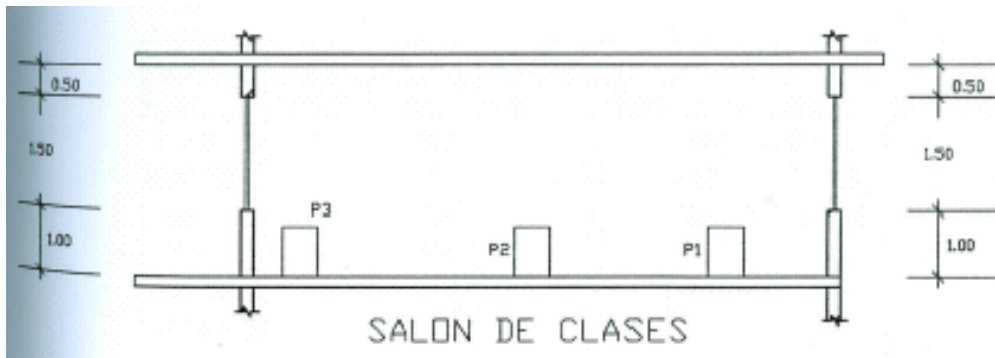


Fig. 2.4 Corte del edificio CAPFCE analizado. Luján V. María (2003) Mejoras en el diseño lumínico de los edificios CAPFCE en universidad de sonora Hermosillo Sonora.

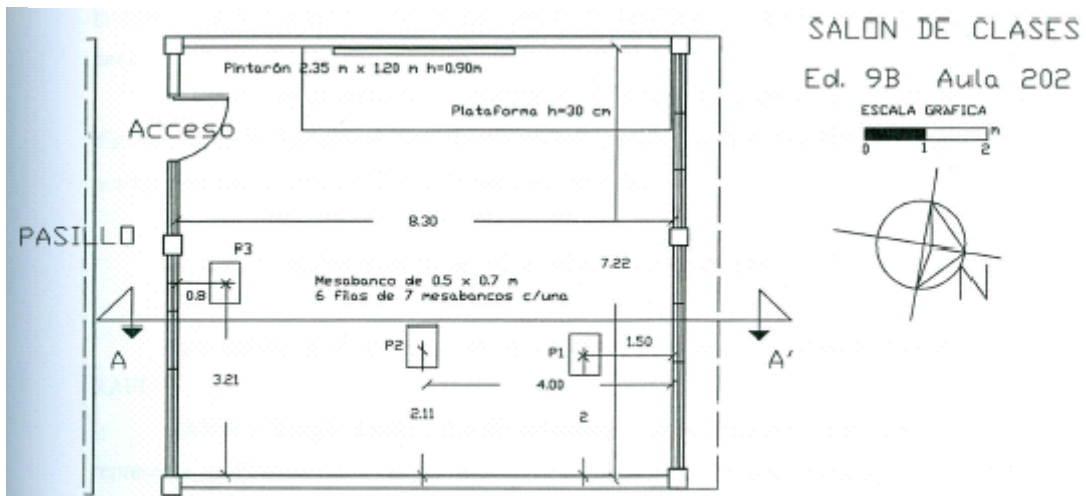


Fig. 2.5 Planta del edificio CAPFCE analizado. Luján V. María (2003) Mejoras en el diseño lumínico de los edificios CAPFCE en universidad de sonora Hermosillo Sonora.

En las figuras 2.4 y 2.5 se puede observar la planta y el corte de edificio analizado, el cual se encuadra dentro de la Universidad de Sonora.

Dentro de las propuestas de los tres casos de estudio de edificios CAPFCE, se propone un sistema de control de intensidad, el cual dirige la iluminación hacia el interior logrando un mejor nivel de iluminación, así como una distribución homogénea. También se recomienda en los casos de estudio, pintura vinílica color blanco sobre las paredes interiores del aula, la cual ayudará a la distribución lumínica, así como la mayor proporción de la luminancia. La propuesta también abarca persianas, para evitar el resplandor al interior del aula, estas son de madera y podría estar pintada de color blanco para que tenga una mayor reflectancia hacia el interior.

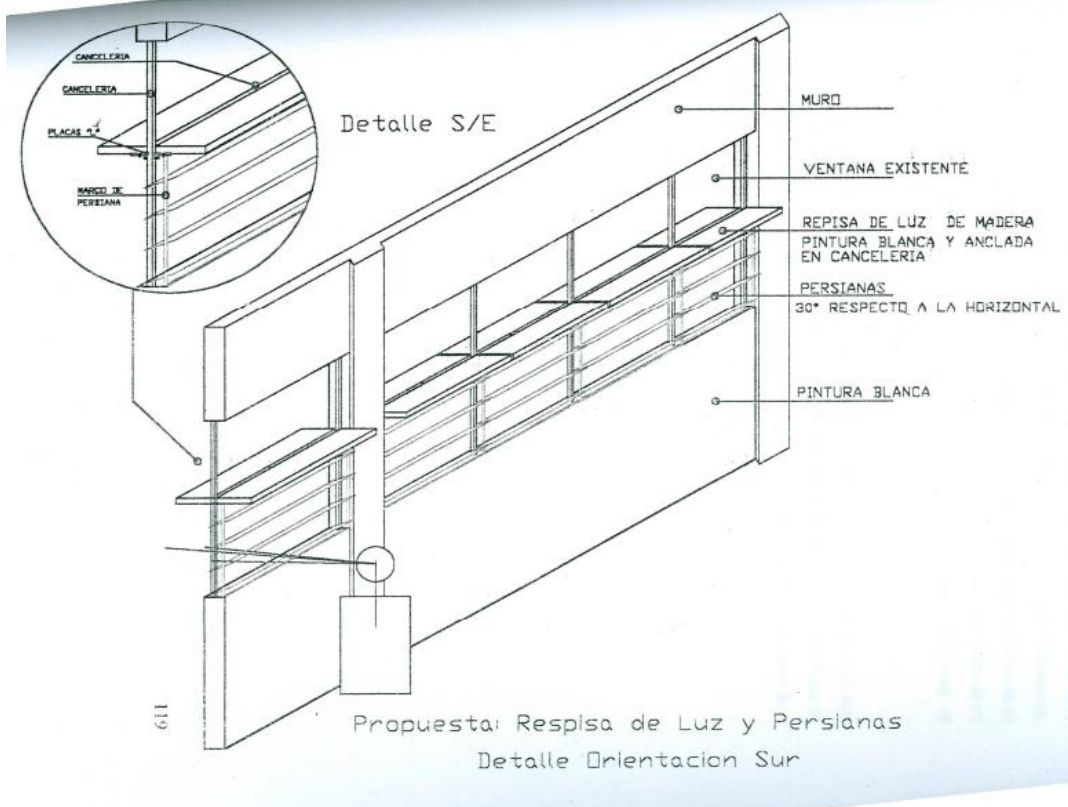


Fig. 2.6 Propuesta de diseño de los edificios CAPFCE en la Universidad de Sonora. Luján V. María (2003) Mejoras en el diseño lumínico de los edificios CAPFCE en universidad de sonora Hermosillo Sonora.

2.3 DISEÑO DE UN ASENTAMIENTO HUMANO EN UNA ZONA RURAL. DEL OASIS NORTE DE MENDOZA – ARGENTINA.

El trabajo que es presentado por el Instituto de Investigación de Vivienda Social Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Mendoza, muestra el proyecto de un conjunto de viviendas rurales en el Departamento de Junín, en la provincia Mendoza, Argentina. Los destinatarios son veintisiete familias rurales agrupadas en la Organización de Base Comunitaria (OBC) "Vecinos de Calle Caballero". Ellos participaron del proyecto bajo la modalidad de talleres. Las viviendas proyectadas incorporaron pautas de diseño bioclimáticas, logrando de este modo condiciones de habitabilidad y confort.

Dentro de este proyecto los usuarios comprendieron la importancia que tenía su participación en el diseño, ya que las decisiones que se tomaban afectaban directamente la calidad de sus viviendas y especialmente en la capacidad de protección que las mismas deben tener frente al clima, impactando directamente en el consumo de energía para mantener condiciones de habitabilidad.

Se comprobó en el taller que las viviendas sociales construidas en Mendoza no responden al clima donde están localizadas. Las zonas bioclimáticas varían desde el templado cálido (zona desértica) a muy frío (zona cordillerana Andina), y las respuestas habitacionales construidas repiten la tipología indistintamente a su situación geográfica de localización, traducándose en un mayor consumo de energía para conseguir condiciones de confort térmico.

Los participantes expresaron las sensaciones de confort entre sus viviendas y las casas de barrio, experimentando "ahogo y sofocación" por los reducidos ambientes respecto de las generosas dimensiones del hábitat rural. De la misma manera, la situación de las viviendas apareadas de los barrios es incompatible con el modo de vida de los usuarios. El distanciamiento de las viviendas en el medio

rural es una situación que tienen muy arraigada, deseando para su conjunto residencial viviendas aisladas. Ellos realizaron una experiencia de diseño participativo que permitió detectar: cantidad y tipos de unidades funcionales, organización espacial, uso de los espacios, y relación interior-exterior. Todos estos elementos fueron tomados en cuenta en el proyecto definitivo.

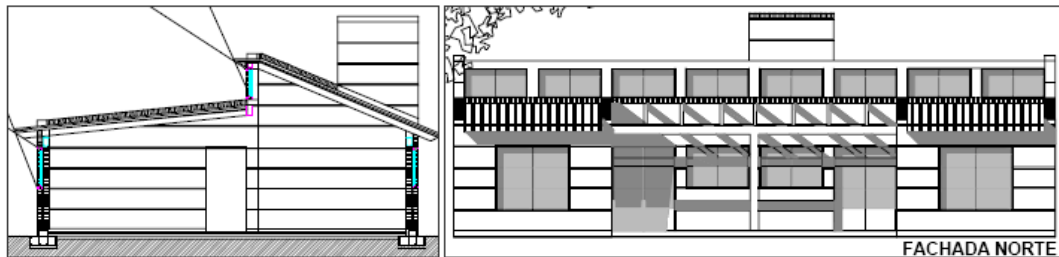


Fig. 2.7 Corte transversal y Fachada de la vivienda rural Bioclimática. Mitchell (2000)J. Diseño De Un Asentamiento Humano //ftp.cricyt.edu.ar/pub/lahv/jorge_m/trabajo2_2.pdf

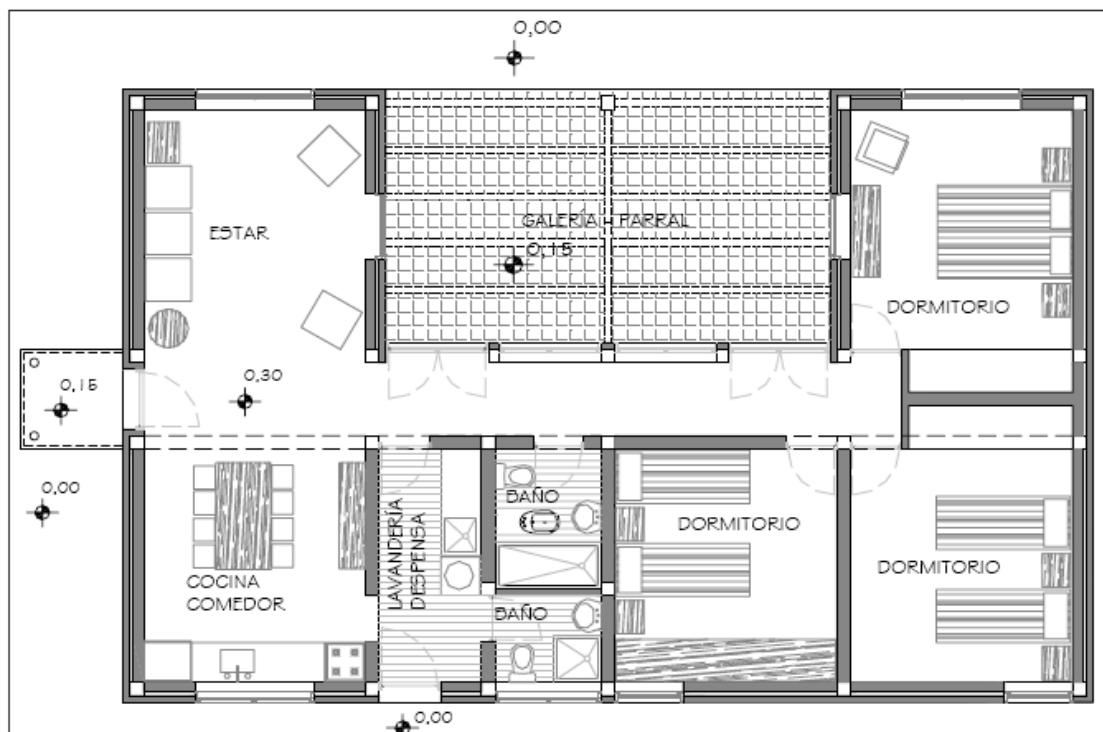


Fig. 2.8 Planta de la vivienda rural bioclimática propuesta. Mitchell (2000) J. Diseño De Un Asentamiento

La vivienda se desarrolla en una planta rectangular, la que permite la máxima exposición de locales al norte, y en corte posibilita la ganancia directa superior por diferencia de techos. Agrupadas las actividades según los distintos espacios (abierto, semiabierto y cerrado), que corresponden con las siguientes unidades funcionales.

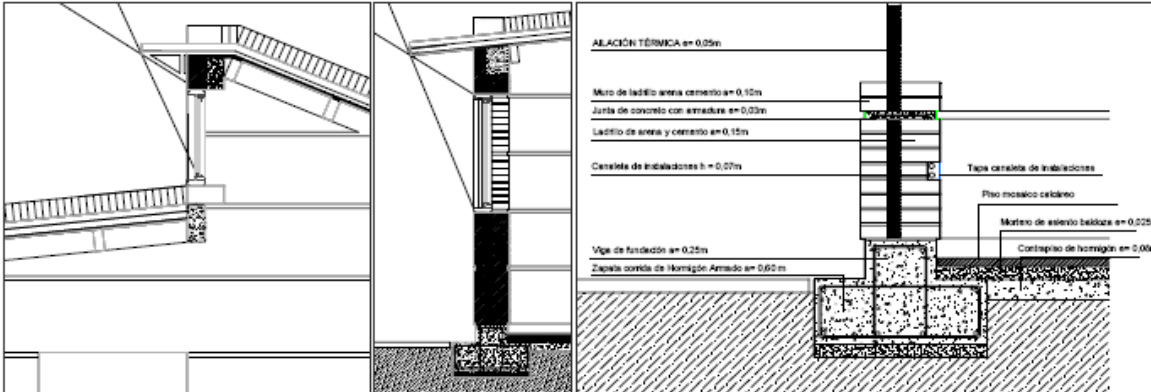


Fig. 2.9 Detalle constructivo de la vivienda rural bioclimática. Mitchell (2000). J. Diseño De Un Asentamiento Humano.

El agrupamiento de las viviendas en el conjunto obedece a la pauta de la vivienda aislada (y no apareada) compatible con el modo de vida de los pobladores rurales. Logrando de este modo aportar un mayor grado de privacidad que la alternativa de la vivienda apareada.



Fig. 2.10 Agrupamiento de las viviendas.

La vegetación conforma áreas protegidas, logrando al norte y en la estación de verano con árboles de hojas caducas, una zona sombreada y que mejora las condiciones ambientales exteriores. En cambio al sur y en invierno los forestales

son de hojas persistentes, los que se comportan como una barrera a los vientos fríos predominantes del sur como se muestra en la Ilustración 2.10.

Dentro de este diseño bioclimático de la vivienda rural propuesta es necesaria una operación adecuada de su funcionamiento. “Esta es la manera de asegurar el comportamiento diseñado en su concepción. La operación inadecuada de la vivienda puede conducir a un desaprovechamiento de las bondades con las que fue concebida, y por consiguiente el desconfort térmico que trata de revertir”¹. Si bien los pobladores rurales tienen el conocimiento de las variables climáticas por el tipo de actividad que desarrollan, no es redundante insistir en esta simple guía de operación de la vivienda y que además ha estado presente en la arquitectura vernácula.

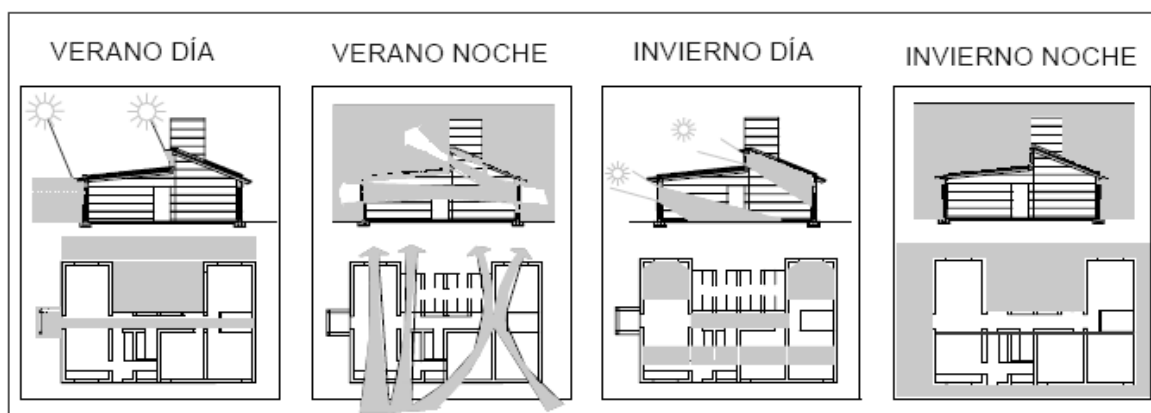


Fig. 2.11 Esquemas de manejo de la vivienda para las distintas situaciones estacionales.

Mitchell (2000).J. *Diseño De Un Asentamiento Humano*.

A continuación se describe el funcionamiento de la vivienda:

Verano día: El sombreado de la fachada expuesta a la radiación está asegurada por los aleros fijos. Estos están dimensionados con el fin de garantizar pleno acceso al sol en invierno y plena sombra en verano. Además de la provisión de sombra aportada por el parral, típico elemento de control solar en las viviendas

¹ Mitchell Jorge. *Diseño de un Asentamiento Humano* (2000) documento en ftp://ftp.cricyt.edu.ar/pub/lahv/jorge_m/trabajo2_2.pdf

rurales. La interceptación de la radiación solar evita la carga térmica en el interior y en los paramentos exteriores.

Verano noche: Se debe permitir plena ventilación nocturna. De este modo las brisas frescas nocturnas predominantes, descargan térmicamente la masa del interior de la vivienda. Para ello se debe disponer a las ventanas de tal forma que asegure una correcta ventilación cruzada.

Invierno día: El pleno asoleamiento se debe asegurar, permitiendo el acceso de la radiación solar directa en el interior de la vivienda. Evitando los obstáculos que puedan ocasionar obstrucción al paso de los rayos solares, por ello, los elementos vivos de control solar (parrales, enredaderas, forestales, etc.) deben ser de hojas caducas. El almacenamiento de la energía solar se produce en los elementos constructivos de la vivienda que poseen masa, como por ejemplo; muros, pisos y techos. Estos elementos al estar aislados térmicamente evitan las pérdidas de dicha energía al exterior y permite disponer de ella durante la noche cuando cae la temperatura exterior.

Invierno noche: Al igual que la situación de verano día, se debe cerrar y proteger a la vivienda de las pérdidas de energía. Para ello se deben proteger las ventanas (con doubles vidrios, cortinas pesadas, etc.) para evitar las pérdidas por conducción. Así como también las carpinterías con doubles contactos y burletes deben garantizar la estanqueidad y evitar las infiltraciones. Los muros y techos aislados térmicamente evitan las pérdidas y permiten la conservación de la energía térmica acumulada durante el día.

Con el apoyo de un simulador térmico (Quick) fue posible predecir el comportamiento térmico interior de la vivienda. A partir de ingresar los datos geométricos de la volumetría de la vivienda, las características de los materiales que constituyen los elementos constructivos, la información climática del lugar y la operación del mismo, permitió obtener la temperatura media del interior de la

vivienda. Esta es una herramienta de diseño muy valiosa que nos brinda información del comportamiento térmico y nos permite corregir en la fase de proyecto.

La vivienda parral y la vivienda invernadero tienen un comportamiento que oscila entre los 20°C y 27°C, para un día de diseño de invierno y de verano, verificándose el funcionamiento de las estrategias bioclimáticas. Con estos valores obtenidos en el comportamiento térmico de la vivienda se puede concluir que se cumple con el objetivo primordial de la vivienda, que es dar abrigo y protección a sus moradores.

Las simulaciones térmicas se llevan a cabo para cada situación evolutiva de la vivienda, presentándose en este caso el inicial - vivienda con parral - las superficies de los sistemas solares pasivos se han determinado teniendo en cuenta la simulación térmica en el mes de julio y en el mes de enero - éstas temperaturas resultan sin considerar aportes internos de energía auxiliar. En la Ilustración 2.12 se puede observar la simulación térmica para la vivienda en día soleado de invierno. Las temperaturas se encuentran entre 19°C y 26°C, durante las horas de día. Esta misma ilustración muestra las temperaturas en el verano y se encuentra entre los 20°C y 27°C con estrategia de ventilación nocturna y protección solar diurna.

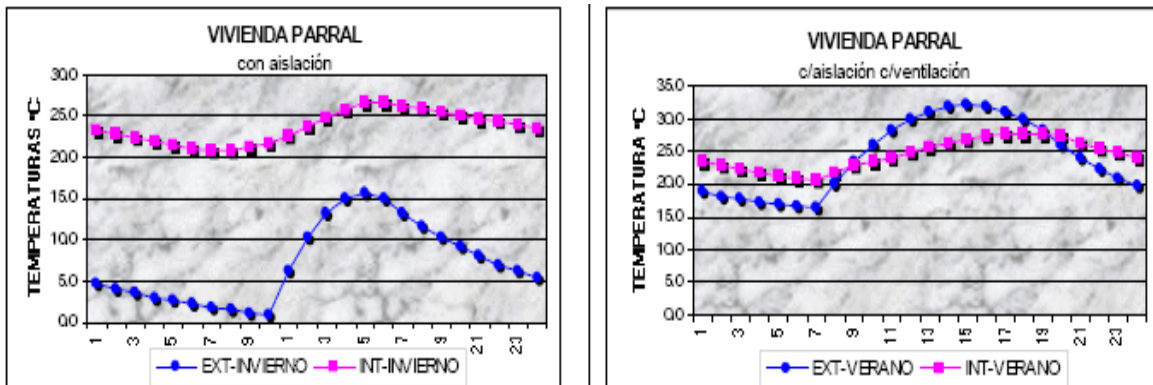


Fig. 2.12 Comportamiento térmico de la vivienda.

Al llegar a las conclusiones se llegó a lo siguiente: “Los resultados obtenidos a través de análisis de simulación y cálculos de ahorro energético son claramente alentadores, considerando la simplicidad del diseño y de las soluciones tecnológicas adoptadas. También los resultados económicos muestran que la aplicación de diseño y tecnologías energéticamente eficientes en edificios de vivienda rurales es posible en la región. La vivienda parral tiene un comportamiento que oscila entre los 20°C y 27°C. Los valores se obtuvieron a partir de simulaciones térmicas para un día de diseño de invierno y de verano, verificándose el funcionamiento de las estrategias bioclimáticas.”²

Se trabajó con los destinatarios del proyecto en talleres participativos, quienes decidieron sobre los distintos aspectos del diseño del asentamiento. Estos diseños son parte de la documentación definitiva que les permitió la prioridad del municipio en la financiación, lo que posibilitará la construcción del conjunto rural para satisfacer la necesidad de la vivienda propia del grupo de vecinos de Calle Caballero. Esta experiencia culminará con la construcción de dichas viviendas y su transferencia a otros grupos sociales. De éste modo se ponen en práctica algunas de las conclusiones de la Cumbre de Hábitat II, donde se incentiva al desarrollo de los asentamientos humanos rurales, a la participación popular, al uso de fuentes renovables de energía, y así contribuir a un desarrollo sustentable de los asentamientos humanos con el fin de garantizar paz y justicia entre los pueblos.

CONCLUSIONES DEL CAPITULO

Mediante los ejemplos citados en este capítulo, podemos concluir que la hipótesis establecida acerca de la importancia del papel que juega la iluminación en los espacios arquitectónicos, y que es posible plantear soluciones que respondan a los requerimientos lumínicos y térmicos. También se demuestran beneficios en la calidad de vida y en aspectos económicos.

² Mitchell Jorge Diseño de un Asentamiento Humano (2000) documento en ftp://ftp.cricyt.edu.ar/pub/lahv/jorge_m/trabajo2_2.pdf

CAPITULO 3. ANÁLISIS CLIMÁTICO DE LA REGIÓN DE ESTUDIO (CALIDO-SECO).

Para poder definir las estrategias de diseño que se llevarán a cabo en este proceso de investigación, es necesario elaborar un análisis de las variables climatológicas de la región de estudio, que para este caso es el clima cálido-seco que presenta la ciudad de Hermosillo Sonora, que se encuentra localizada en el paralelo 29° 05 de latitud y el meridiano 110°57 de longitud oeste de Greenwich, a una altura de 282 metros sobre el nivel del mar.

Se analizarán los parámetros de la temperatura ambiental, radiación solar, humedad relativa y velocidad y dirección del viento durante el año. Para poder precisar las estaciones del año, se toma en cuenta el mes de abril como primavera, el mes de junio para la estación de verano, la estación de otoño para el mes de octubre y enero para invierno.

3.1 Temperatura del Ambiente

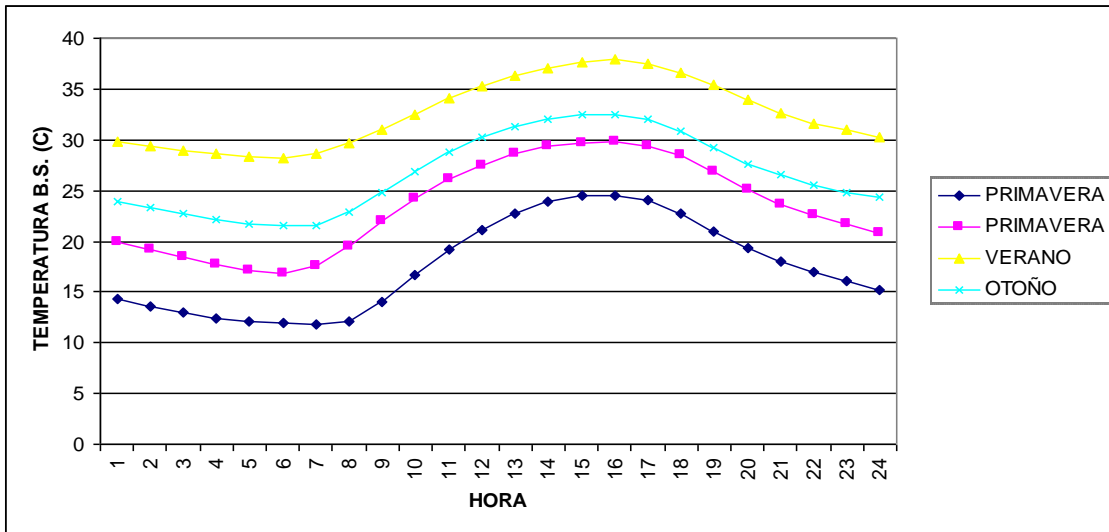


Fig. 3.1 Temperatura ambiente en las cuatro estaciones del año.

Las temperaturas registradas durante las cuatro estaciones del año se pueden observar en la gráfica 1, ésta muestra que las temperaturas más críticas se registran durante el verano de las 11 hasta las 17 horas, mientras que las temperaturas moderadas se presentan durante el otoño y primavera, y las temperaturas mas bajas se muestran en invierno.

3.2 Humedad Relativa.

La humedad relativa esta presentada en el gráfico 2, en donde se puede observar que la estación del año en la cual se presenta menor humedad es en la primavera con humedades relativas bajas. Las estaciones de otoño y invierno presentan humedades relativamente medias y la estación de verano es la que presenta mayor humedad durante las primeras horas del día, y al pasar las horas la humedad baja considerablemente. Es preciso aclarar que las humedades que registra la ciudad de Hermosillo no son muy elevadas.

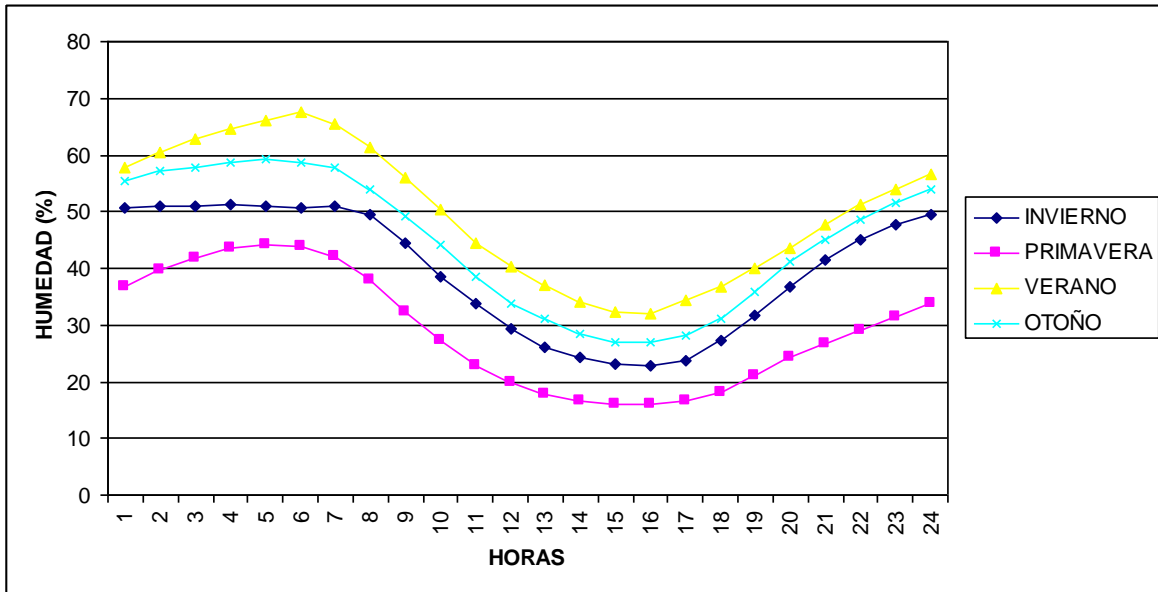


Fig. 3. 2 Humedad relativa de las cuatro estaciones del año.

3.3 Radiación Solar.

En la grafica 5 se puede observar la radiación solar durante las estaciones del año. La más crítica se observa durante la estación del verano junto con la de primavera en las horas de medio día, y en las otras estaciones no es tan elevada, como la estación de invierno que es la que tiene un valor menor. Es importante aclarar que la radiación solar es elevada en todo el año.

3.4 Vientos.

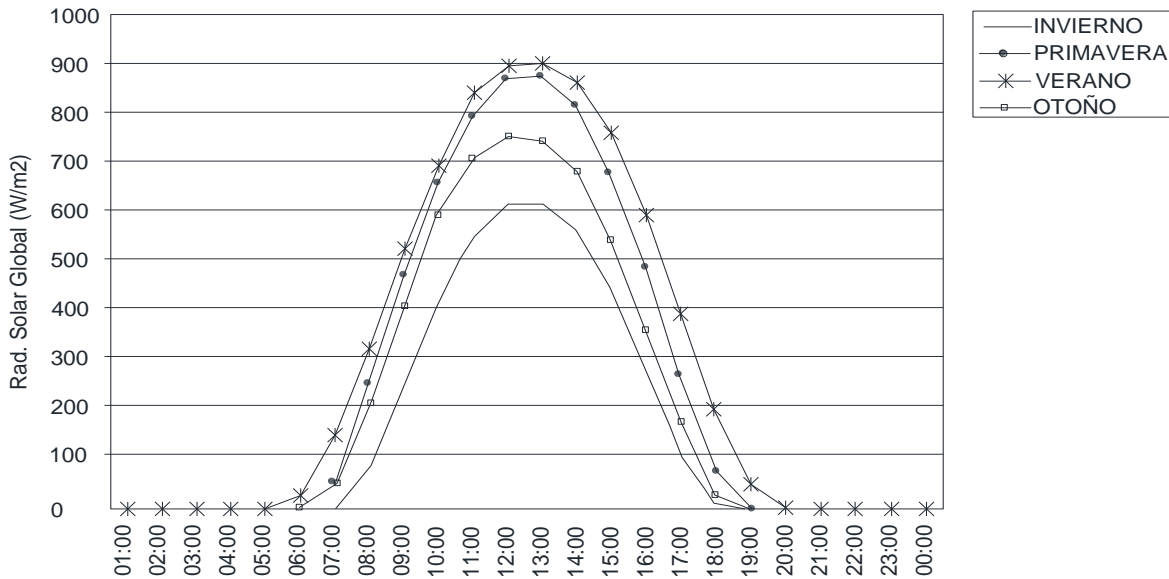


Fig. 3.3 Radiación solar global horizontal para la ciudad de Hermosillo.

Los parámetros a considerar dentro del viento en Hermosillo son frecuencia y dirección durante los doce meses del año. Se observa en las gráficas que las barras representan la frecuencia del viento, mientras que las líneas punteadas representan la velocidad promedio del viento en cada dirección.

Puntos claves a resaltar durante la estación de invierno, es que los vientos dominantes vienen del este, por lo tanto este factor afecta directamente a los edificios, debido a que si no es tomada en cuenta esta variable, los vientos podrían bajar las temperaturas de las edificaciones.

Durante las estaciones de primavera y otoño los vientos dominantes provienen del suroeste, y pueden ser aprovechadas por algunas horas del día. Los vientos cálidos predominan durante el verano y provienen del suroeste y es necesario protegerse de estos vientos, debido a que calentarán las edificaciones afectando los interiores de las mismas, para que las condiciones de confort no sean afectadas.

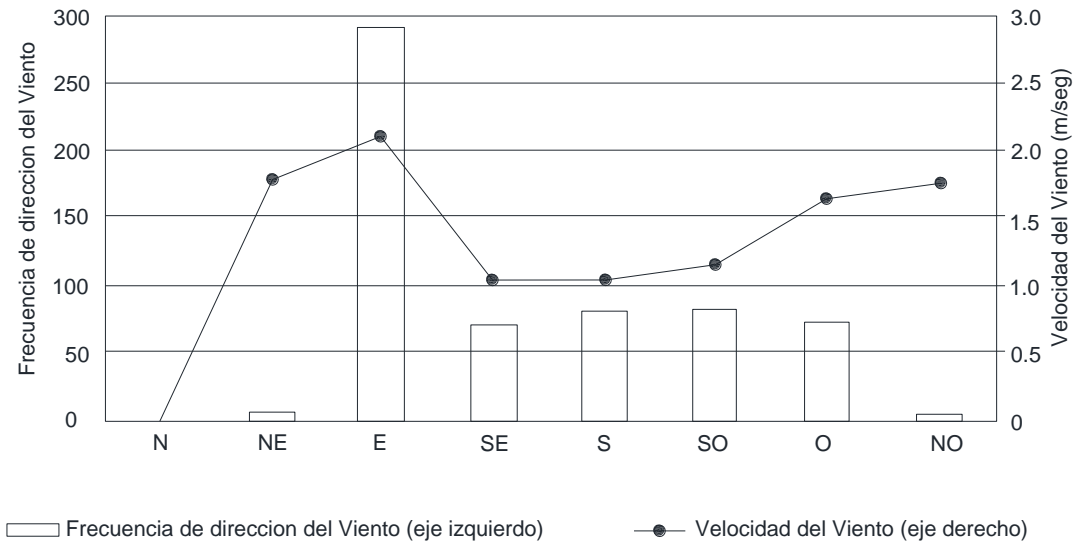
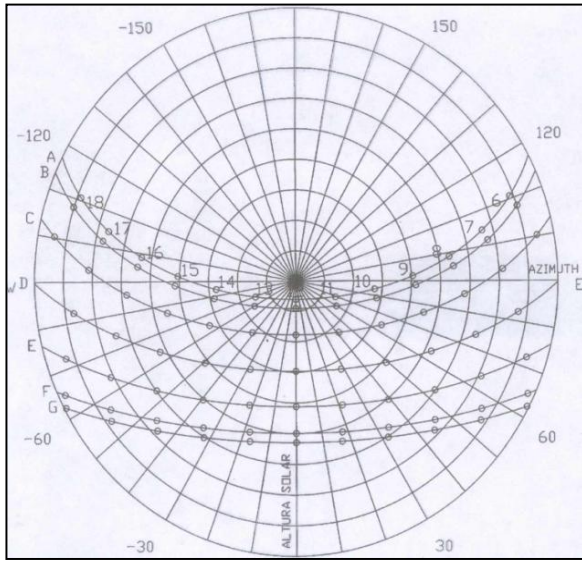


Fig.3.4 Frecuencia y velocidad promedio del viento en enero.

3.5 Grafica solar equidistante.



Gráfica solar de Hermosillo.

Proyección horizontal de Hermosillo Sonora.

A	21-Jun
B	21 Julio-Mayo
C	21 Agosto-Abril
D	21 Septiembre-Marzo
E	21 Octubre-Febrero
F	21 Noviembre-Enero
G	21-Dic

Fig. 3.5 Gráfica 1 Radiación solar. ¹

La gráfica 3.5 muestra los parámetros solares para la ciudad de Hermosillo. Muestra con exactitud a qué hora y mes nos debemos de proteger de la radiación solar, así como en invierno nos debemos de exponer a ella. Está elaborada en función de la latitud, altura y azimut del lugar.

3.6 Diagrama Bioclimático de Olgyay.

En este diagrama se muestran las diferentes condiciones climáticas de la ciudad de Hermosillo dentro del periodo de un año. Contiene una tabla que presenta las condiciones de ventilación, humedad relativa, de radiación solar y de temperatura, las cuales se utilizan para poder establecer una zona de confort del espacio y así se toman en cuenta las condiciones a razonarse para alcanzar la comodidad de los usuarios.

¹ Luján Verduzco Maria Martha.
Mejoras en el Diseño Lumínico de los Edificios Educativos Tipo CAPFCE en Hermosillo; Sonora”
Universidad de Sonora.

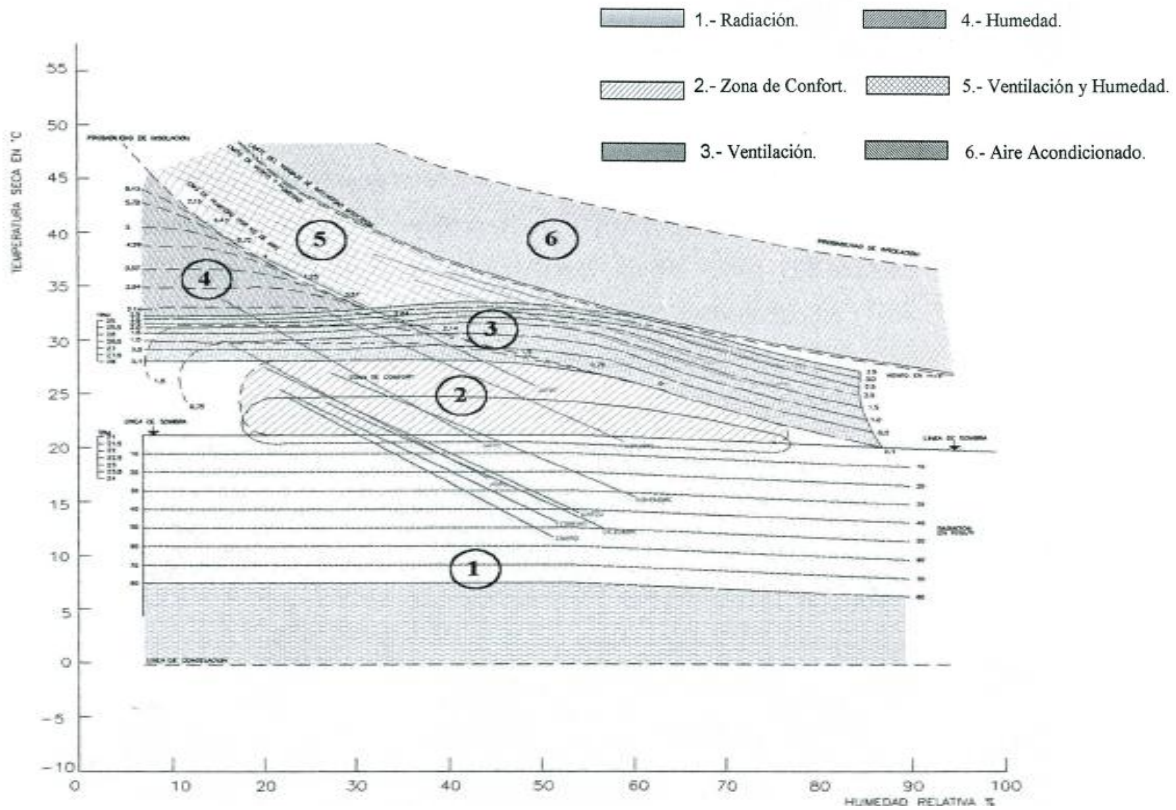


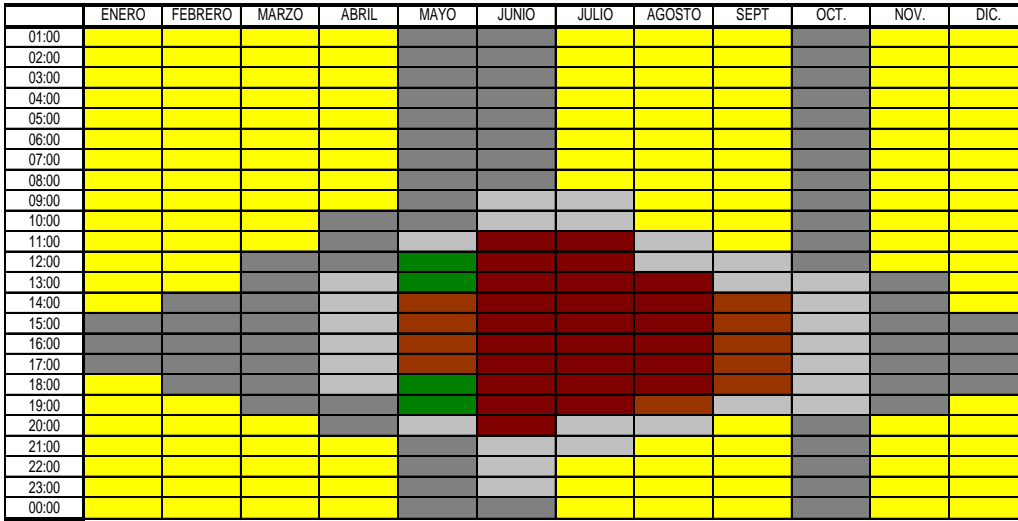
Fig. 3.5 Diagrama bioclimático de Olgay para la ciudad de Hermosillo. 2

Estos parámetros climáticos que se encuentran en el diagrama de Olgay que se muestra en la siguiente página, son necesarios para poder otorgar respuestas a las variables climáticas que se puedan presentar para poder aproximarse lo más posible al confort de los usuarios.

Para poder comprender mejor el diagrama de Olgay se presenta a continuación en la gráfica 1.1 una matriz en la cual se explican las diferentes condiciones que se requiere para alcanzar el confort. A esta matriz se le llama “*calendario de necesidades bioclimáticas*”, contiene los 12 meses del año los cuales se cruzan con las 24 horas del día, así se localizan por medio de colores para mostrar las acciones requeridas para mejorar y se obtiene con base al diagrama de Olgay.

2 Luján Verduzco Maria Martha.
Mejoras en el Diseño Lumínico de los Edificios Educativos Tipo CAPFCE en Hermosillo; Sonora”
Universidad de Sonora.

GRAFICA 1.1 Calendario de necesidades Bioclimáticas para la Ciudad de Hermosillo.



Se puede observar en la tabla 3 que los meses en donde el confort de los usuarios esta más comprometido es en los meses de mayo, junio, julio y agosto debido a que las altas temperaturas afectan directamente. Este efecto se presenta con mayor intensidad a las 11 horas hasta las 17 horas, por lo que se requiere de una mayor protección de la radiación, así como activar mecanismos para la humidificación y ventilación de los espacios y en algunos casos es indispensable el uso de aires acondicionados para refrescar el ambiente.

También se puede observar en la tabla 3 que en los meses de noviembre a mayo en las primeras horas del día es cuando se necesita radiación, debido a que es la estación de invierno se necesitan ganancias de calor en los edificios, esto cambia en el mediodía en donde se alcanzan zonas de confort.

Durante los meses de mayo, junio y octubre, se presenta un fenómeno de variación constante del clima, esto se sucede debido a que en la noche y mañana se presentan temperaturas confortables, pero al llegar el mediodía se requiere de ventilación y humidificación, y durante el mes de junio se requiere refrigeración. Durante los meses de julio y agosto es imprescindible el uso de aire acondicionado para alcanzar temperaturas de confort durante el mediodía y ventilación la mayor parte del día.

CONCLUSIONES DEL CAPITULO

Una vez recopilada y evaluada la información necesaria que nos ayuda a comprender con qué tipo de clima y con qué variantes estamos tratando, podemos entonces enfocarnos en los datos críticos. Estos se presentan en los meses de junio, julio y agosto, ya que presentan una mayor ganancia de radiación solar la cual afecta a las edificaciones con una considerable ganancia de calor, alcanzando ente los 35 y 42 grados centígrados temperatura ambiente a la sombra, siendo esta variable climática punto de partida a tratar en las estrategias para alcanzar un confort lumínico.

CAPITULO 4. SELECCIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO Y PROGRAMAS DE SIMULACIÓN.

Para poder seleccionar los casos de estudio, se requiere de un análisis de los edificios existentes y localizar los modelos más comunes dentro de la zona de estudio. Se encuentran los edificios tipo CAPFCE y la vivienda de interés media como puntos de partida.

4.1.-EDIFICIO EDUCATIVO.

El edificio educativo seleccionado, es de tipo CAPFCE, el cual se encuentra dentro de las instalaciones de la Universidad de Sonora campus Hermosillo. Está ubicado en el departamento de física al sur poniente de rectoría. Se puede ver la localización en la figura 4.1.

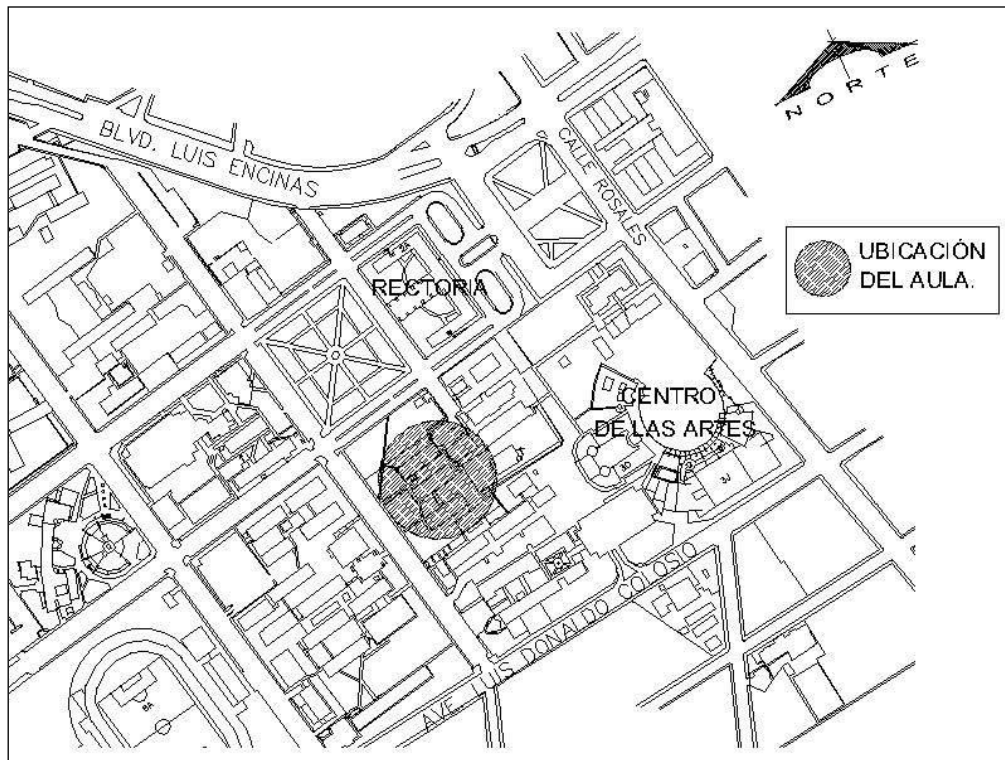


Fig. 4.1 Se muestra la ubicación del conjunto de edificios del Departamento de Física.

Los edificios tipo del Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas (CAPFCE) están contruidos por el Gobierno Federal con recursos que se destinan a los programas de construcción, mantenimiento, rehabilitación y equipamiento de escuelas, y tiene como principal objetivo diseñar

los modelos y proyectos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones, en concordancia con la normatividad oficial vigente y a lo establecido en las “Normas para Estudios, Proyectos, Construcción e Instalaciones” del CAPFCE.

Es por ello que este tipo de edificios se somete a un análisis, debido a la importancia de éstas edificaciones que se encuentran en todas las localidades del territorio mexicano, incluidas las instituciones de nivel superior



Fig. 4.2 Edificio educativo tipo CAPFCE en la Universidad de Sonora. Autor: Navarro M. Julio.

como lo es la Universidad de Sonora, como se puede observar en la Fig 4.2, en donde se ve un edificio tipo CAPFCE dentro de esta institución. Se utiliza la misma modulación y disposición para aulas de clases, oficinas y laboratorios, estos módulos se pueden encontrar hasta de tres niveles y es en donde se verifica la eficiencia en el aprovechamiento de la iluminación natural.

Los medios financieros con los cuales fueron construidos estos edificios dentro de la universidad de sonora, fueron aportaciones “directas del



Fig. 4.3 Ventanas situadas al lado norte del aula analizada. Autor: Navarro M. Julio.

tomar ellos la decisión de la ubicación y el aspecto formal del edificio”¹, sin tomar en cuenta las necesidades que se tiene en la región en cuanto al clima.

El aula seleccionada, se ubica en el departamento de Física de la Universidad de Sonora (figura 4.1), las especificaciones arquitectónicas se pueden observar en el figuras 4.3.1 Y 4.3.2, en donde se muestra un aula de dimensiones pequeñas y de una altura de plafón bastante baja, dentro de la cual no se encuentran mesa bancos sino varios escritorios los cuales son utilizados por los alumnos al igual que el docente.

Esta aula está integrada a un edificio en el cual se encuentran oficinas, laboratorios y aulas de clases. El sistema constructivo utilizado es a base de muros de block y concreto, las losas de entrepiso están conformadas por concreto armado sobre vigas de concreto armado, las cuales a su vez están apoyadas sobre columnas de 30 x 60 cm.

En cuanto a las cuestiones lumínicas en las que se encuentra el salón, se puede observar la presencia de grandes ventanas que cubren parcialmente la mitad del muro, éstas tienen dimensiones de 1.50 x 2.88 metros y están situadas al lado norte, y por el lado sur solo se encuentran unas pequeñas ventanas de 0.80 x 2.88, lo que puede observarse en la Fig. 4.5. Por lo tanto, el lado norte obtiene deslumbramiento, por lo que los usuarios utilizan sistemas de protección contra el sol y en contraste del lado sur existe escasez de luminosidad. Debido a esto, se opta por mantener encendidas las luces eléctricas con las cortinas cerradas durante todo el día.

¹ Luján Verduzco, Maria Martha. (2004) Universidad de Sonora “Mejoras en el Diseño Lumínico de los edificios educativos tipo CAPFCE en Hermosillo; Sonora” Pág.:64

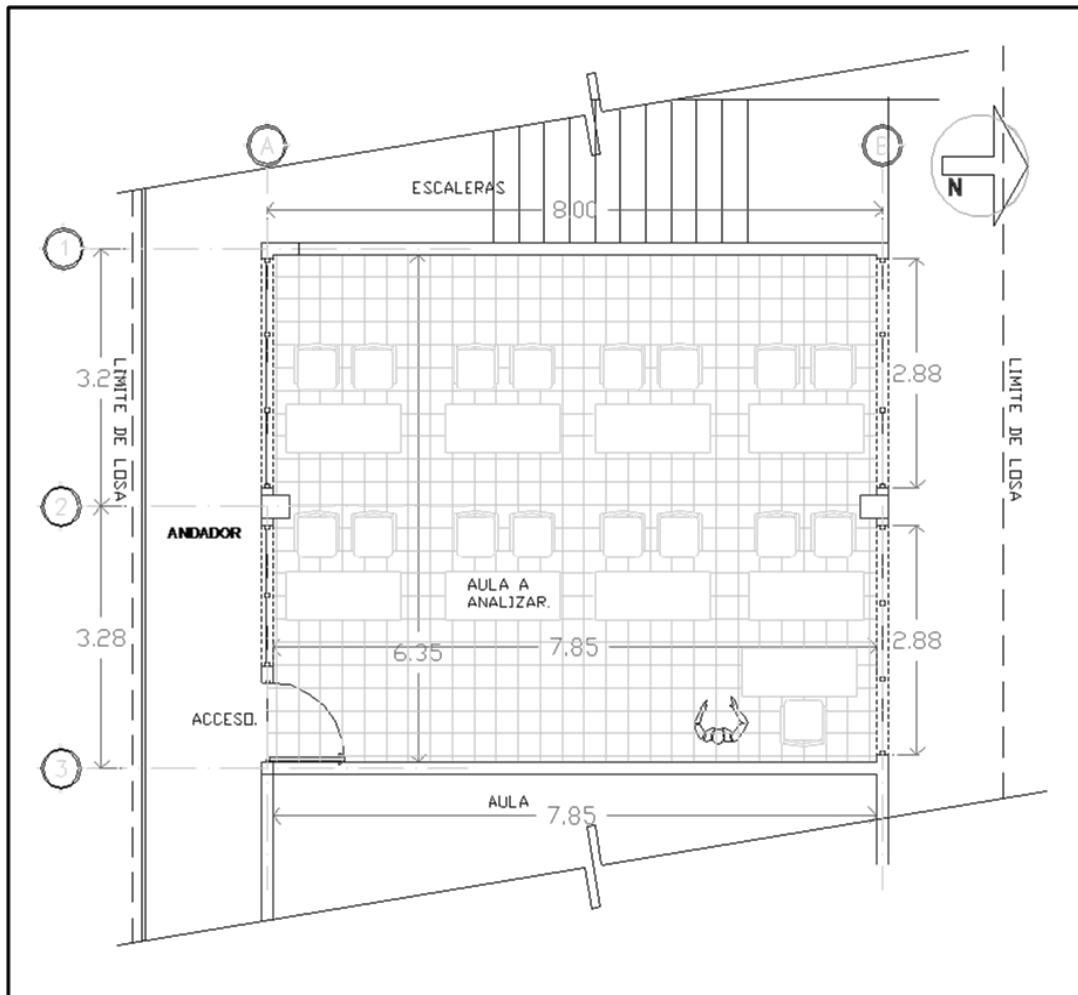


Fig. 4.3.1. Planta arquitectónica del aula a analizar, en donde se muestran las dimensiones con las cuales cuenta este espacio.



Fig. 4.4 Iluminación artificial utilizada a las 13 horas. Autor: Navarro M. Julio.

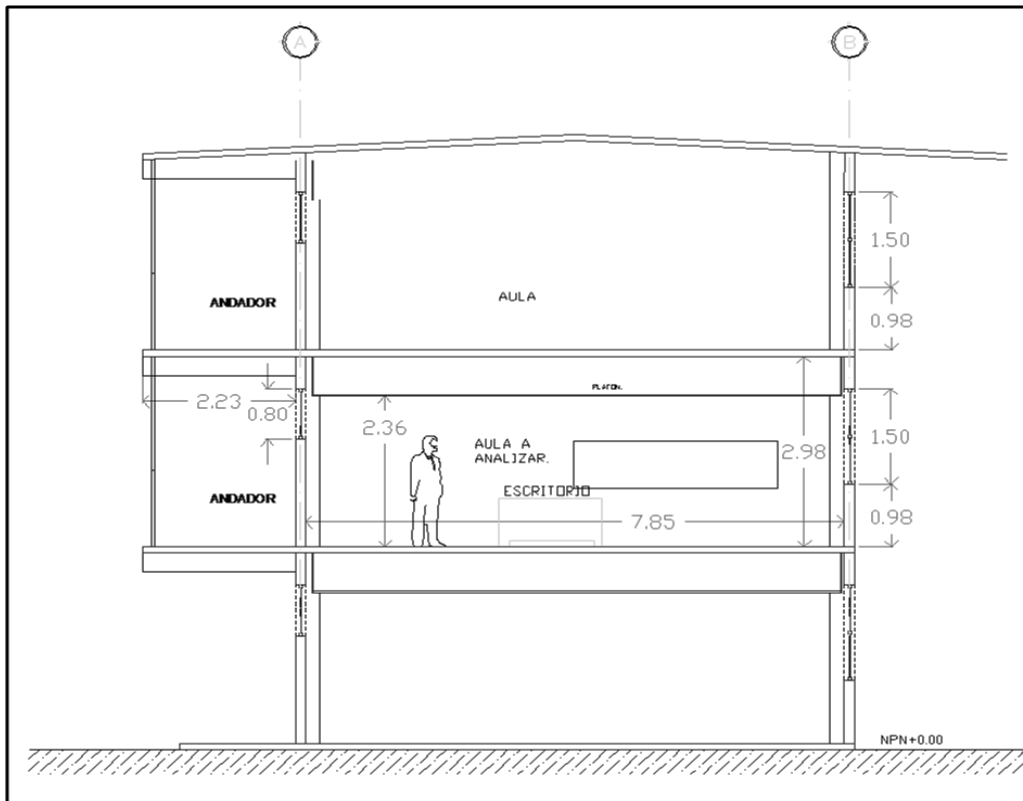


Fig. 4.5 Corte arquitectónico del salón de clase que se tomo como muestra.

En la figura 4.6 observamos cómo durante una exposición de equipos del departamento de Física, es utilizada la luz eléctrica del aula, siendo las 13 horas del día durante el mes de mayo. Esto no solo se da durante la semana cultural de física, sino durante todos los días del calendario escolar. Por otro lado, se puede observar



Fig. 4.6 Ventanas al sur de 0.80 metros de alto. Autor: Navarro M. Julio.

deslumbramiento en las ventanas, lo cual causa dificultad al tratar de observar la exposición específicamente desde ese punto. También se puede observar el

grado de reflexión que aporta el edificio vecino al lado norte, el cual recibe directamente los rayos de luz y los proyecta hacia el interior del espacio en cuestión.

Debido a que el ojo humano no es capaz de adaptarse rápidamente a los cambios bruscos de iluminación, se opta por cubrir totalmente las ventanas con cortinas gruesas que no dejan pasar la luz difusa al interior del espacio, como se muestra en la figura 4.7, dando como resultado un deslumbramiento al observar la puerta abierta.



Fig. 4.7 Cortina que obstruye el paso de la luz difusa.
Autor: Navarro M. Julio.

La iluminación artificial esta compuesta por luminarias con tres lámparas de 20 watts, el aula cuenta con 8 luminarias sumando un total de 480 watts/hora, haciendo con esto, un gasto innecesario para el ahorro de energía de la institución.

A manera de concluir este análisis, esta aula cuenta con condiciones favorables para aprovechar la iluminación, las cuales no fueron fructificadas por los proyectistas de los edificios CAPFCE. Es decir, el aula presenta problemas de deslumbramiento y contraste lo que provoca manchas visuales en el plano de trabajo. En cuanto a lo climático, no tiene problemas, debido a que cuenta con un colchón térmico compuesto por las aulas que se encuentran alrededor.

4.2 CASA HABITACIÓN.

Para la selección de la casa habitacional, es necesario ubicarla dentro del contexto económico y funcional que tengan en común la mayoría de las viviendas. Para su posterior análisis.

La casa seleccionada se encuentra al oriente de la ciudad de Hermosillo, en la colonia Country Club. Tiene una orientación de oriente a poniente, el oriente sobre su fachada principal. La distribución de la vivienda esta compuesta en su planta baja de sala-comedor, cocina, ½ baño y un pequeño recibidor que contiene a las escaleras con una superficie total de 38.20 metros cuadrados, en su parte exterior, cuenta con un patio de



Fig. 4.8 Fotografía de la casa habitación a analizar. Autor: Navarro M. Julio.

servicios, cochera para un auto y un pequeño pórtico junto al jardín. La planta alta esta compuesta por tres recámaras con closet y un baño completo, la cual también cuenta con un área de 38.20 metros cuadrados. Esto se puede observar en la figura 4.9 que muestra todas estas áreas que se encuentra en la siguiente página.

En la fachada principal, cuenta con unas pérgolas que se encuentran en el acceso, el cual no afecta en las cuestiones lumínicas, ni térmicas del interior. Sin embargo, un elemento que sí afecta, son las sombras que se proyectan en las ventanas de la sala y la recámara principal por un volumen en fachada que se puede ver de color guinda en la Fig. 4.8. Fuera de esto, no existen elementos que aporten a la iluminación natural. En el interior, existen elementos de control de iluminación natural, como persianas en la sala, cocina y comedor, mientras que en los cuartos se encuentran cortinas como métodos pasivos de protección del

deslumbramiento al cual esta sometido el espacio. El color de los muros en el interior afecta en poco a pesar de ser de colores claros como blanco hueso y un ligero color crema que refleja la iluminación de forma considerable en el interior de la vivienda. El piso está compuesto por *piso de cerámica* de 50 por 50 centímetros de color blanco el cual actúa como reflector de la luz difusa en el interior.

Cuenta con iluminación artificial, la cual consta de bombillas de 75 watts, 9 en la planta baja y 5 en la planta alta distribuidas en el cuarto y el baño. Esto no genera mucho gasto eléctrico, pero se ve reflejado a largo plazo.

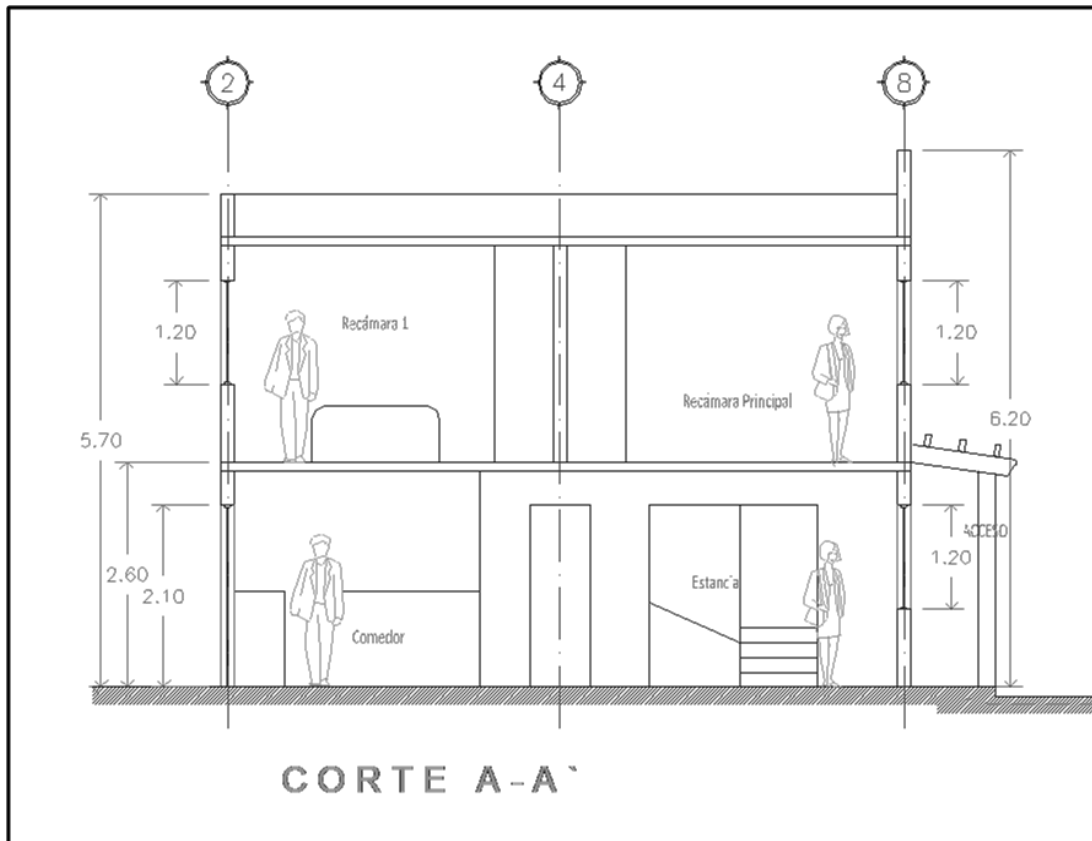


Fig. 4.9 Corte A-A de la vivienda seleccionada en donde se pueden ver las alturas.

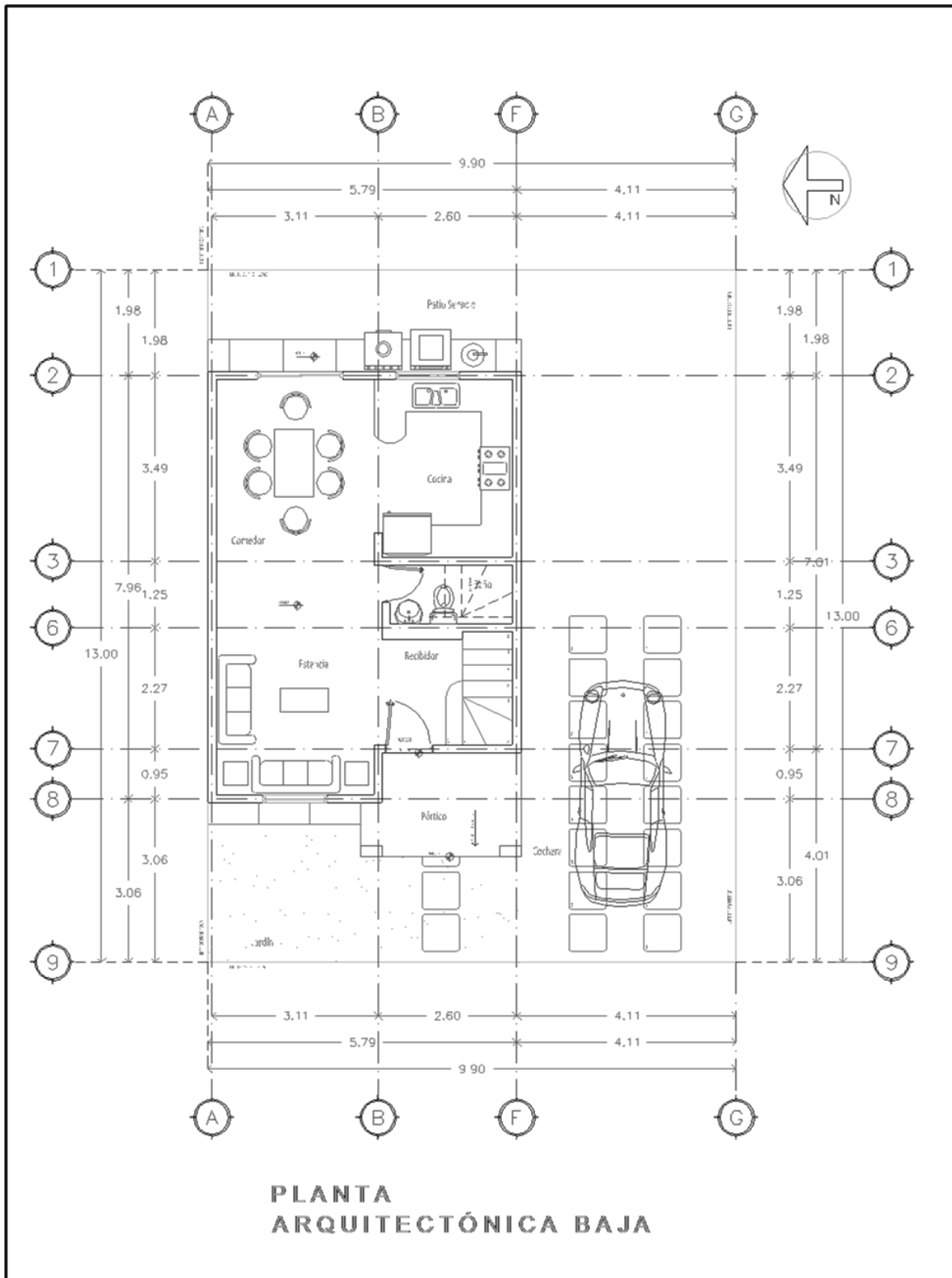


Fig. 4.9.2 Planta arquitectónica de la vivienda a estudiar.

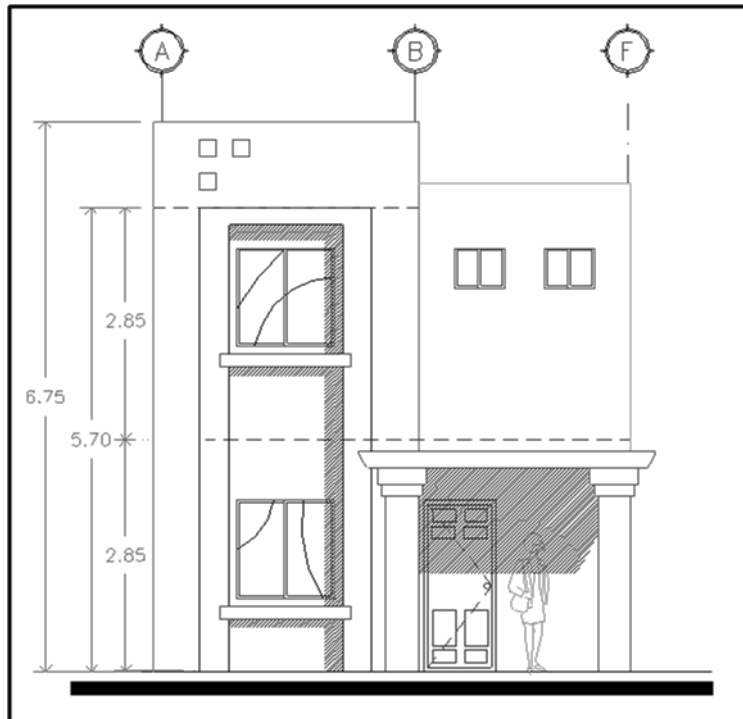


Fig. 4.10 Fachada principal.

4.3 PROGRAMAS DE SIMULACIÓN

Para la elaboración del informe en el cual se analizarán las condiciones en las que se encuentran los edificios, es necesario llevar a cabo un análisis de software especializado en las variables de iluminación natural y ahorro energético. Para esto se utilizarán dos programas de simulación los cuales son: DesignBuilder Software y ECOTECT.

4.3.1 DesignBuilder Software.

DesignBuilder Software Ltd es una empresa privada de software de Investigación y Desarrollo. Esta comenzó en 1999 como Codificación de Energías Mercancías. Basado en Stroud, Gloucestershire, se especializa en el desarrollo de alta calidad de simulación basado en herramientas de software para profesionales

y proyectos de investigación, y tiene un interés particular en el desarrollo fácil para utilizar métodos de cálculo. DesignBuilder es un software de un resultado de 8 años de inversiones y fue dado a conocer en diciembre de 2005 como DesignBuilder v.1.0.

Este simulador es capaz de ofrecer resultados considerables en el fomento del análisis de la energía. Se tienen muchos años de experiencia trabajando con el diseño de los edificios y los profesionales han contribuido al éxito de varios proyectos de investigación financiados por el gobierno, incluido el Gobierno del Reino Unido.

"Nuestro objetivo es lograr la construcción de modelos avanzados en la corriente principal mediante el suministro de herramientas que son fáciles de usar y muy accesibles, tanto en términos de costo inicial y en el tiempo necesario para aprender. Estamos especialmente interesados en fomentar la utilización de técnicas de diseño responsable con el medio ambiente y para desempeñar nuestro papel en la reducción de la construcción relacionadas con la contaminación a niveles sostenibles".²

Características DesignBuilder

Este programa de simulación permite la construcción de modelos a ser ensamblados por el posicionamiento de bloques en el espacio 3-D. Los bloques se pueden cortar y estirar de tal manera que le permite trabajar con casi cualquier geometría.

Se pueden adaptar los detalles de cada modelo y permite la construcción de la herramienta que debe utilizarse de manera eficaz en cualquier etapa del proceso de evaluación o de diseño.

² Pagina web oficial del programa Desin Builder
(<http://www.designbuilder.co.uk/content/view/28/43/>)

La creación de la geometría se puede elaborar importando plantas diseñadas en CAD, y a continuación remontarse a la elaboración del modelo en DesignBuilder en el cual se pueden incorporar todo tipo de detalles como lo son las ventanas, puertas, huecos, etc. que son importantes para la evaluación lumínica y térmica del edificio, incluido el efecto de sitio sombreado.

Un punto importante de este programa es el de ejecutar simulaciones de su modelo utilizando datos meteorológicos reales por hora, para comprobar cómo se comportaría el edificio en virtud de las condiciones de funcionamiento real. Es capaz de calcular las cargas de calefacción y refrigeración utilizadas. Obteniendo una amplia gama de datos de la simulación puede ser mostrado de manera anual, mensual, diario, por hora o sub-intervalos de horarios:

- ◆ El consumo de energía desglosado por combustible.
- ◆ Aire interior, la media radiante y el punto de temperatura y humedad.
- ◆ Confort, incluidos sobrecalentamiento dentro de las horas y las curvas de distribución.
- ◆ Datos meteorológicos del sitio.
- ◆ La transmisión de calor a través de la construcción de tejido incluyendo paredes, techos, la infiltración, ventilación, etc.
- ◆ Calefacción y refrigeración o cargas.
- ◆ La generación de CO2 Ambiental.

Ventilación natural puede ser el modelo con la opción de abrir ventanas sobre la base de un punto de ajuste de la temperatura de ventilación, las aberturas pueden ser moduladas por fuera de la temperatura del aire.



Torre de Ingeniería, DesignBuilder model by David Barrera, Mexico

Fig. 4.11 Torre de Inglaterra, modelo en DisingBuilder .

La Iluminación natural se enfoca en modelos de los sistemas de control de iluminación con uno o dos sensores de luz para cada zona y calcula el ahorro en iluminación eléctrica. Los detalles característicos arquitectónicos tales como columnas, toldos y complejos dispositivos de sombra pueden ser tratados incluido el efecto de sombreado y la reflexión.

4.3.2 Programa de simulación: ECOTECH.

El programa de simulación ECOTECH ofrece una gran cantidad de opciones a analizar en un edificio, y puede ser adaptado a cualquier latitud de la tierra, incorporando variables propias de la región en la cual se encuarte el edificio, debido a esto, solo se realizará el análisis a las variables que correspondan al tema de este documento de investigación que es la iluminación natural y el ahorro de energía dentro de los edificios educativos tipo CAPFCE y la vivienda en la ciudad de Hermosillo.

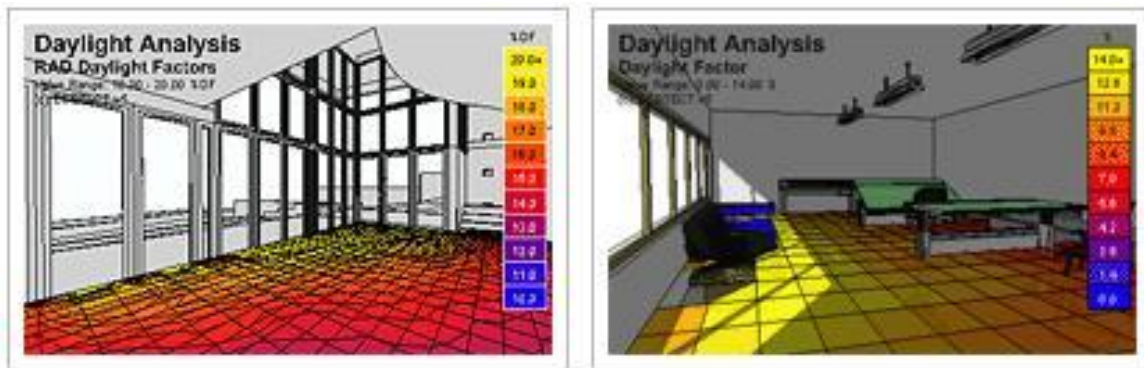


Fig. 4.12 Ejemplo análisis de la iluminación natural de una sala de estudio.

Dentro de las funciones de este programa, se puede analizar las sombras y las reflexiones a cualquier hora del día, en cualquier lugar de la tierra donde se encuentre el edificio. Se analiza el recorrido del sol en relación con el modelo, resaltando las sombras específicas de cada elemento por separado por tonos de colores para su estudio y así estudiar las reacciones que se tiene en el edificio que se esta analizando, como se puede mostrar en la Fig. 4.12.

Otra de sus funciones es cortar una sección a través de su edificio para poder observar el detallado interior de la penetración de los patrones de sol en cualquier fecha y hora. Dándole un seguimiento de los movimientos de reflexiones en todo el sitio.

Una de las principales características de este simulador es que tiene la capacidad de moverse e interactuar sobre el modelo y la modificación de la fecha y hora de los cambios, como se muestra en la Fig. 4.13 También es posible calcular el sombreado para mostrar cuadros de sombra parcial y efectos de sombreado de porcentaje instantáneo. Estas tablas se pueden utilizar para obtener los factores de luz de día vertical y la radiación difusa y sus coeficientes de sombreado.

Este sistema también permite estudiar el diseño de iluminación y controlar las variables para una mejora de efectividad en la iluminación eléctrica, a través de procesos de cálculo de los niveles de luz artificial y la luz del día en el modelo en cualquier punto de su diseño.

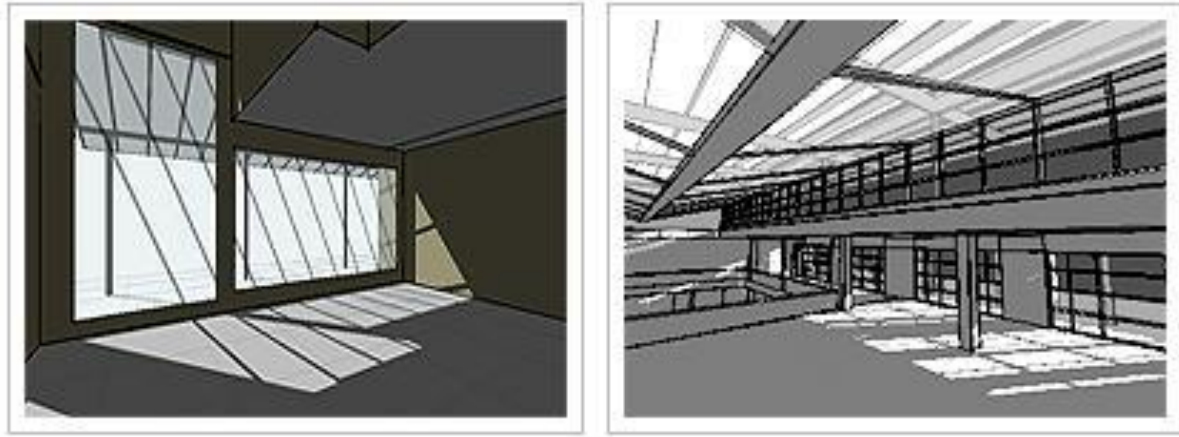


Fig. 4.13 Análisis de las sombras en el interior del edificio.

4.4. EQUIPO UTILIZADO.

El equipo que fue empleado para obtener los datos de iluminación de los espacios a analizar, fue proporcionado por el laboratorio de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Sonora y está compuesto de 5 sensores, los cuales fueron montados en dos tablas de 1 pulgada de espesor, 4 de ancho y 1.50 metros de largo. Los sensores fueron colocados a 60 centímetros uno de otro, para hacer más práctica a la hora de tomar las mediciones. Es importante aclarar que el primer sensor debe estar colocado a 30 centímetros del inicio del muro y tener un punto de partida que no esté estrechamente con el muro ni muy alejado de éste.

Estos sensores envían los datos recopilados a un sistema llamado datalogger, el cual almacena los datos y proporciona los luxes de cada uno de los sensores.

El sensor se puede observar en la figura 4.14, que es un pequeño cilindro el cual en su parte inferior contiene un punto blanco el cual captura la información, este va montado en una pequeña base que se puede observar en la Fig. 4.15, Este cuenta con un pequeño nivelador de gota, que a su vez se colocó posteriormente en las tablas de madera para así tener medidas exactas a la hora de realizar las mediciones de los espacios. Y por último el datalogger convierte la información en luxes, este aparece en la figura 4.16.



Fig. 4.14 Sensor Li-Cor con base .
Autor: Navarro M. Julio

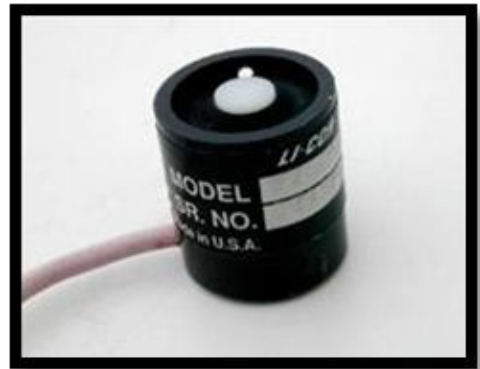


Fig. 4.14 Sensor Li-Cor.
Autor: Navarro M. Julio



Fig. 4.16 Datalogger.
Autor: Navarro M. Julio

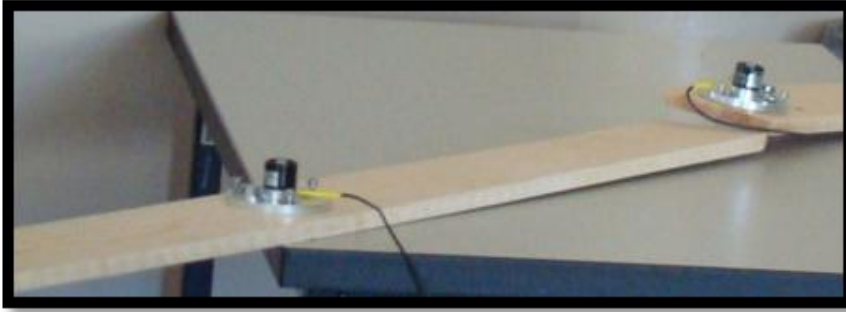


Fig. 4.15 Sensor Licor montado en tabla. Autor: Navarro M. Julio

CONCLUSIONES DEL CAPITULO.

Entre los aspectos a resaltar, se encuentra grandes asoleamientos así como deslumbramiento en espacios observados, también es de resaltar que los usuarios de estos espacios optan por obstruir por completo los rayos del sol, haciendo uso de la iluminación artificial en la mayoría del tiempo siendo este punto a tratar. Y una vez explicadas las herramientas y sistemas utilizadas para la obtención de datos, ahora podemos proceder a calcular resultados con el fin de definir los procedimientos y estrategias para realizar los objetivos del presente proyecto

CAPITULO 5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE CASOS DE ESTUDIO.

En este capítulo analizaremos los resultados obtenidos con las muestras de campo, tanto del edificio educativo como de la vivienda haciendo una visualización gráfica de estos resultados.

5.1 Edificio Educativo Tipo CAPFCE.

Los niveles de iluminación recomendables por el Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas (CAPFCE) es de 300 a 350 luxes para escuelas de nivel medio superior. El estudio se realizó durante un día normal, alrededor de las 12 horas, cuando la luz del sol no se encontraba penetrando directamente en el espacio a analizar, midiendo así la radiación de la luz de día con sensores de iluminación y un datalogger, se procedió a quitar las cortinas las cuales cubrían la iluminación y así tener los datos reales del espacio. Se tomaron las dimensiones del aula y posteriormente se colocaron los sensores los cuales se ubicaron a cada 0.60 metros de distancia uno de otro, formando así una retícula de 0.60 x 0.60 metros, para cubrir toda la superficie del aula por completo a una altura de 0.80 metros sobre el nivel del piso. Es importante mencionar la normativa mediante la cual se llevan a cabo las comparaciones de los resultados obtenidos.



Fig. 5.1 Ventanas situadas al lado norte del edificio, las cuales se encuentran totalmente descubiertas para el estudio. Autor: Navarro M. J.

Los resultados obtenidos se pueden encontrar en la Fig. 5.2 que se encuentra en la siguiente pagina, estos valores representan la cantidad de luminosidad que existe en ese punto en específico, y está dado en luxes, los cuales van de 50 como el punto mas bajo hasta 2100 que es el más alto.

Esta luminosidad se refleja claramente conforme se acerca a las ventanas, la radiación solar a través de las aberturas del aula sobrepasan a lo recomendado por la norma de CAPFCE en el lado norte del espacio, debido a que las entradas de luz dejan ingresar demasiada luz provocando deslumbramiento sobre el plano de trabajo, incitando manchas visuales en el área de operación.

La iluminación más baja se presenta junto a la puerta, debido a que es el lado del aula en que las ventanas se encuentran a una altura que no permite pasar la iluminación adecuada, por lo tanto se presenta un déficit de iluminación en esta zona cercana al muro de lado sur.

Es difícil encontrar una zona de confort dentro del salón, debido a que el cambio de la buena iluminación al deslumbramiento es muy abrupto, como se muestra en la Fig. 5.2, que revela la declinación de la iluminación. Esta se va perdiendo bruscamente mientras se aleja del ventanal que se encuentra al norte, la zona de confort se puede localizar en el color beige, mientras que en el amarillo se pierde el confort y al llegar al color rojo en donde se llega al deslumbramiento excesivo, mientras que en el color azul muestra un déficit para el trabajo dentro de un salón de clases, debido a que la luz no llega con suficiente luminosidad.

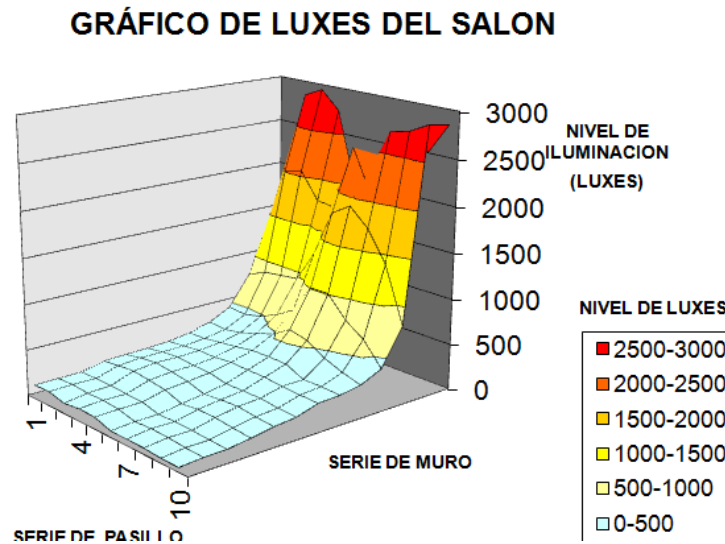


Fig. 5.2 Gráfico del estudio realizado al aula del departamento de Física. Los resultados en luxes. Autor: Navarro M. J

En la zona media del salón es donde se puede encontrar una pequeña área de confort lumínico, donde los valores fluctúan entre los 280 y 350 luxes, pero ésta zona es muy escasa y sólo comprende alrededor de 2 metros a lo largo del salón.

Las estrategias utilizadas por los usuarios para mejorar el rendimiento durante las clases impartidas son:

Clausurar un 80 % la entrada de luz natural al aula, utilizando cortinas gruesas las cuales no permiten la entrada de luz difusa.

- Alcanzar la iluminación faltante con iluminación artificial.
- Mantener abierta la puerta para la entrada de luz natural.

Los usuarios no detectan el des-confort que se localiza en el salón debido a las estrategias que utilizan para regular la situación lumínica, pero hay que tener en cuenta que se pierde el sentido del tiempo al no tener contacto visual con el exterior, y esto influye en el rendimiento de los usuarios como se aclaró anteriormente en este mismo documento, aunado al hecho de que todo el día permanece encendida la luz eléctrica, lo cual afecta la utilidad energética de la institución.

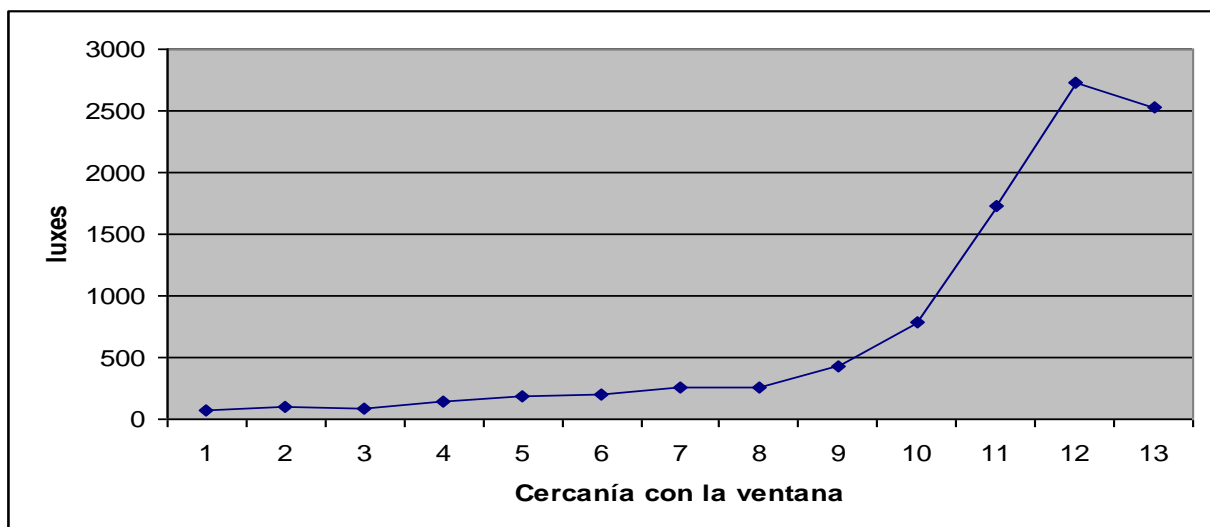


Fig. 5.3 Grafica en la que se muestra el desplome de luxes cuando se aleja de la ventana. Autor: Navarro M. J

En el gráfico 5.3 se muestra cómo aumentan los luxes mediante se acerca a la ventana, lo importante a resaltar es que los valores mas alejados son demasiado bajos, y se pierde el confort de los usuarios, haciendo falta una continuidad en la iluminación de todo el espacio.

Durante el estudio realizado con el programa de simulación ECOTECT, se siguieron teniendo los mismos resultados de deslumbramiento, sólo que éste simulador otorga variables las cuales son promediadas, por lo tanto los valores mínimos son promediados resultando mayores de 200 luxes como el más bajo, como se puede observar en la siguiente figura 5.4.

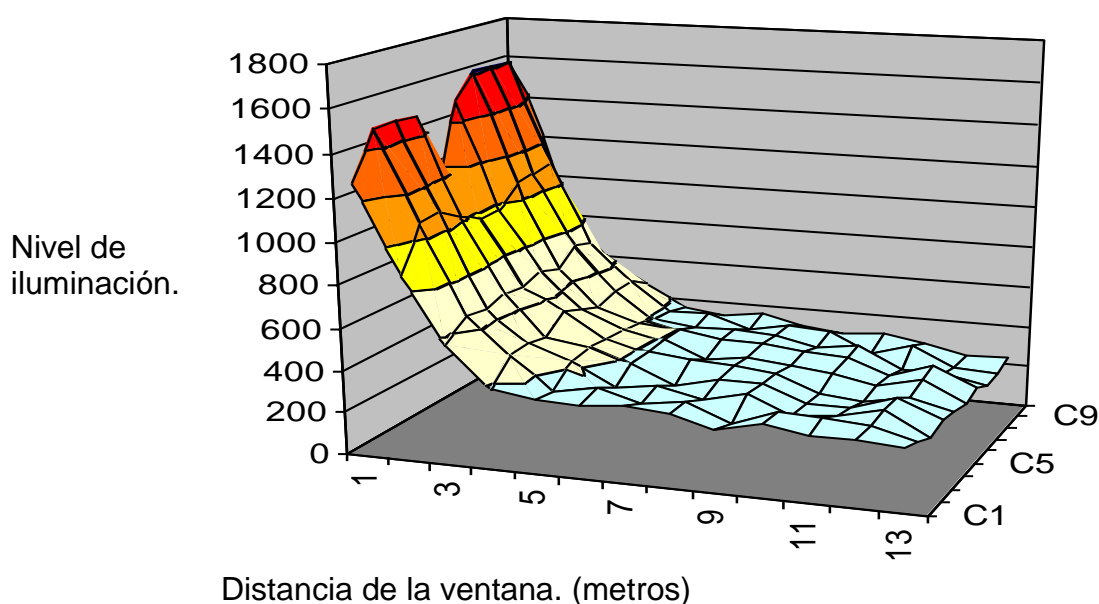


Fig. 5.4 Resultados arrojados por el programa de simulación ECOTECT. Autor: Navarro M. J

Gracias a este programa se logró obtener un mayor número de datos y especificaciones, los cuales ayudan a otorgar respuestas más específicas dependiendo del área que se necesite dentro del espacio, logrando así una comparación efectiva con las propuestas para mejorar la situación lumínica del espacio, por ejemplo, en el siguiente gráfico 5.7 se muestran las especificaciones de la iluminación específicas de cada área, notándose el deslumbramiento ya mencionado y como disminuye gradualmente.

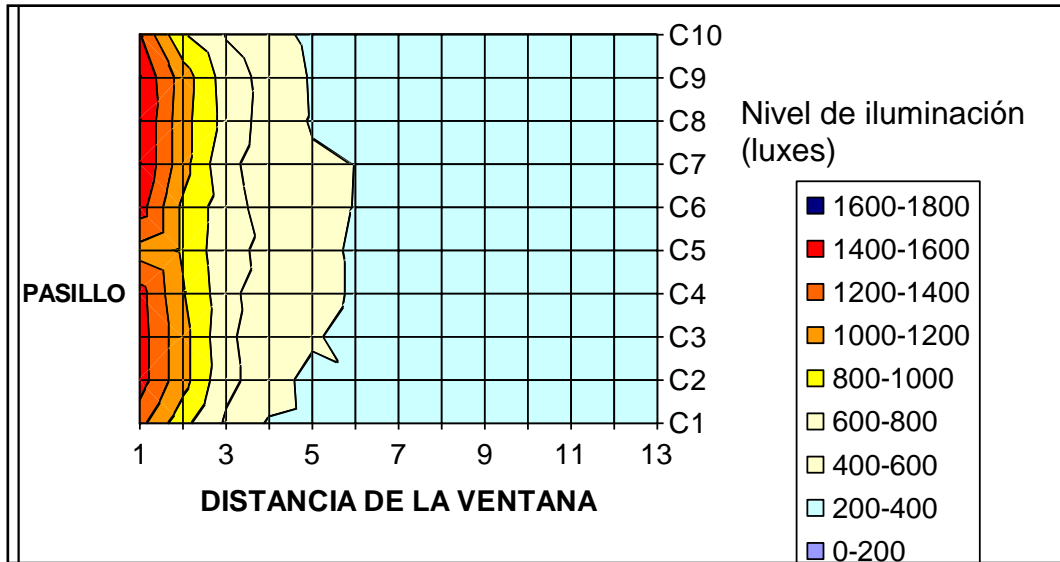


Fig. 5.5 Desplazamiento de los lúmenes dentro del simulador ECOTECT. Autor: Navarro M. J

Ya teniendo los resultados de los estudios, se determinan las principales variables a solucionar, las cuales son: la distribución del color crema que se observa en la grafica 5.5 a lo largo del espacio logrando así un confort global de iluminación natural en todo el espacio, evitar la formación del exceso de iluminación marcados con rojo, naranja y amarillo que causa el efecto de deslumbramiento y manchas en el plano de trabajo.

Dentro de la figura 5.6 se observa el modelo dentro del simulador, el cual arrojó los anteriores resultados, en este se pueden notar las ventanas situadas al norte del aula tipo CAPFCE.

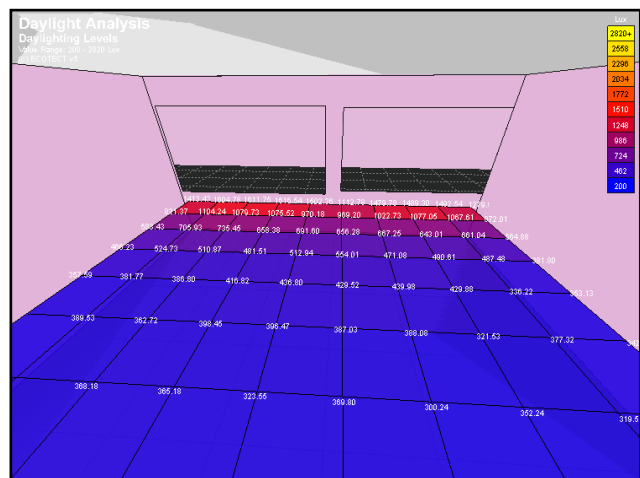


Fig. 5.6 Perspectiva del cálculo lumínico dentro del programa de simulación ECOTECT. Autor: Navarro M. J

Por último, en la grafica 5.7 se muestra los resultados arrojados por el simulador de iluminación natural

ECOTECT, en donde se muestran los mismos resultados obtenidos en el estudio de campo, como se puede observar a continuación.

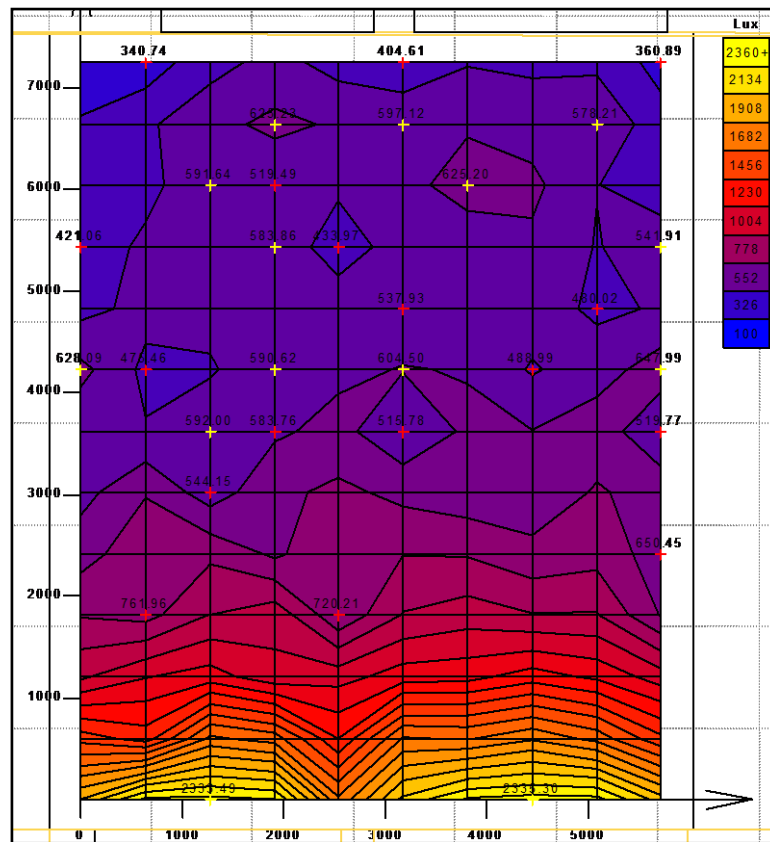


Fig. 5.7 Perspectiva en planta de los resultados del simulador ECOTECT. Autor: Navarro M. J

Deslumbramiento y falta de iluminación son los problemas que predominan en este tipo de espacios arquitectónicos, cosa que no debería de encontrarse en esta situación, para ello, se realizan una serie de propuestas las cuales ayudarán a mejorar el rendimiento de los usuarios, cómo energético de este tipo de salones de clase.

5.1.1 RECOMENDACIÓN DE ESTRATEGIAS DE DISEÑO LUMÍNICO.

Dentro de estas estrategias para mejorar la iluminación natural, se abordan soluciones pasivas para optimizar las condiciones dentro de los espacios de educación tipo CAPFCE y así beneficiar los rendimientos de luz eléctrica, los puntos a abordar están:

- ◆ Evitar el deslumbramiento excesivo de luz de día en los espacios cercanos a las ventanas.
- ◆ Proporcionar una iluminación uniforme en el área.
- ◆ Brindar protección al calor excesivo durante el verano.
- ◆ Aumentar las horas de confort, tanto en iluminación natural como en condiciones térmicas.

Como anteriormente se pudo estudiar en este documento, los principales factores que afectan a este tipo de edificios es el deslumbramiento excesivo en ventanas y falta de lúmenes en el sector medio de los espacios, por lo tanto, las propuestas abarcan la protección contra el clima y la ganancia de luminaria. Por lo anterior, el principal uso que se le pretende brindar con las ventanas es la colocación de persianas exteriores que funcionen como colectores solares, así captaran los rayos del sol que se reflejan en la superficie, para posteriormente ser proyectados al interior del espacio.

La primera propuesta consiste en proteger a los alumnos que se colocan cerca de las ventas del deslumbramiento reflejando la iluminación difusa excesiva, redireccionarla hacia el plafón con ayuda de pequeños aleros en forma de persianas horizontales, para que la luz difusa sea proyectada al plano de trabajo que se encuentre más alejado de la ventana, así como la reducción de la altura del plafón en 30 cm. para aumentar el ángulo de reflexión de la luz difusa, ya que éste es de color blanco que es de alta reflectancia.

Estos aleros en forma de persianas consisten en cuatro barras horizontales de madera de pino (ya que resiste el intemperie), las cuales tienen una dimensión de 2.88 (que es lo largo de la ventana) por 0.30 metros de ancho. Dichas barras serán pintadas de blanco, para que aumente su grado de reflectancia.



Fig. 5.8 Corte de la propuesta 1 de aula analizada. Autor: Navarro M. J

En la figura 5.8 se puede observar un corte del aula con la propuesta de los aleros en forma de persianas, mientras que en la figura 5.9 se aprecia la propuesta con más detalle y cómo la iluminación difusa rebota contra las barras para su posterior reflexión hacia la losa de aula para ser proyectada al plano de trabajo sin impedir la visión de los usuarios que podrán observar el panorama sin deslumbrarse, debido a que los niveles de iluminación en las ventanas disminuirían con la ayuda de la propuesta.

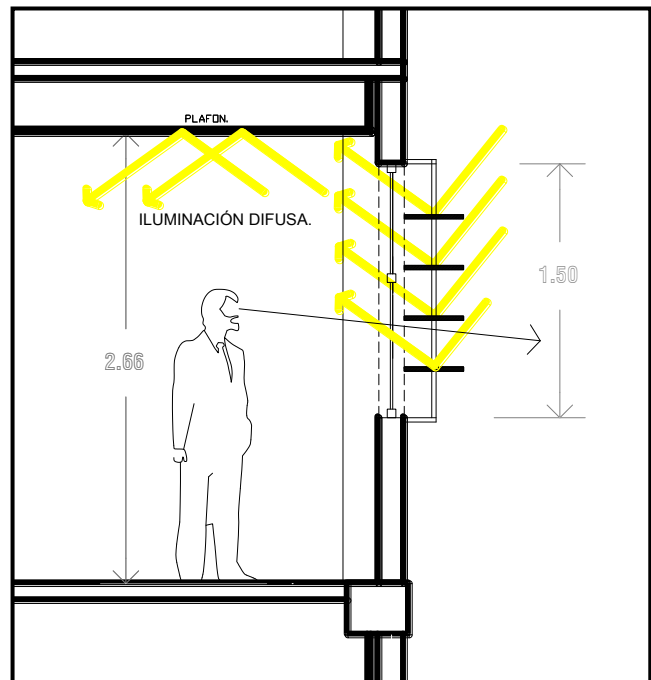


Fig. 5.9 Detalle de propuesta de iluminación natural. Autor: Navarro M. J

Las dimensiones de la propuesta se pueden observar más detalladamente en el gráfico 5.10 y 5.11, en donde se logran observar más amplias las propuestas y con las dimensiones.

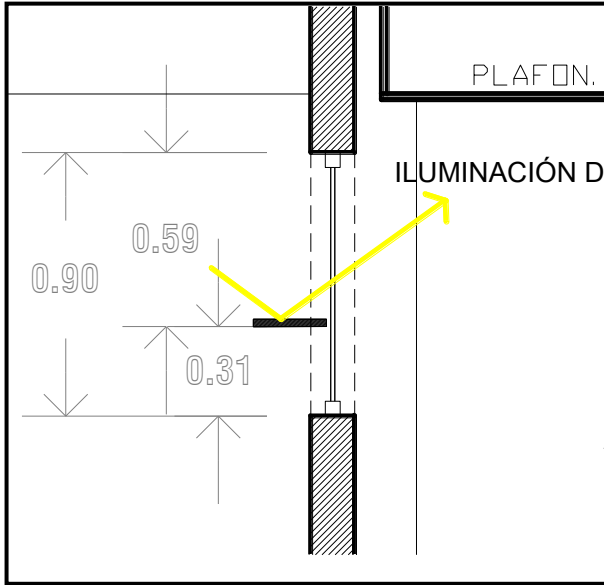


Fig. 5.10 Alero al lado sur del aula con dimensiones. Autor: Navarro M. J

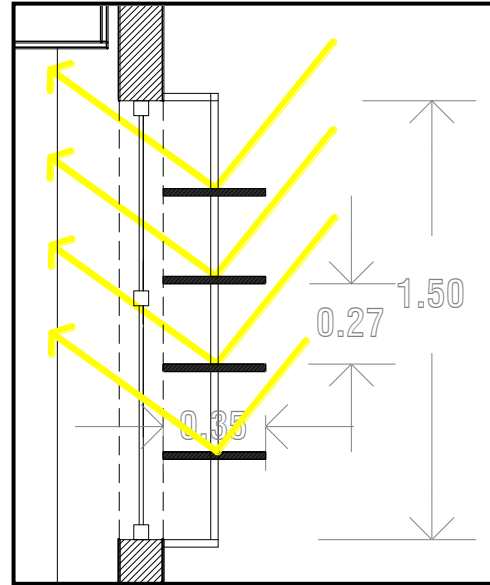


Fig. 5.11 Aleros en forma de persianas al lado norte con medidas. Navarro M.

A la fachada norte, se propone ampliar las ventanas para que tenga una mejor captación de la iluminación difusa y la colocación de un solo alero, ya que la luz que puede captar es escasa, debido a una serie de vegetación que se encuentra en esa zona. Otro factor que afecta es el movimiento de las personas que es el lado del andador y podrían dañar la estructura de los aleros, o resultar lesionados con estas persianas.



Fig. 5.12 Detalle de alero lado norte de aula. Autor: Navarro M. J

El costo de esta propuesta, sería de aproximadamente de 350 pesos el metro cuadrado de ventana a cubrir.

Por último, se presentan dos graficas que muestran la viabilidad de esta propuesta. La fig. 5.13 muestran los luxes que llegan al plano de trabajo, que resultó de la simulación del Programa ECOTECT, y se muestra cómo las zonas de deslumbramiento han sido controladas satisfactoriamente y la iluminación se ha regulado en todo el espacio que conforma el aula, esto se puede observar en la gráfica 5.16, la cual es una comparativa de la propuesta con el estado actual del salón de clases.

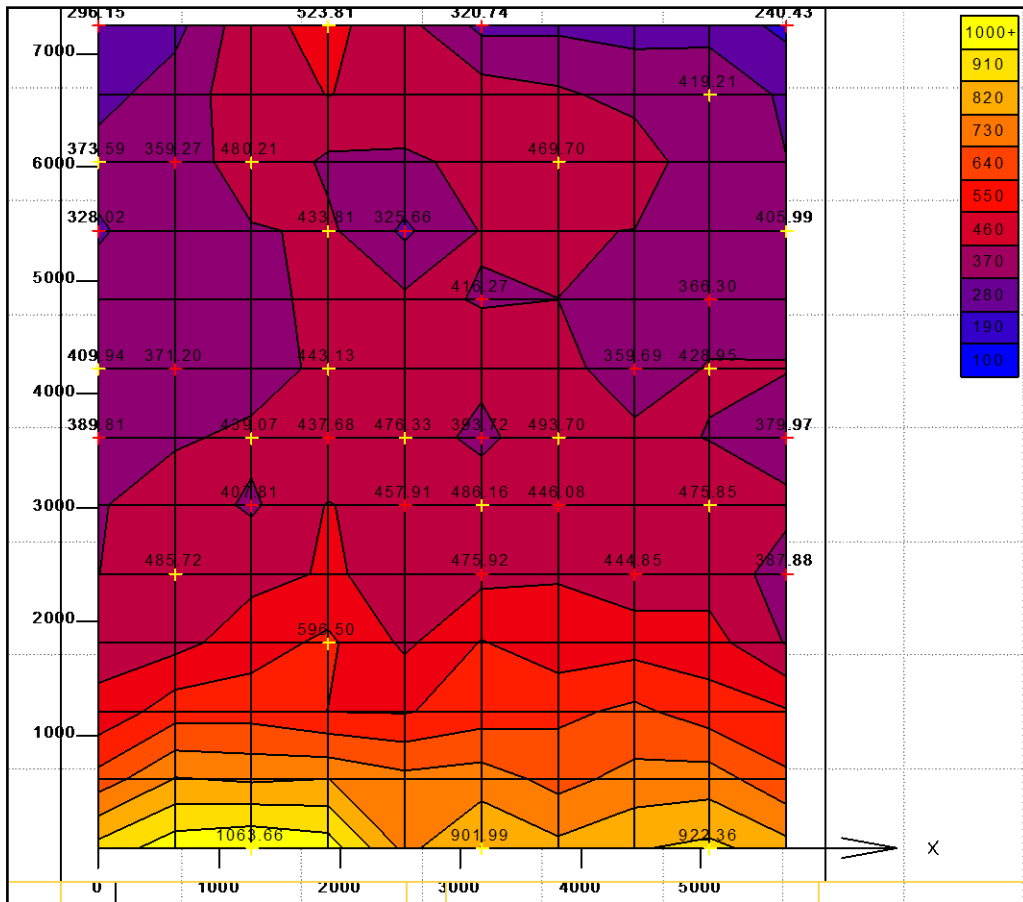


Fig. 5.13 Resultados en luxes del simulador ECOTECT de la propuesta en el aula. Autor: Navarro M. J

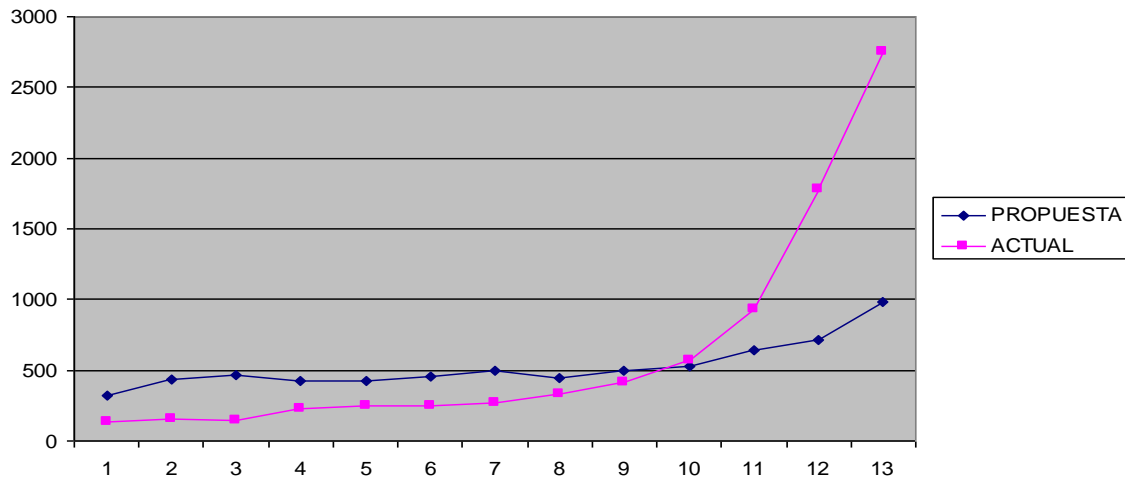


Fig. 5.14 Grafica comparativa de propuesta con estado actual.
 Autor: Navarro M. J

La segunda propuesta consiste en un alero de mayor dimensión, el cual aumentara la captación de iluminación de la bóveda celeste, aumentando así el grado de confort por mayor tiempo del día, como se muestra en la figura 5.17 y 5.18, en donde aparecen las dimensiones de este alero y la proyección de la iluminación. Esta propuesta consiste básicamente en las mismas cuestiones de la anterior, con diferencia del alero.

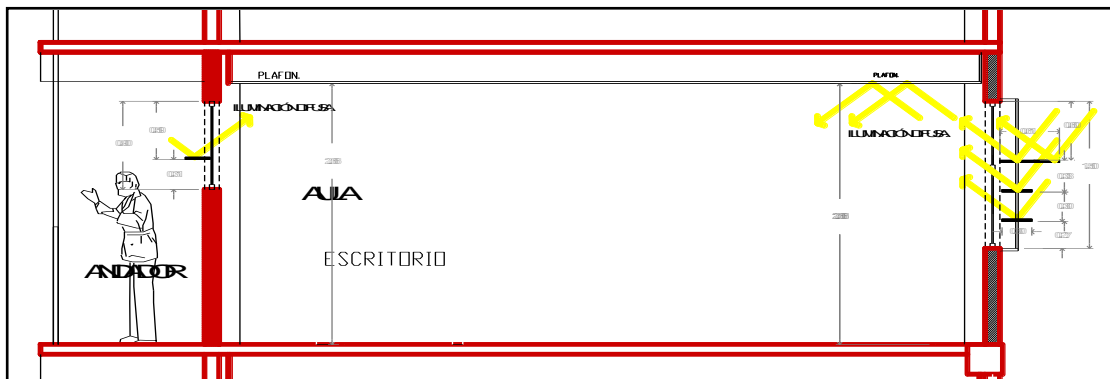


Fig. 5.15 Corte de de segunda propuesta, alero de mayor dimensión. Autor: Navarro M. J

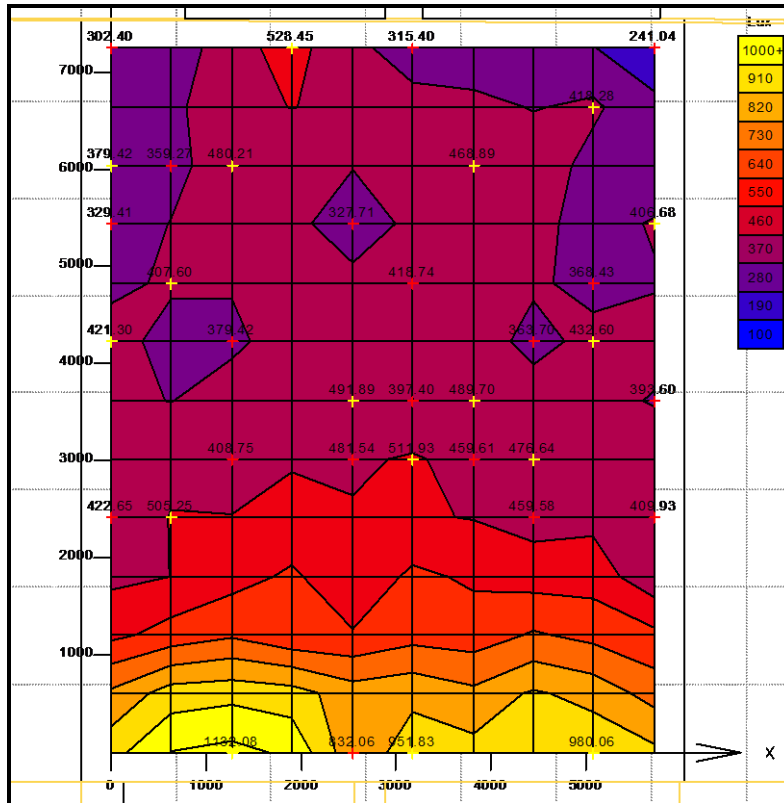


Fig. 5.16 simulación en ECOTACT de la segunda propuesta. Resultados en luxes.

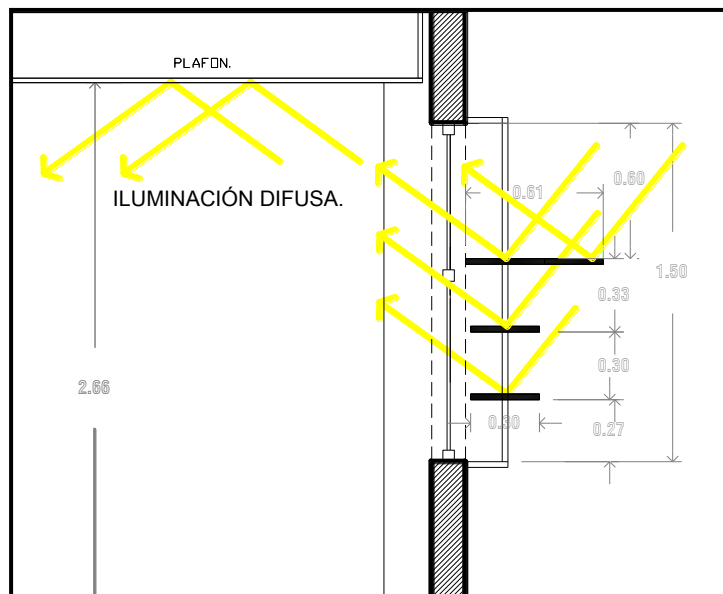


Fig. 5.17 Detalle de alero, segunda propuesta.

En los resultados arrojados por el programa de simulación de iluminación natural que se observan en el gráfico 5.15, el cual muestra que no existen demasiadas diferencias con la anterior propuesta, sólo que la iluminación adquiere una mayor proporcionalidad en todo el espacio, y en éste se descuida más la luz de día en las zonas de la fachada sur, en donde no existía mucha iluminación, ni con la nueva propuesta de ampliar estas aberturas.

El Gráfico 5.15 muestra demasiada similitud con la anterior propuesta, se gana en continuidad de la iluminación, pero se descuidan ciertas zonas, las cuales no son de importancia, y se gana en el confort de los usuarios.

Para concluir con el tema del aula tipo CAPFCE, se presentan los aleros en perspectivas, para una mejor comprensión de la propuesta, y así observar la proporción con respecto a las aberturas, como se puede observar en las figuras 5.18, 5.19, 5.20 que se encuentran en la siguiente página.



Fig. 5.18 Aleros de ventanas pequeñas. Autor: Navarro M. J

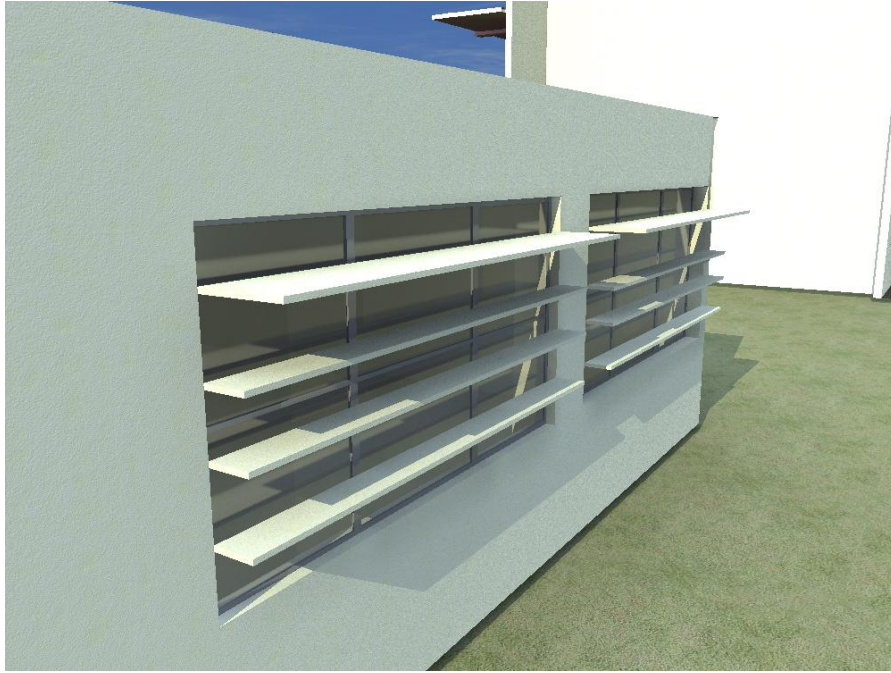


Fig. 5.19 Aleros sobre Ventanas grandes. Propuesta situadas al norte. Autor: Navarro M. J



Fig. 5.20 Conjunto de ventanas con aleros de primer propuesta .Autor: Navarro M. J

5.1 CASA HABITACIÓN.



Fig. 5.21 Fachada de la casa Habitación a estudiar.

Las condiciones en las que se elaboró el estudio de la iluminación natural dentro de la casa-habitación, fue de forma similar al estudio realizado en el edificio educativo, formando una retícula de 0.60 x 0.60 metros entre los sensores y empezando a 0.30 metros de distancia del muro al primer sensor, durante un día soleado al medio día del mes de mayo, puesto que a esta hora no se tiene penetración directa de los rayos del sol.

Los resultados obtenidos se encuentran en el gráfico 5.22 que se localiza en la siguiente página, donde se muestra la cantidad de luxes en

cada punto del espacio de la planta baja de la vivienda, y como se puede apreciar, el principal problema que se encuentra es el deslumbramiento directo a 1.80 metros de todas las ventanas, un problema común al igual que el edificio educativo anteriormente analizado.

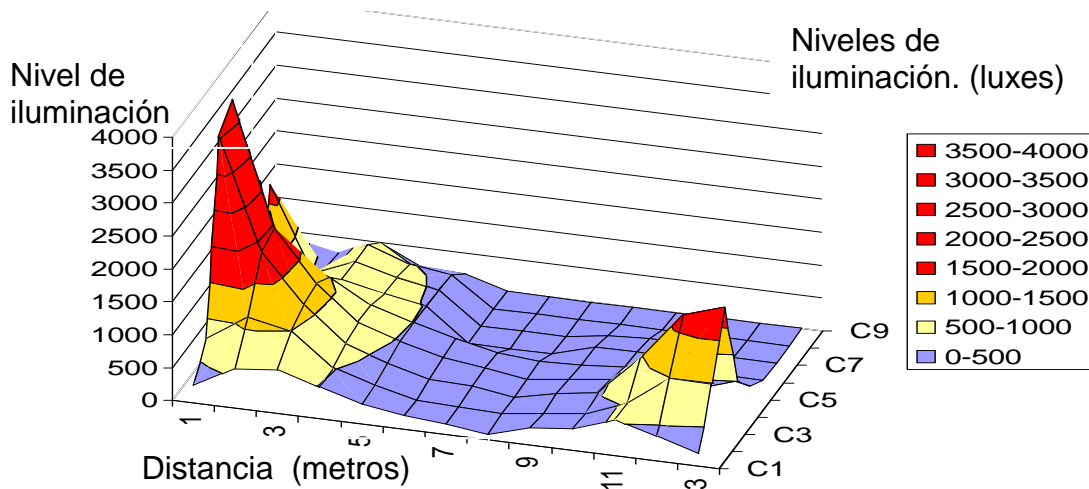


Fig. 5.22 Grafica tridimensional de los niveles de iluminación en la planta baja de la casa habitación. Autor: Navarro M. J

En la gráfica 5.22 se observan los valores tridimensionales en la cual se muestran los puntos en los cuales la iluminación es escasa y el deslumbramiento en otras zonas, el punto más elevado se muestra en el acceso al patio, que se trata de una puerta corrediza de vidrio de 2.20 metros de alto por 1.80 metros de largo, es en este punto donde se tienen problemas por la excesiva iluminación.

En contraste, existen puntos que carecen de iluminación, los cuales se encuentran a la mitad del comedor y sala, como se puede observar en la gráfica 5.23, y también se puede ver en el gráfico la escasez de luz en el acceso, el cual debe de tener 150 luxes como lo indica la norma vista en el Capítulo 1 de este documento.

Otro de los puntos importantes a resaltar en los resultados de este análisis de iluminación es la falta de luz de día en la parte media del espacio, como se presenta en el gráfico 5.23, en donde se muestra una parábola la cual se incrementa conforme se acerca a las ventanas de los extremos del espacio, mientras que en el centro permanece muy por debajo del confort de iluminación requerido para un espacio como lo es el comedor y la sala que es de 250 luxes. Tomando en cuenta que el

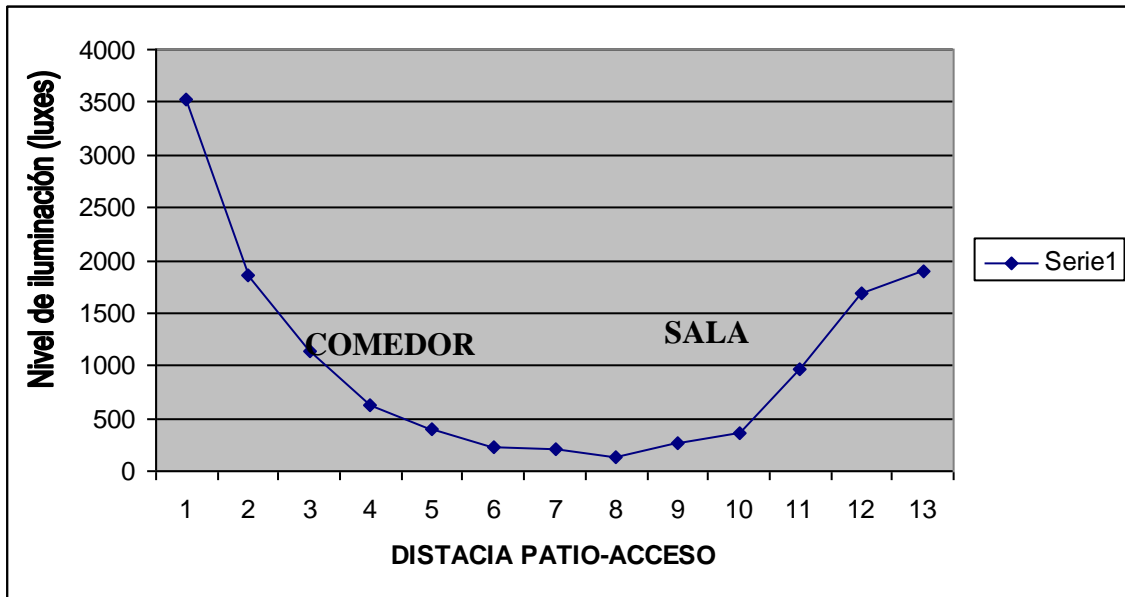


Fig. 5.23 La serie 1 muestra la discontinuidad de la iluminación natural en el Espacio habitable. Autor: Navarro M. J

comedor es utilizado como zona de estudio por los habitantes, es recomendable adquirir una iluminación mayor a la de 400 luxes. El objetivo para lograr un mayor confort y ahorro de energía, sería lograr que esta gráfica se mantuviera constante dentro de los índices de 300 a 500 luxes en todo el espacio habitable debido a lo variables de usos que los habitantes le dan a los espacios.

Como ya se ha mencionado, el principal problema, tanto en la vivienda como en el edificio educativo, es el deslumbramiento, y éste obliga a los usuarios a protegerse de la excesiva iluminación con sistemas de control de iluminación comunes como persianas y cortinas, las cuales no se utilizan como filtros solares, sino como obstructores totales de la iluminación, para posteriormente encender la iluminación artificial, la cual genera un costo extra. Al aprovechar la entrada de la excesiva iluminación que se encuentra en las zonas de deslumbramiento, que se observan en el gráfico 5.22 de color rojo intenso, se puede lograr una mayor uniformidad de la iluminación, sin descuidar las cuestiones térmicas de las edificaciones.

La situación de la recámara principal, que es la que cuenta con la ventana al sur, conserva mucha similitud a la planta baja de la vivienda en cuanto a las cuestiones de iluminación natural. El contraste de la iluminación se hace presente de la ventana al closet, que se encuentra del lado opuesto a la ventana, y el problema del deslumbramiento sigue presentándose en las cercanías a la ventana. Como se puede mostrar en la figura 5.24 en donde predomina el color azul, en estos puntos la iluminación empieza a decaer y provoca el contraste y por lo tanto, el confort se ve sacrificado al momento de habitar la recámara.

Los modelos tridimensionales dentro del software nos muestran en la Fig. 5.24, se muestra la recámara, que es donde se simuló el estudio de la vivienda, ya que logrando que este represente lo que los análisis de campo arrojan, se puede

confiar en los resultados que se obtendrán al modificar lo modelos con las propuestas para mejorar la iluminación natural en los espacios analizados.

Por último, se analizó unas de las recámaras con ventana de cara al norte, la cual es prácticamente igual a su contraparte con ventana al sur, solo que la primera aumenta la zona de 500 o mas luxes, por lo tanto está más fuera del rango de confort visual de una persona.

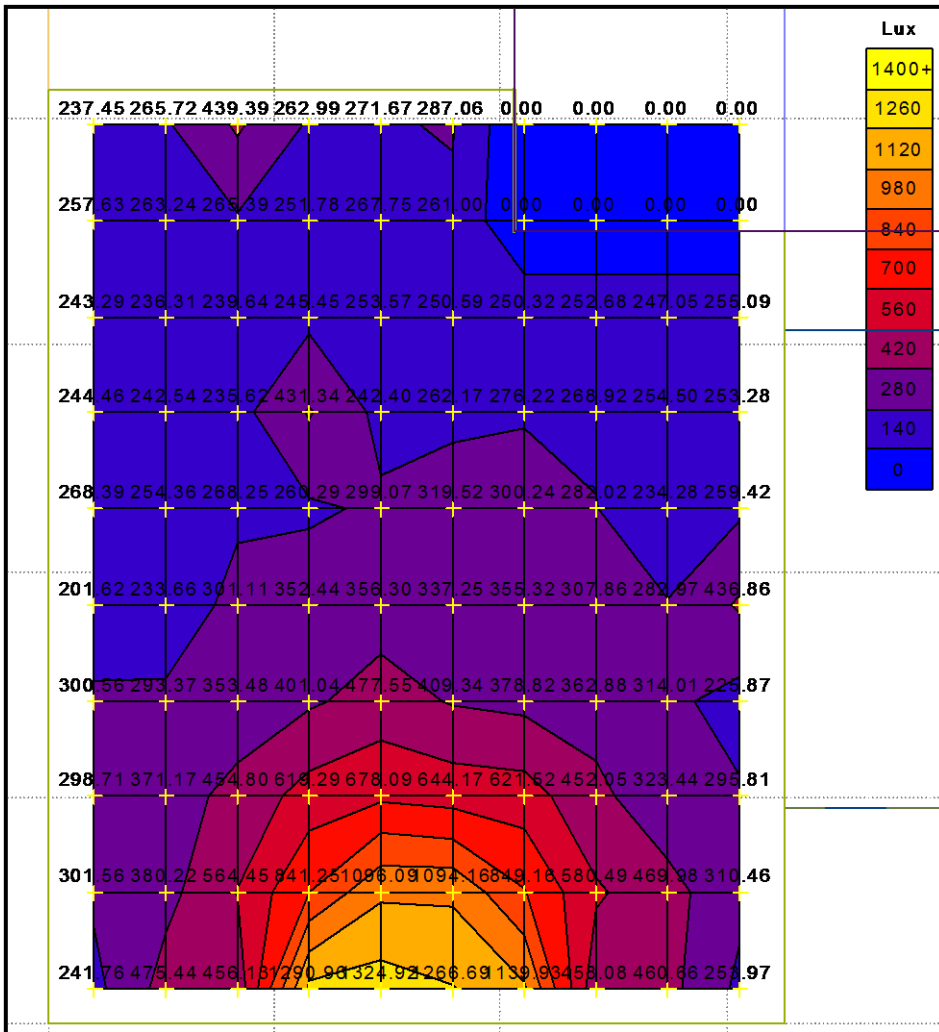
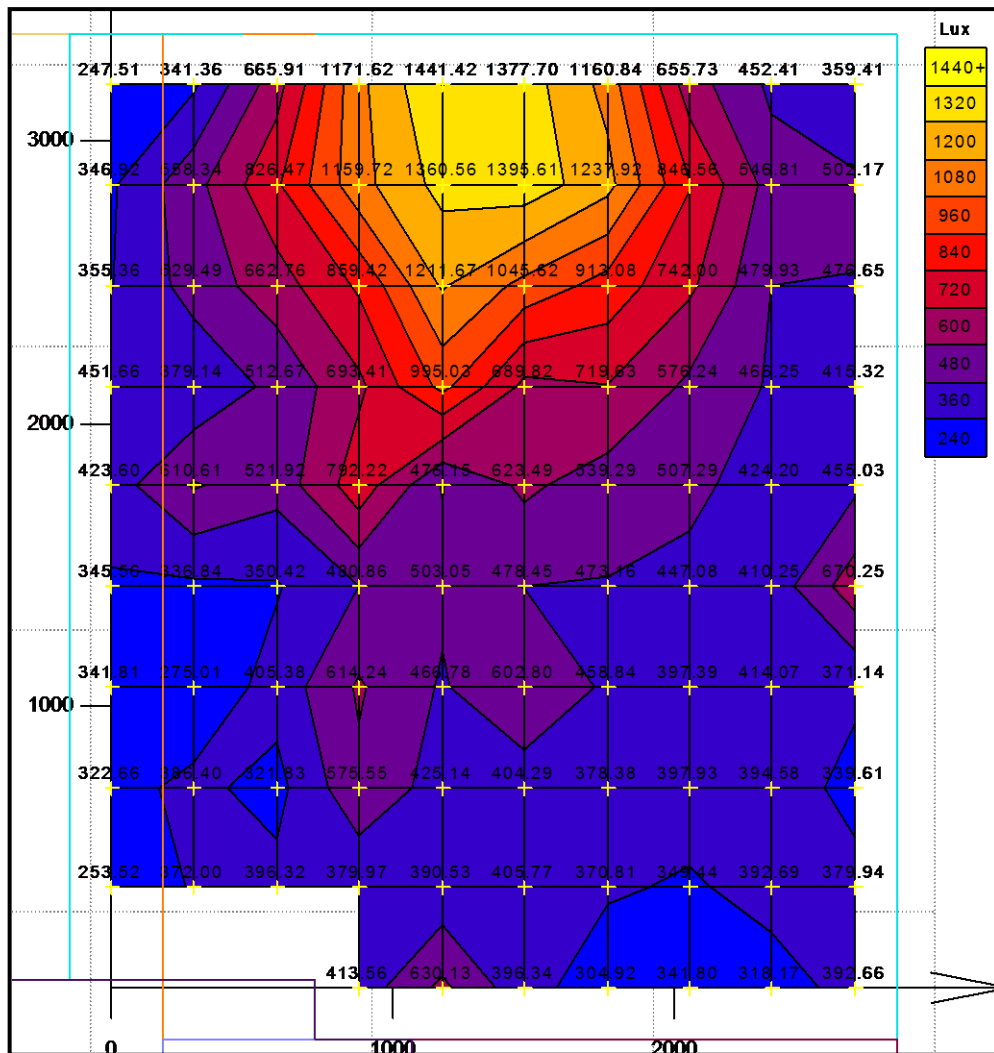


Fig. 5.24 Niveles de iluminación Recámara de la vivienda.
Autor: Navarro M. J



**Fig. 5.24 Niveles de iluminación de la Recamara con ventana al norte.
Autor: Navarro M. J**

En este último análisis, se utilizan las cortinas como sistema de control de la iluminación. Las cuales tapan la luz de día, para lograr un ambiente más confortable en el interior.

5.2.1 RECOMENDACIÓN DE ESTRATEGIAS DE DISEÑO LUMÍNICO PARA CASA HABITACIÓN.

Dentro de estas estrategias para mejorar la iluminación natural en el interior de la vivienda, se elaboran soluciones pasivas para optimizar las condiciones dentro de los espacios sin generar costos demasiado altos y mejorar los rendimientos de luz eléctrica. Los puntos a abordar son:

- ◆ Evitar el deslumbramiento excesivo de luz de día en los espacios cercanos a las ventanas.
- ◆ Proporcionar una iluminación uniforme en el área.
- ◆ Brindar protección del calor excesivo durante el verano.
- ◆ Aumentar las horas de confort, tanto en iluminación natural como en condiciones térmicas.

Para poder brindar una mejor protección a los usuarios, lo primero que se pretende es evitar la agresión ocasionada por el deslumbramiento que comúnmente se observa en los espacios arquitectónicos de esta región, para ello la principal respuesta es la reflexión de la luz de día de los lugares en donde éste abunda, hacia los lugares mas alejados para brindar una iluminación uniforme.

La propuesta que concierne a la sala comedor logra la uniformidad requerida con una serie de persianas, colocadas horizontalmente sobre la ventana de la sala que da hacia el sur (fig. 5.25) mientras que del lado opuesto donde se encuentra el comedor se solucionó de la misma manera, solo que es la mitad de la puerta, debido a que la otra mitad es corrediza. El techo de esta zona de la casa habitación esta constituido por acabado tiroleado blanco, el cual ayuda a la reflexión y no amerita cambio de recubrimiento.

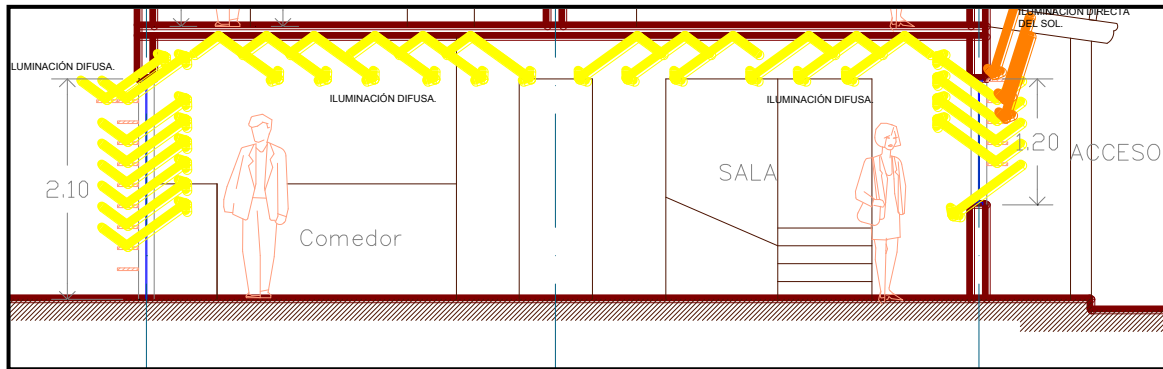


Fig. 5.25 Proyección de la iluminación natural de comedor y sala, casa habitación.
Autor: Navarro M. J

Estas persianas cumplen la función de aleros, ya que las dimensiones de la sección de madera es de 1 pulgada por 4 pulgadas y el largo depende de la abertura de la ventana, a su vez estos aleros serán pintados de color blanco para que aumente su grado de reflexión y pueda así tener una mejor función.

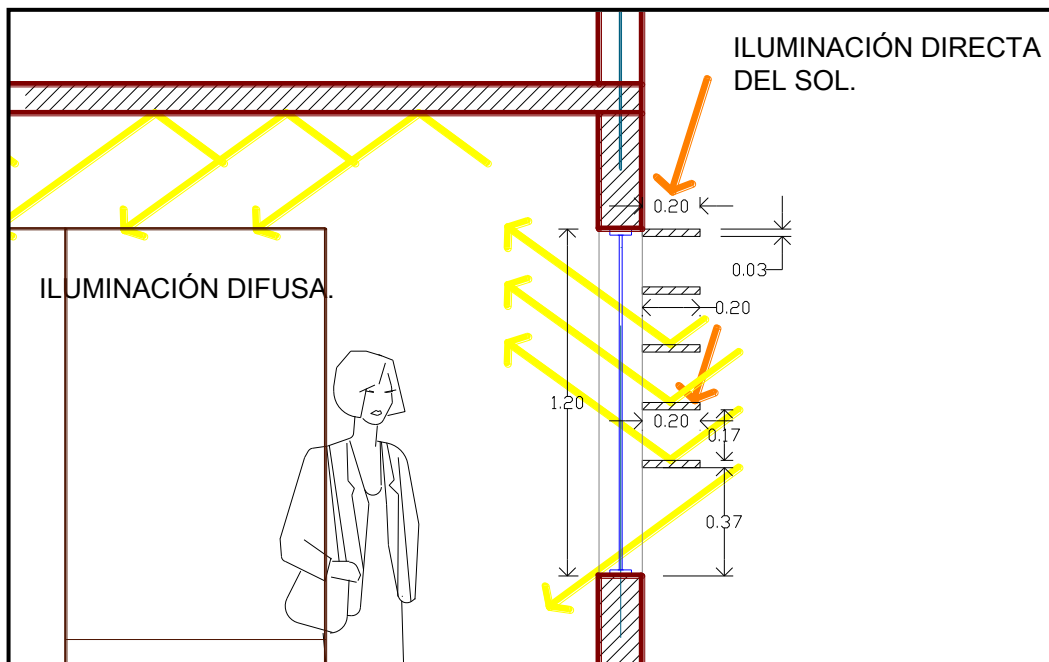


Fig. 5.26 Dimensiones de aleros de ventana al sur de casa habitación. **Autor: Navarro M. J**

Uno de los puntos interesantes del detalle de la Fig. 5.26, es el que en la fachada sur, durante el verano en algunas horas del día, se tiene penetración directa

del sol sobre los aleros, y esto ayuda a que haya una mayor reflectancia hacia al interior.

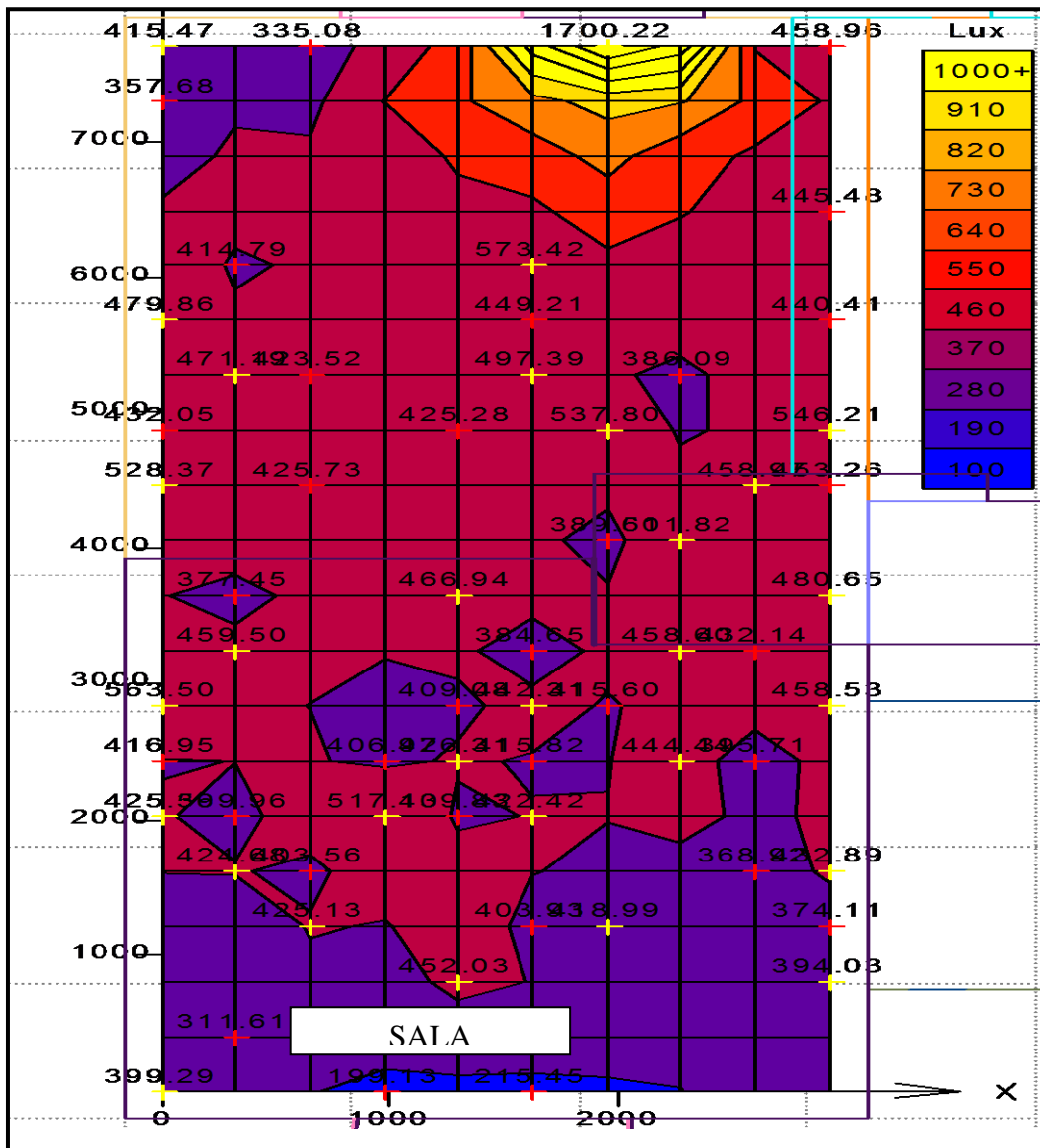


Fig. 5.27 Luxes que arrojo el programa de simulación ECOTECT, sala comedor.
 Autor: Navarro M. J

Se utilizó primeramente la madera sin el recubrimiento blanco para verificar mediante el simulador su eficiencia reflectante, y no hizo mucha diferencia con respecto a la recubierta con pintura blanca. Sin embargo, sí hubo mayor eficiencia con esta pintura, como se puede observar en la Fig. 5.27 en donde se muestra los resultados arrojados con el programa de simulación ECOTECT con las persianas cubiertas de blanco. Se nota que la iluminación predominante es alrededor de 450

luxes con sus variantes, el único punto en donde se puede encontrar deslumbramiento es en la zona de la puerta corrediza de vidrio, en la cual no pudieron ser colocadas estas persianas por la movilidad de ésta, alcanzando una iluminación de 1000 luxes en una distancia de 60 cm. de separación.

Los puntos mas bajos de luz de día se encuentra en zonas las cuales no son requeridas por los habitantes, o en las cuales no es necesario tanta iluminación. Este es el caso de la sala, donde los usuarios la utilizan como estancia y los luxes varían de

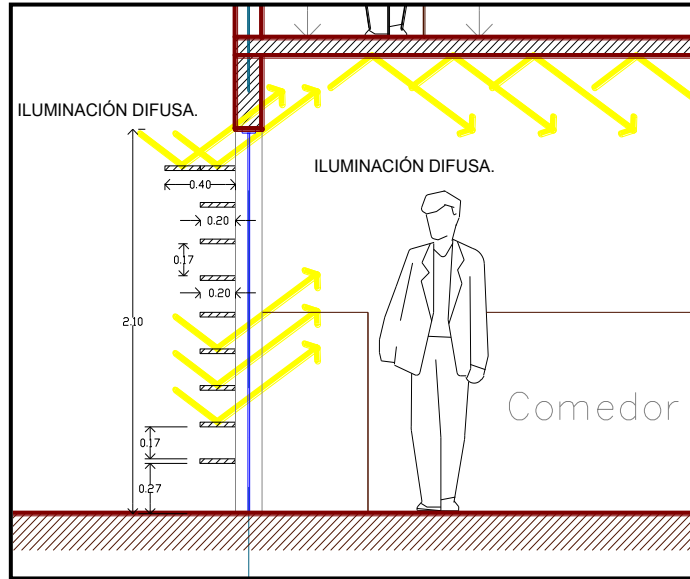


Fig. 5.28 Detalle de aleros de ventana del comedor.

190 a 300, como se nota en la figura 5.29 en tonos morados y azules.

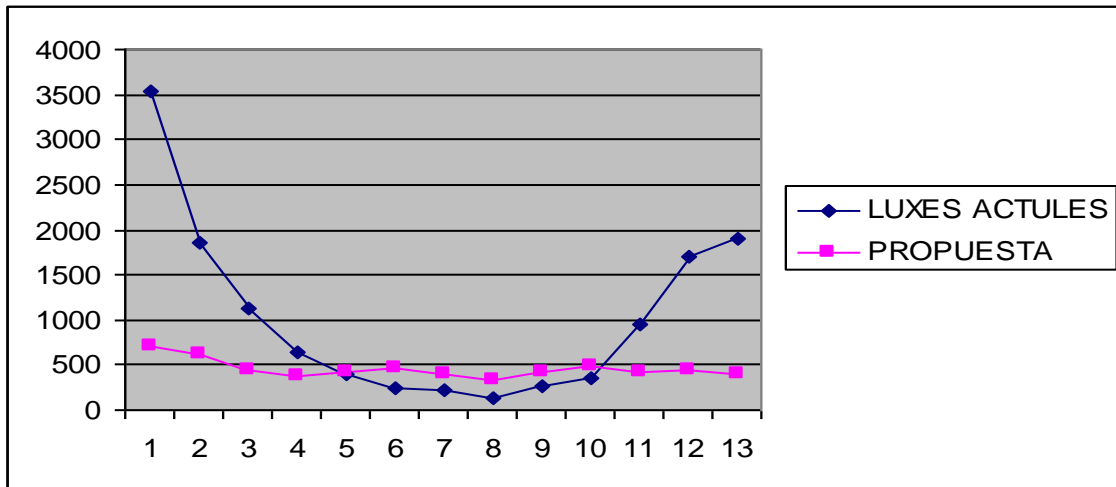


Fig. 5.29 Grafica comparativa de propuesta con situación actual de la sala comedor.

La gráfica que se muestra en la parte superior, representa la comparación del estado actual del espacio arquitectónico de la sala y comedor, y como varía con la

propuesta de los aleros estratégicamente colocados, reduciendo el deslumbramiento en los extremos producidos por más de 1000 luxes, otorgando una uniformidad controlada.

El resultado de estas variables es debido a que la distribución de la iluminación es más equitativa puesto que es proyectada uniformemente desde el techo gracias a que es de color blanco y facilita la proyección como se muestra en la figura 5.29.

Para el asunto de las recámaras, existen dos casos en esta vivienda, la que posee una ventana de 1.20 metros por 1.20 metros al sur y la otra recámara cuenta con una ventana de iguales proporciones pero con abertura al norte.

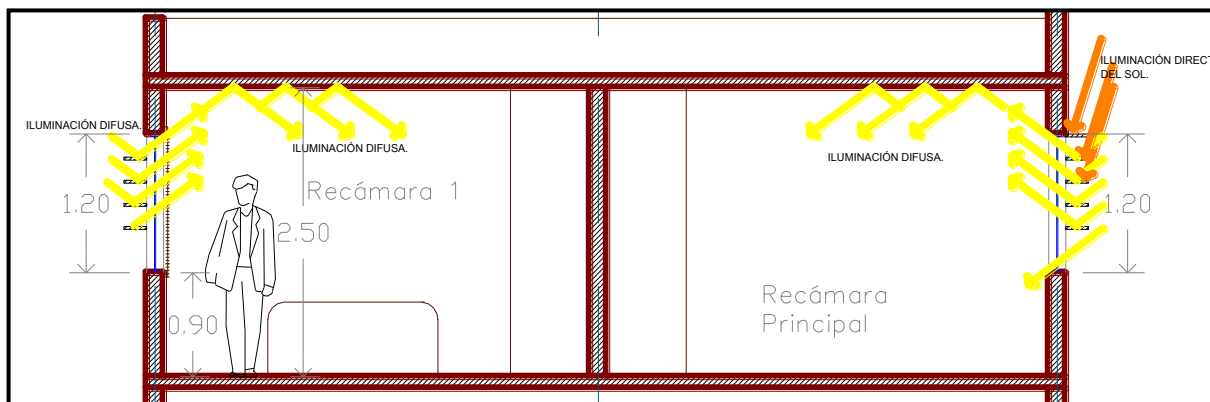


Fig. 5.30 Proyección de la iluminación en las recámaras de la planta alta.

En la figura 5.31 se observa la ventana con exterior hacia el sur, que es la que tiene penetración del sol en pocas horas del verano, por lo tanto, los aleros comienzan desde arriba, para proyección de la radiación directa del sol. En este caso, es necesaria la ayuda de persianas interiores para encontrar el confort debido a que las ocasiones en que la recámara sea utilizada para dormir durante el día, éstas impedirán la entrada de luz totalmente. Por último, se presenta el análisis realizado por el simulador, el cual muestra una proporcionalidad de luxes de la luz de

día. Suprimiéndose las zonas de deslumbramiento cercanas a las ventanas. (Fig. 5.32)

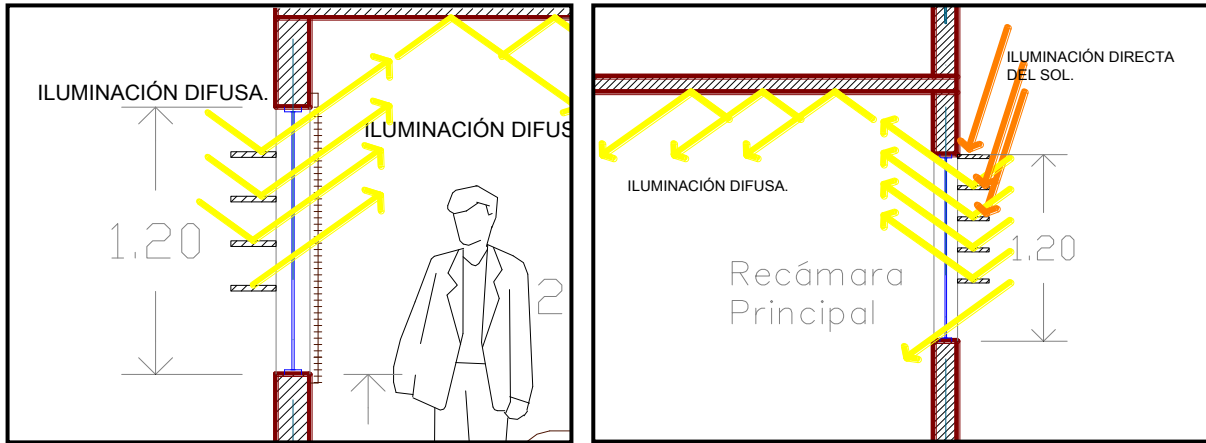


Fig. 5.31 y Fig. 5.32. Detalles de proyección de iluminación en recámara.

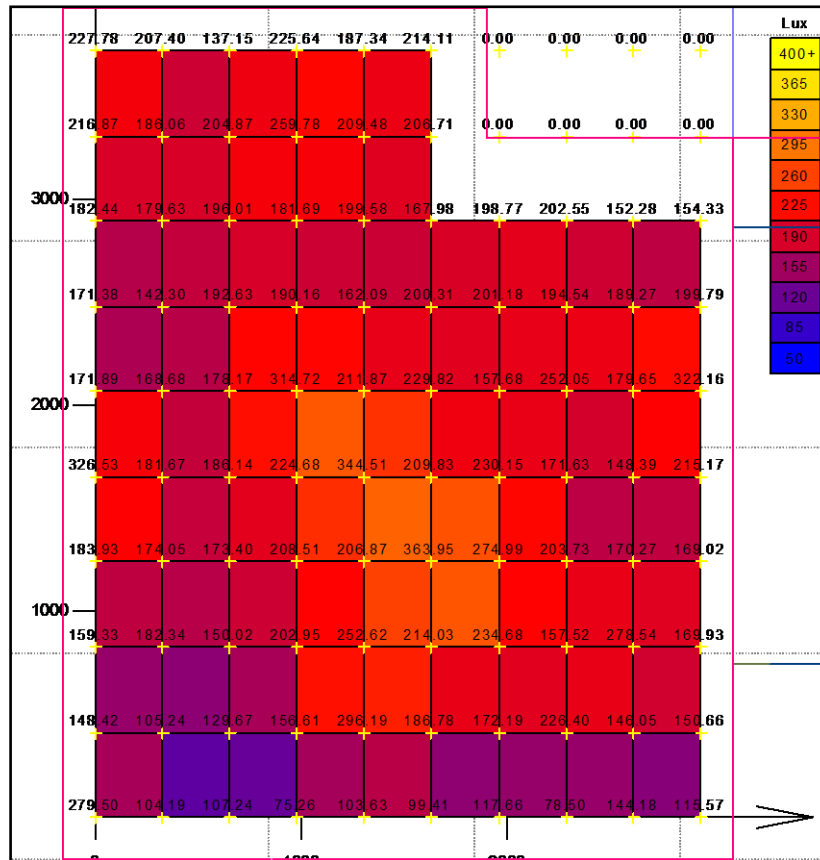


Fig. 5.32 Iluminación de la recámara.

El dibujo de la propuesta se muestra en el grafico 5.31, en donde se ven los aleros en forma de persianas de la fachada principal de la vivienda, aclarando que la propuesta no pugna con la estética arquitectónica de la casa.

Por último se muestra la gráfica de la fig. 5.33 que fue desarrollada con el software DesignBuilder, dentro de las variables del 1 mayo del 2008 al 31 de agosto del 2008, tomando así las variables críticas de la zona de estudio, para así ver la viabilidad de la propuesta. El resultado fue que la temperatura del aire interior, que es de color morado, la temperatura de bulbo seco exterior es de tinta azul, mientras que la operativa es de tinta verde. Todas las temperaturas interiores se encuentran dentro del confort, por lo tanto las propuestas cumplen con uno de los objetivos que es el de no descuidar las temperaturas de la vivienda.

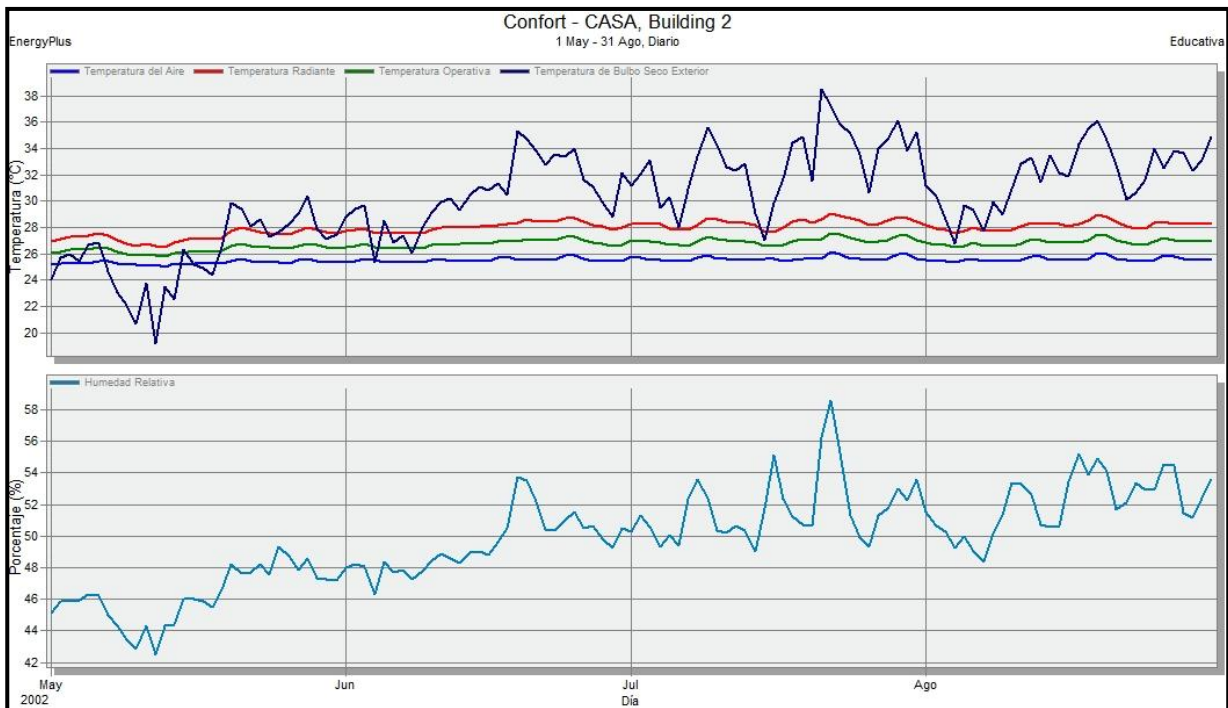


Fig. 5.33 Gráficas de temperatura del aire interior de la vivienda y humedad, durante el mes de Mayo, Junio, Julio y Agosto con las propuestas de iluminación.

Conclusiones del capítulo.

Finalmente, podemos concluir que los datos obtenidos de los espacios arquitectónicos para este documento de tesis por medio de herramientas y software diseñados para éste tipo de investigaciones, nos han ayudado a comprender el problema y poner en práctica soluciones funcionales que permiten el nivel de confort deseado para el bienestar de los usuarios.

Se lograron reducir las zonas de deslumbramiento con un iluminación natural uniforme, que llega a 500 luxes que es recomendado, así como se incorporaran elementos arquitectónicos que no disgustan con el concepto de los edificios, como los son los aleros en distintas dimensiones, los cuales nos ayudan a controlar la radiación directa del sol y la temperatura media del ambiente.

CAPITULO 6. RECOMENDACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE DISEÑO LUMÍNICO.

A través del análisis de campo, se pudo obtener las variables reales de los edificios educativos tipo CAPFCE y las Casas Habitación a las cuales están expuestas con respecto a la iluminación natural y al clima. Con base en esto, se propusieron respuestas claras y económicas con las cuales la eficiencia energética de los casos de estudio mejorará.

Lo anterior se comprobó con la ayuda de software especializados en iluminación como en variables térmicas y con base a los análisis realizados, se proponen las siguientes soluciones las cuales pueden ser tomadas en cuenta a la hora de diseñar una edificación en la cual se busque tener un buen rendimiento energético, en un clima como el cálido-seco.

Los puntos clave con los cuales se pretende aumentar el confort de los usuarios y el rendimiento energético son:

- Disminuir el deslumbramiento en las proximidades de las ventanas.
- Disminuir el contraste de las zonas cercanas a las ventanas con las que están alejadas aumentando así el confort de los usuarios.
- Lograr una uniformidad de la iluminación natural en todo el espacio.
- Aumentar las horas confort de los usuarios con la luz de día.
- No descuidar la estética de los edificios.

Todo lo anterior con base en los resultados que se obtuvieron con la vivienda y el edificio educativo.

6.1 Aberturas Con Orientación Al Norte.

En las aberturas con orientación al norte es en realidad en donde se puede aprovechar al máximo las dimensiones, debido a que no se tiene penetración directa del sol, y por lo tanto, mas grandes será mejor captación de iluminación difusa y las ganancias de calor son escasas.

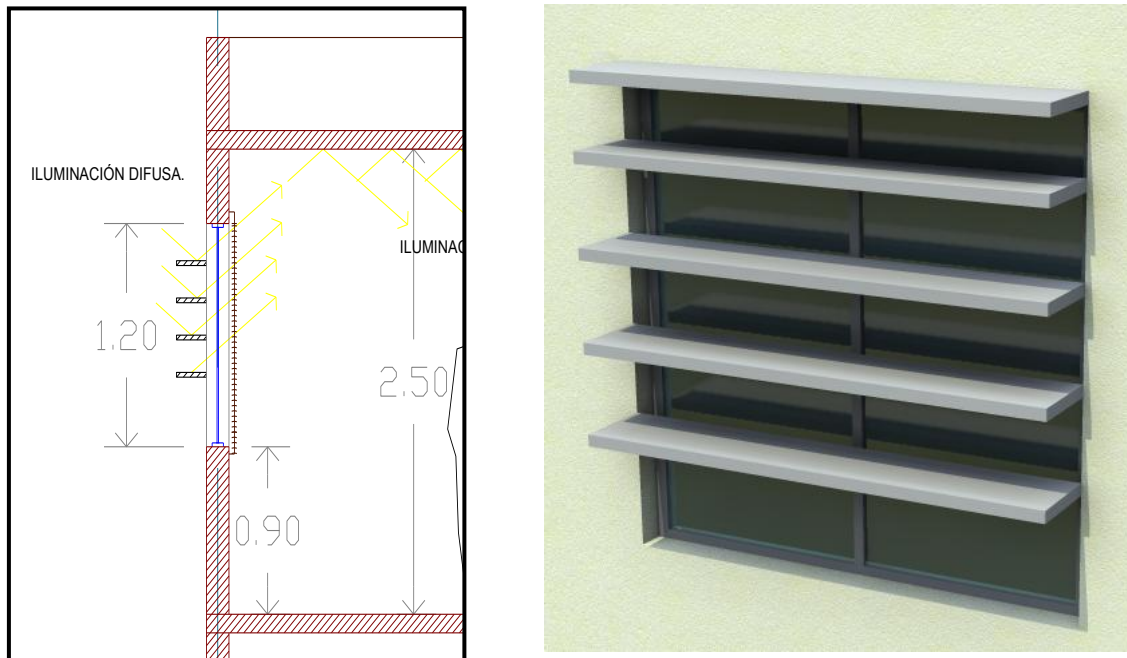


Fig. 6.1 Propuesta de aleros en aberturas al norte.

En este tipo de orientaciones, se proponen aleros los cuales gana la máxima reflexión hacia el interior en espacios no mayores a 3.5 metros, sin perder las proporciones con respecto a las ventanas, las se proponen de 1.20 por 1.20 metros que son las dimensiones que mas se manejan en la actualidad. Los aleros serán de madera tratada contra la intemperie de sección de 1 por 4 pulgadas y de extensión de 1.20 metros (48 pulg.) los cuales podrían estar pintados de blanco lo cual ganaría en estética arquitectónica, pero teniendo en cuenta que su superficie aumentaría la reflexión hacia el interior.

En cuanto a las recomendaciones dentro del espacio, el techo deberá estar pintado de color blanco, al igual que el muro opuesto a la ventana, y en los restantes serán de colores claros para el máximo aprovechamiento de la luz de día.

Dentro del costo de estas propuestas, se plantea un costo de 280 pesos por metro cuadrado a cubrir de ventana, esta inversión sería rentable en 10 meses solo con el ahorro de las lámparas que se usan de día.

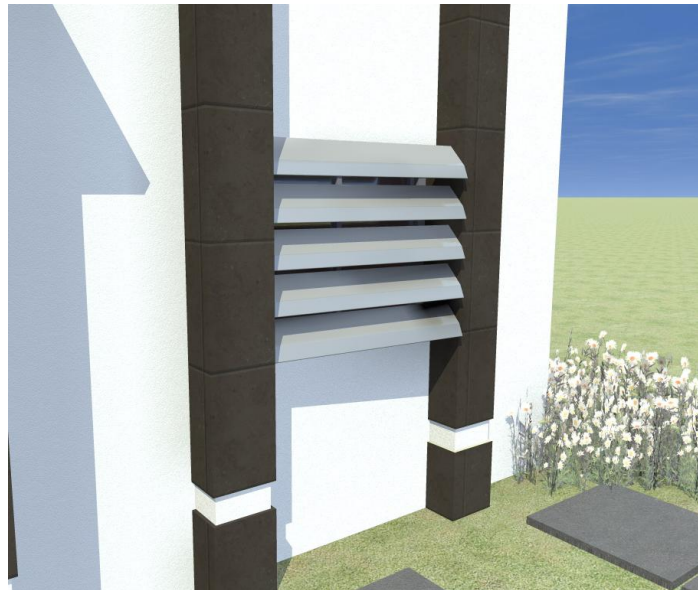


Fig. 6.2 Vista de la primera propuesta al norte.

En la figura 6.2 se observa una vista de la propuesta, en donde los aleros no están pintados con color

blanco, el diseño gana en apariencia de la fachada pero pierde reflexión hacia el interior.

La segunda propuesta con abertura al norte esta compuesta por una alero, el cual es más grande y se convierte en una repisa, la cual funciona como colector solar.

Este colector solar esta compuesto por panel W recubierto con cemento – arena, los cuales son materiales de la región de fácil acceso y elaboración. Las dimensiones se pueden observar en la figura 6.3, en donde también se aprecia la proyección de la iluminación en la cubierta de color blanco y la proporción con la escala humana.

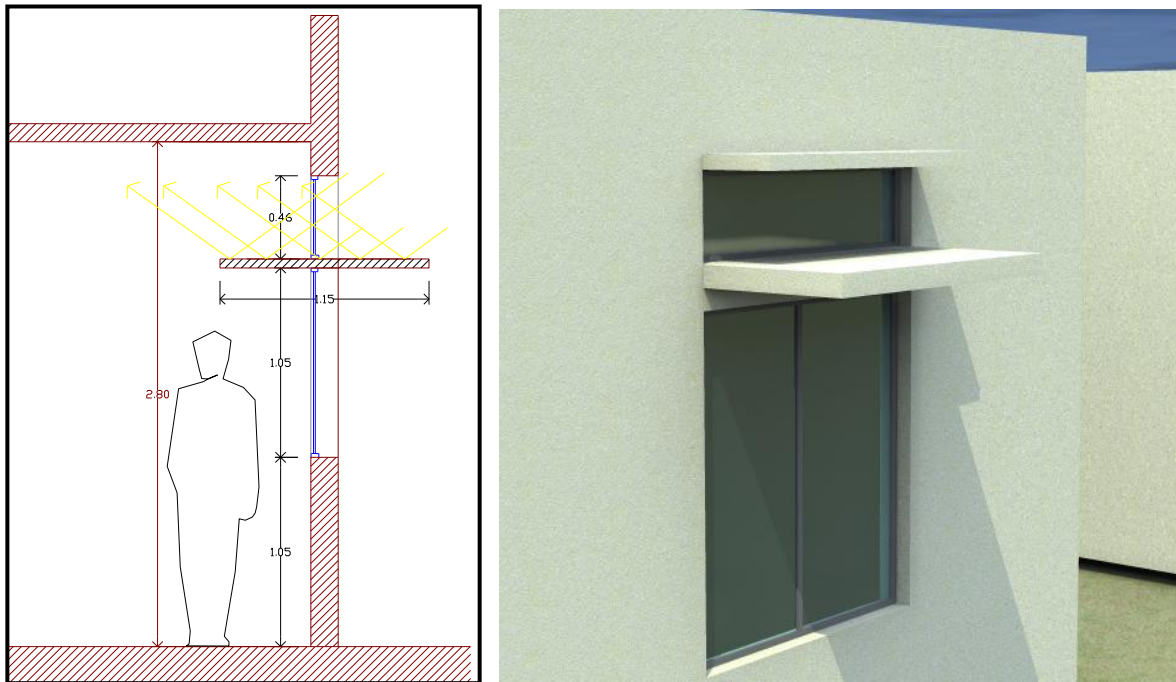


Fig. 6.3 y 6.4 Vista de la primera propuesta al norte.

Esta opción de iluminación ayuda a disminuir el deslumbramiento que existe cercano a todos los espacios, trasladando la iluminación a puntos mas alejados de la ventana. Este modelo se puede utilizar en espacios arquitectónicos amplios, ya que se calcula una altura de losa no menor a 2.70 metros del nivel de piso terminado.

Como se puede observar en la figura 6.5, durante algunas horas del día en el verano, este colector solar recibe la radiación directa del sol, lo cual hace mayor la ganancia de luxes hacia el interior, y al utilizar debidamente bien proporcionado este elemento, aumenta la estética de un fachada.

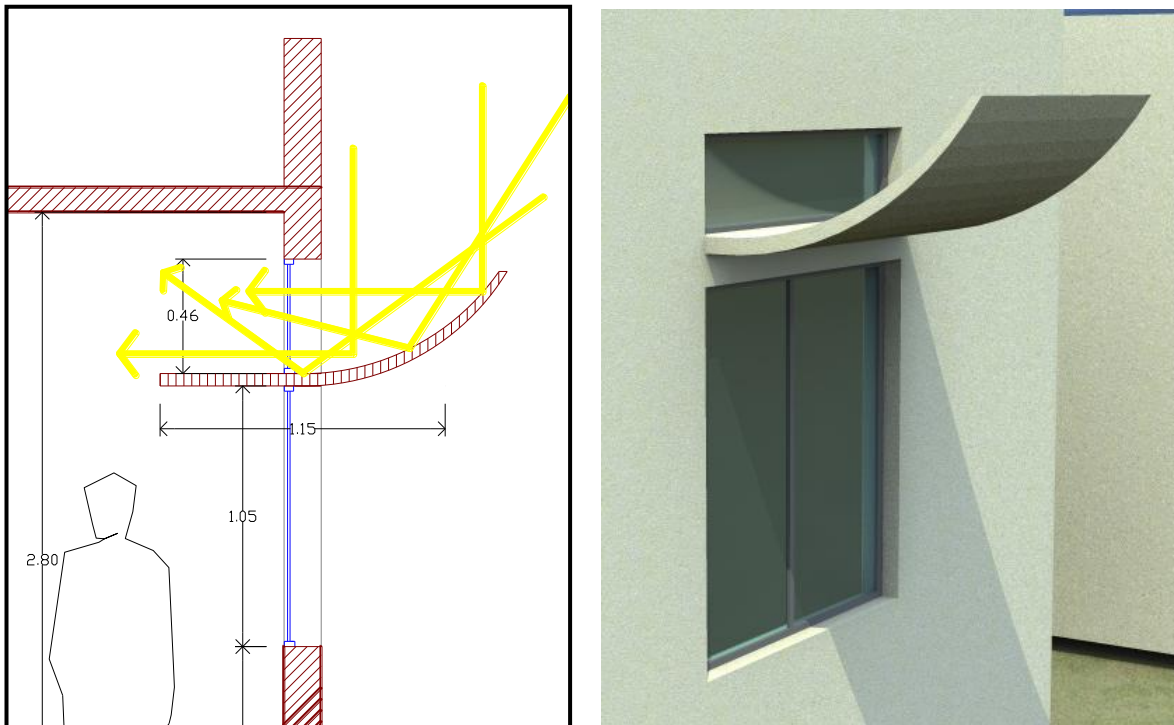


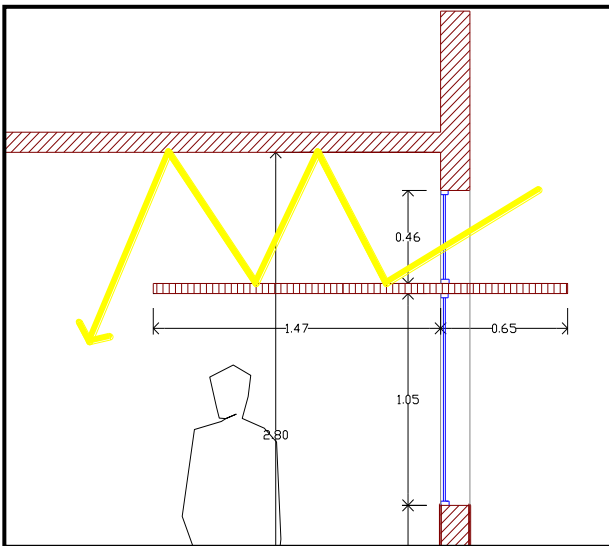
Fig. 6.5 Colector solar curvo en fachada norte.

Esta propuesta, combinada con elementos controladores en el interior como lo pueden ser las persianas, logra efectos interesantes de decoración en el interior y el suministro y colocación de esta propuesta es de alrededor de 600 pesos por metro cuadrado.

Otro colector solar que funciona con orientación al norte, es el que se observa en la figura 6.6, en donde se ven las dimensiones y que se compone de una forma curva en forma de luna, que tiene una mayor captación de iluminación difusa y la proyecta hacia el interior del espacio.

Este colector deberá de fabricarse de panel y pintarse de color blanco en su interior, para así aprovechara al máximo la captación de la luminancia y su abertura superior deberá de estar compuesta de vidrio fijo.

Este elemento tiene algunos contra, ya que favorece a la captación de calor durante las horas críticas del verano, y es necesario de mantenimiento debido a que la forma ínsita a la acumulación de polvo, tierra y hasta basura que podría estancarse en el interior.



5.7 Variante en la longitud del alero en fachada norte.

6.2 Aberturas Con Orientación Al Poniente.

Sin duda esta es la orientación mas castigada de todas en cuanto a radiación solar y por lo tanto a ganancias de calor. Por lo tanto, dentro de las propuestas se pretende proteger a los usuarios de los incrementos de la temperatura, sin descuidar la iluminación del espacio arquitectónico que es lo relevante.

La propuesta consiste en proteger la ventana contra la penetración directa del atardecer en el verano, que seria lo mas crítico. Para ello se propone una ventana más chica que no es necesario excederse en las dimensiones de esta, quedando de 1.05 por 1.05 metros, y con la ayuda de una pequeña losa protectora en su parte superior y aleros inclinadas a 30 grados frente a la abertura se

bloquea la penetración directa de la radiación solar al espacio, que estarán hechos de madera tratada contra la intemperie de sección de 1 por 4 pulgadas y de extensión de 1.05 metros (42 pulg.). La losa que protege a la ventana es de panel cubierto con mezcla cemento-arena de 0.50 metros de volado respecto del muro, el vidrio de la ventana se colocará en el lecho interior del espacio aumentando el colchón de aire.

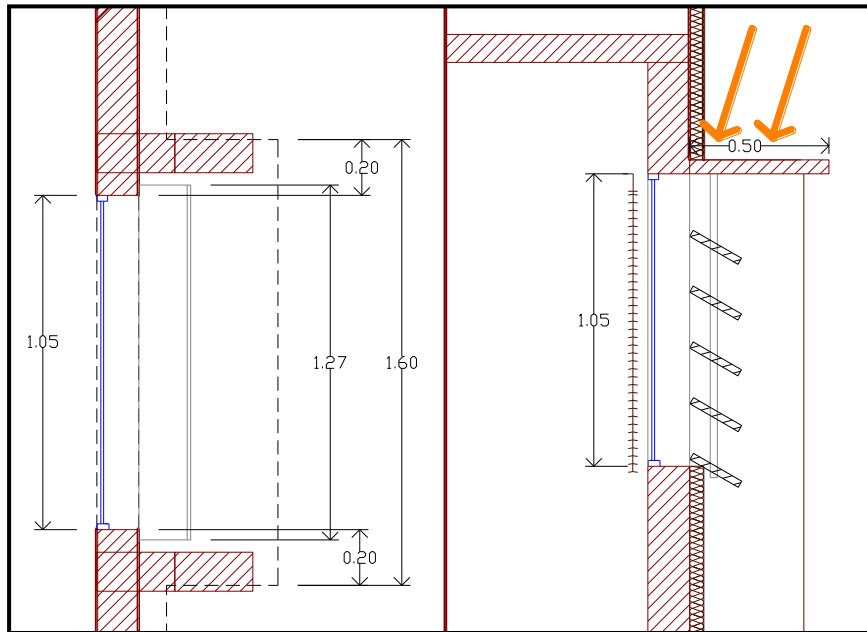


Fig. 6.8 Planta y corte de propuesta hacia el poniente.

Los pequeños muros salientes de los costados de la ventana se elaborarán de ladrillo mongolito, el cual puede ser aparente y funciona como sombra hacia el muro, lo cual es de suma importancia y resta ganancias de calor al este.

En la figura 6.6 se observa un alzado de la propuesta, la cual está con las sombras de una de los horarios más críticos del año en la ciudad de Hermosillo, y se observa la ganancia en el área de sombreado que recibe el muro.

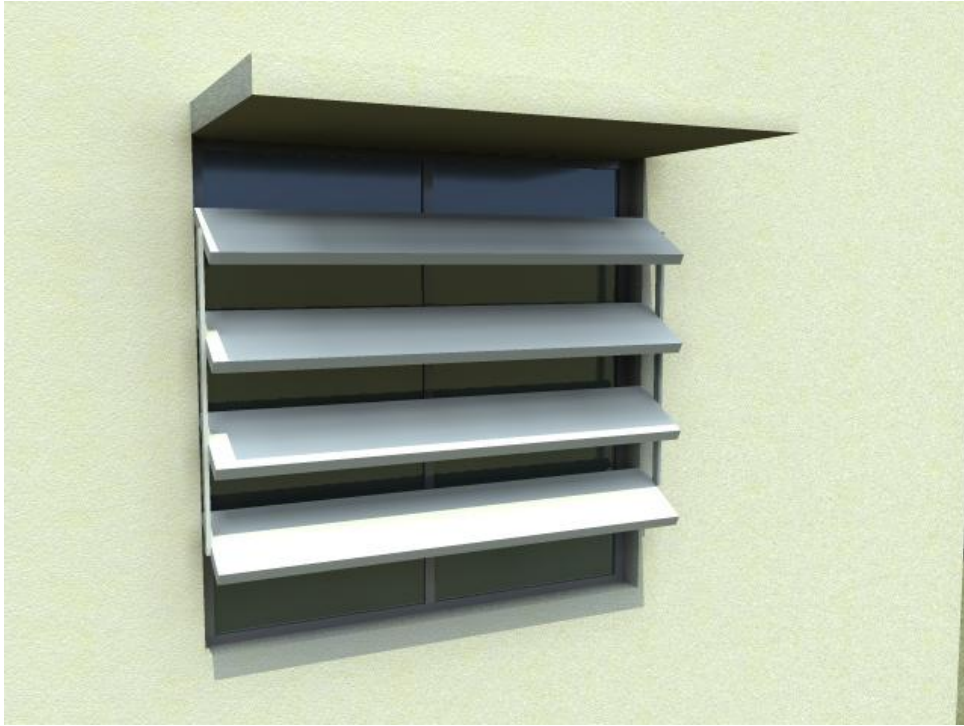


Fig. 6.9 Propuesta en fachada poniente, con sombras de hora crítica.

Y como propuesta extra se propone una capa de poliestireno expandido de hojas de 1 pulgada de espesor, la cual en conjunto con las anteriores propuestas suman un incremento de 1500 horas de confort que antes no se tenían según el programa de simulación la corrida de variables del programa Desingbuilder. Con esta propuesta no es necesario colocar ningún tipo de barrera en las ventanas para protegerse de la radiación solar.

La segunda propuesta para las aberturas al poniente consiste en un toldo, el cual tomará como dimensiones base las de la ventana, convirtiendo la radiación directa en difusa, generando así mas sombra sobre la fachada. Este elemento no convence a los propietarios de las viviendas, debido a que no lo consideran apropiado dentro de la estética de una casa-habitación.

La ventaja de este elemento es que aumenta la proyección de la sombra y por lo tanto solo penetra la ventana la iluminación difusa, la cual se aprovecharía con la ayuda de los pequeños aleros que se proponen en fachadas al norte.

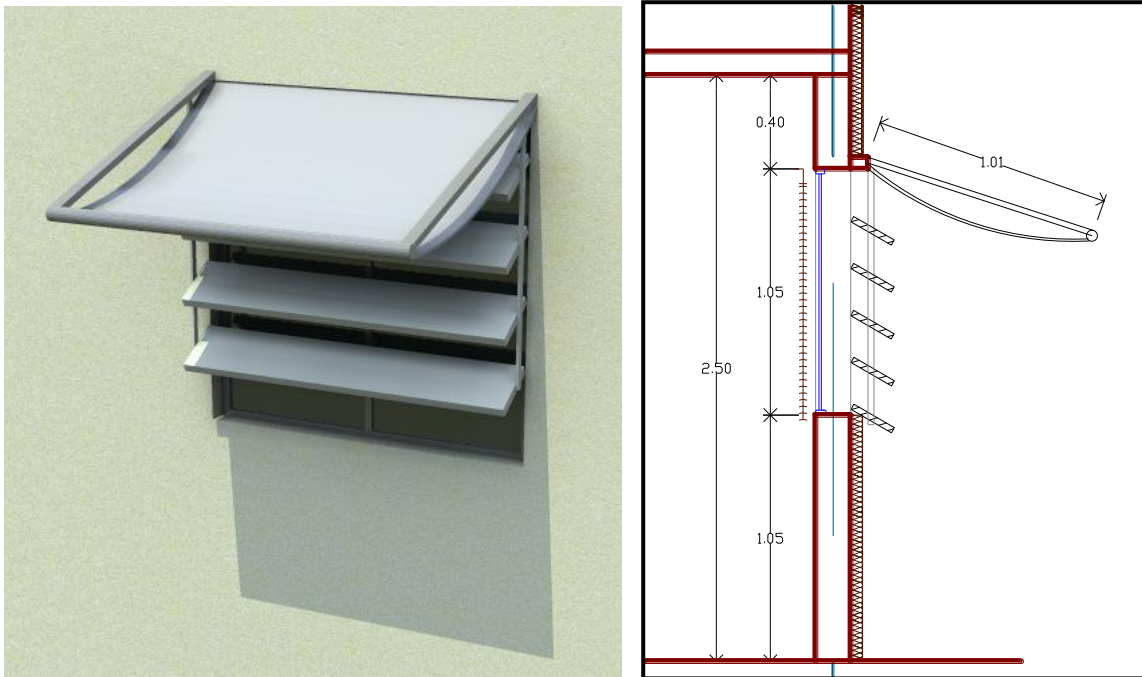


Fig. 6.10 Perspectiva y corte de propuesta de Toldo.

Dentro de la figura 6.10 se observan las dimensiones del toldo y como este proyecta la sombra sobre el dispositivo de paso de iluminación, como se puede notar, funciona adecuadamente en las horas mas criticas del verano sobre la fachada poniente de una vivienda cualquiera en la ciudad de Hermosillo. También se puede observar los aleros que ayudan a proyectar la iluminación difusa hacia el interior del espacio, también se ve que el vidrio de la ventana esta colocado en el lecho inferior de la abertura y como es colocada una persiana interior para cuestiones de privacidad. Todas las anteriores soluciones son aplicables en cualquier edificio de hermosillo, el cual presentaría ahorros de energía a corto y largo plazo.

6.3 Aberturas con orientación al sur.

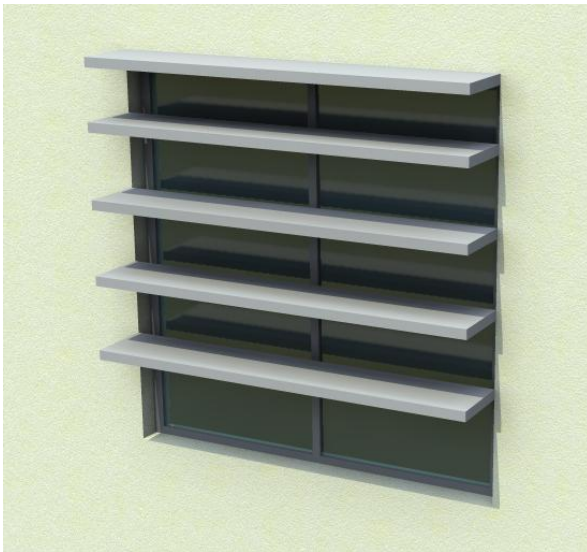


Fig. 6.11 Vista de aleros en fachada sur.

Las orientaciones hacia el sur esta marcada por la penetración de radiación solar durante el verano, en pocas horas del día, por lo anterior es necesario la protección con aleros para evitar esto. Dentro de las propuestas hacia el sur, se tiene la de los aleros como en fachada norte, solo que en este caso, empiezan uno de los aleros en el lecho superior de la ventana, conteniendo a radiación directa que se pudiera introducir al espacio arquitectónico.

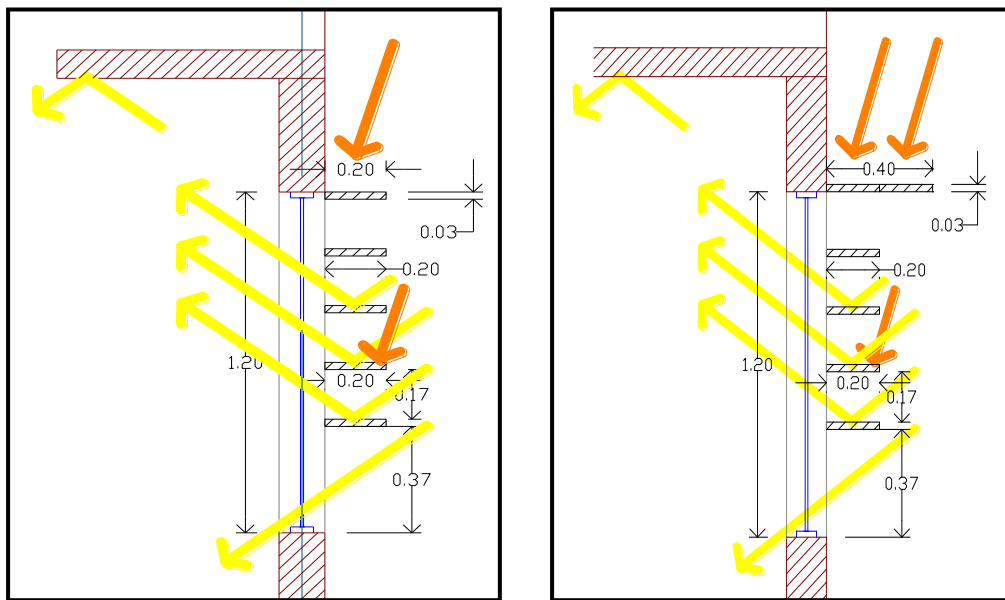


Fig. 6.12 Detalles de las distintas propuestas sobre la fachada sur.

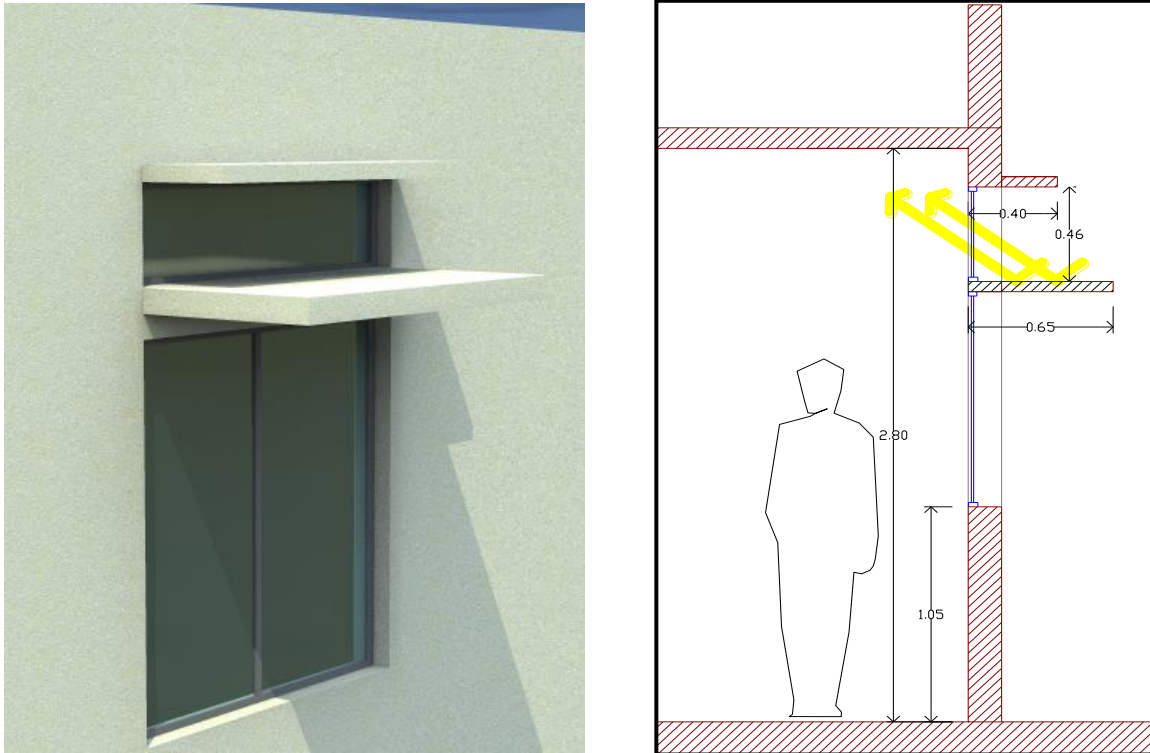


Fig.6.13 Alero con protección.

n las siguientes figuras, se muestran variantes a los modelos arriba mencionados, los cuales gana mayor energía, pero su elaboración es mas compleja y genera mayor costo.

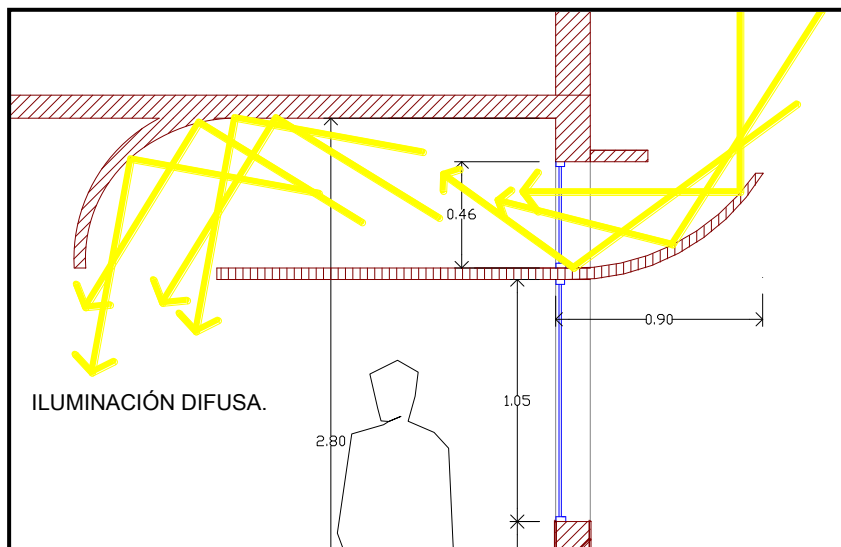


Fig. 6.14 Variante de alero curvo con mayor proyección.

6.4 Detalles Arquitectónicos.

Los detalles constructivos toman importancia para verificar la estabilidad del diseño, como lo económico de esta variable. Esto se muestra en la figura 6.15 y 6.16. Que consiste generalmente en panes “w” reforzado con varillas de 3/8 ancladas en la cadena de cerramiento y enjarre de cemento-arena .

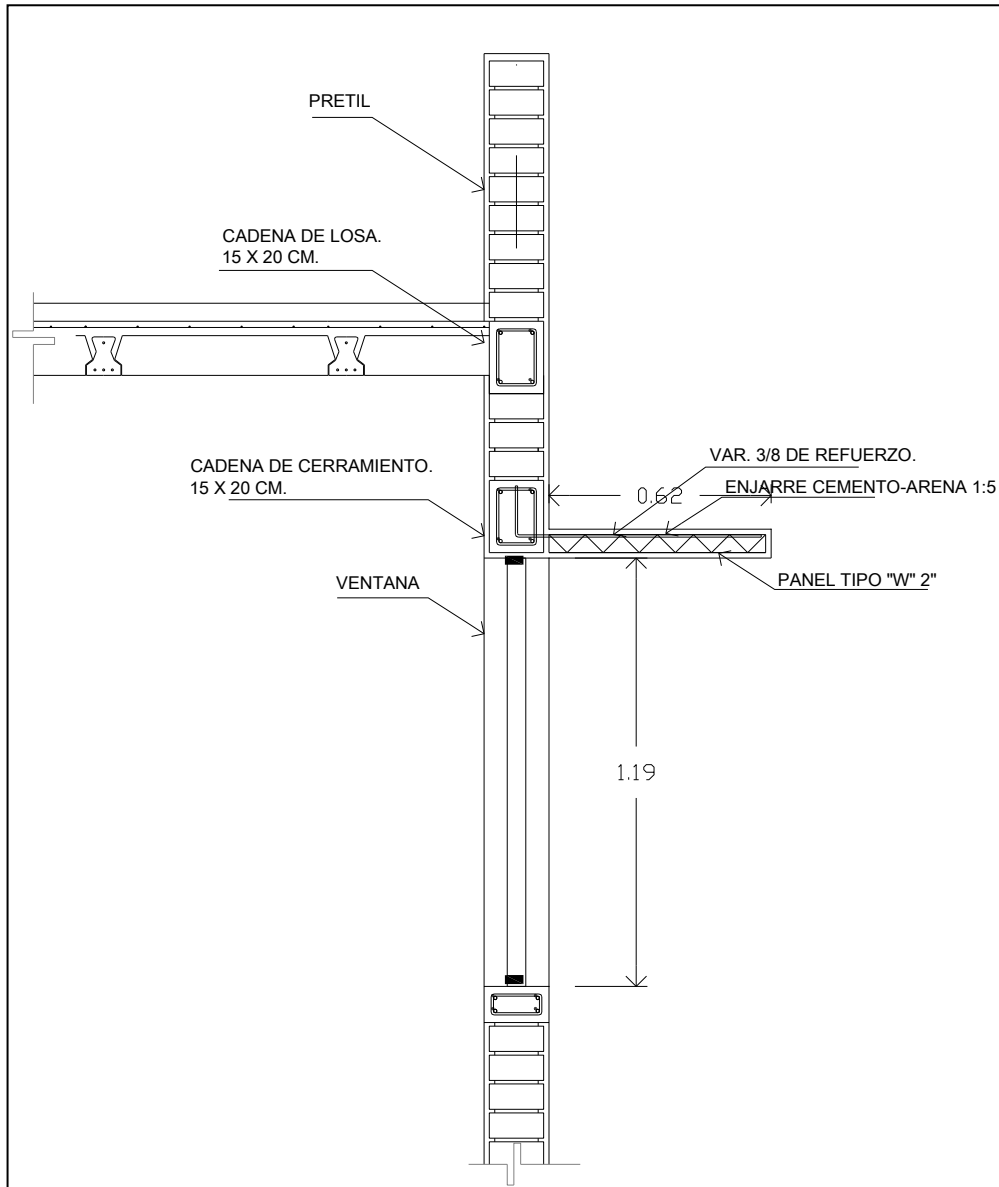


Fig. 6.15 Detalle constructivo de alero simple.

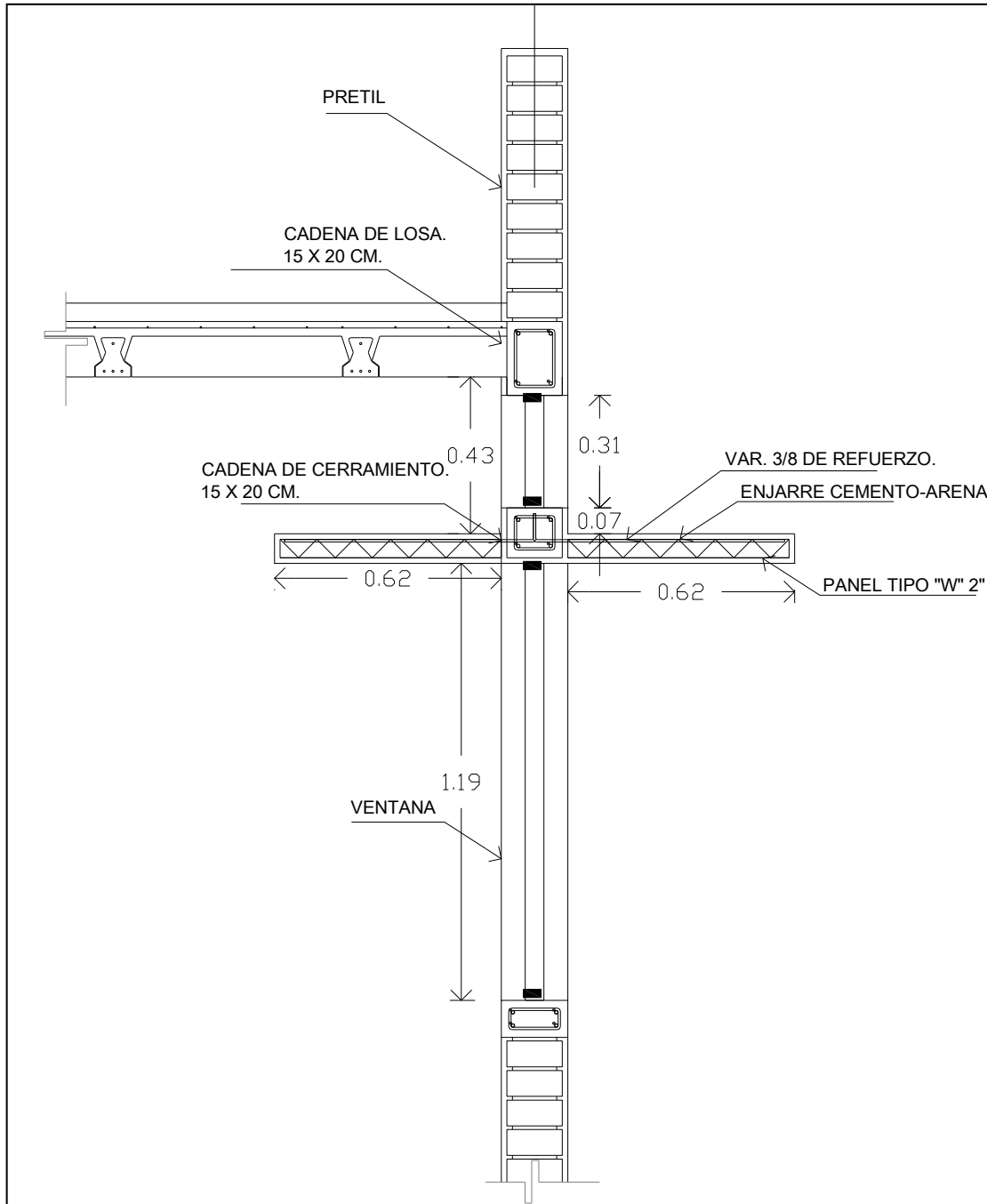


Fig. 6.16 Detalle constructivo de alero doble hacia el interior del espacio arquitectónico.

En la ilustración 6.17 se muestra un grafico detallado de los elementos estructurales, alturas y materiales que son determinantes para el aprovechamiento de la luz de día. Se puede observar las diferentes alturas de los plafones, como las protecciones contra la penetración directa del sol con un Louver, los plafones de metal Works y los muros con acabado de pintura vinílica color blanco, los pisos de concreto pulido con color beige.

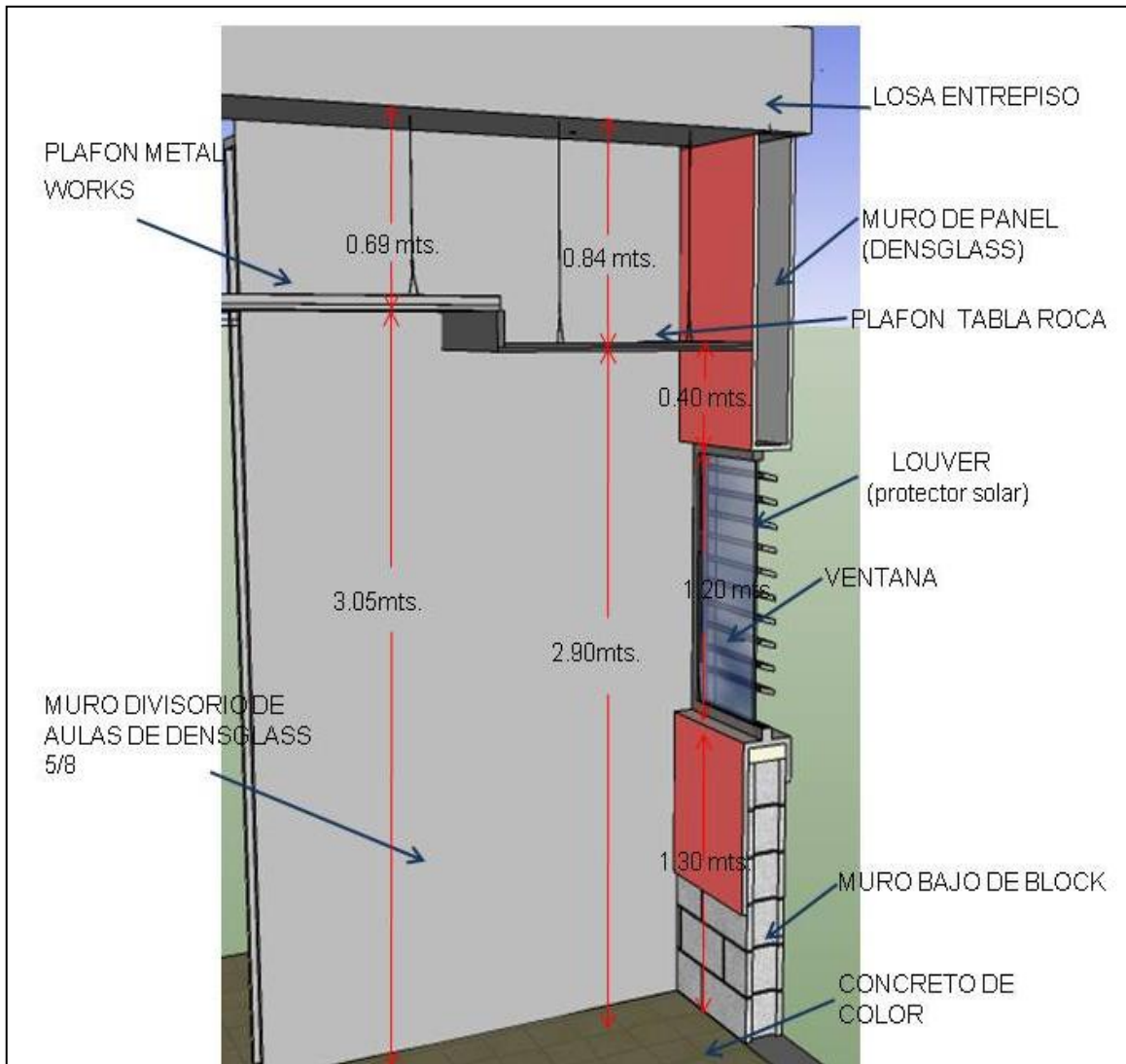


Fig. 6.18 Estudio de detalles arquitectónicos para el aprovechamiento de la luz de día en escuelas.

CONCLUSIONES DEL CAPITULO.

Con las propuestas vistas en este capítulo, se pueden verificar los detalles constructivos, y así comprender y aterrizar las ideas usando los materiales de la región, como los diferentes paneles y mano de obra calificada. Y así, Llegar a disminuir el deslumbramiento en las proximidades de las ventanas, y reducir el contraste de las zonas cercanas a las ventanas con las que están alejadas aumentando así el confort de los usuarios. Todo esto de una forma económica.

CONCLUSIONES GENERALES.

Durante la realización de este documento tuve la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera y reforzarlos aún más gracias a la elaboración de esta investigación, además de obtener un conocimiento más amplio sobre un tema que en lo personal me interesó sobremanera.

Se abordaron temas con respecto a la iluminación natural en edificios tipo CAPFCE y casa habitación, las cuales se encuentran dentro del clima cálido seco, se proponen métodos de mejoramiento de la iluminación natural, logrando así un considerable ahorro de energía eléctrica.

Se efectuó un análisis de las variables climatológicas de la región llegando a obtener conclusiones de éstas mismas y como afectan a las edificaciones. Asimismo, se analizaron los conceptos generales de iluminación, y cómo éstos influyen en la arquitectura y en el confort, posteriormente se efectuó, una investigación sobre los estudios realizadas por otras universidades y en distintos climas, y por el propuesto en esta tesis.

Posteriormente se procedió a hacer un levantamiento de la iluminación tanto en el edificio educativo tipo CAPFCE como en la vivienda, teniendo así datos reales sobre la iluminación de estos espacios, tales como la excesiva iluminación llegando a los 1000 luxes en algunas aéreas, mientras que en otras no llegaban al mínimo requerido de 400 luxes. Con estos datos, posteriormente se procedió a hacer propuestas para aprovechar mejor la iluminación natural dentro de estos espacios arquitectónicos. Llegando a tener un equilibrio en la distribución de la luz natural alrededor de los 500 luxes.

Por ultimo se presentaron propuestas, las cuales se aplicarán a los distintos edificios para el tipo de clima cálido-seco, dependiendo de la orientación que se tengan en las distintas aberturas.

Al leer este trabajo es posible darse cuenta del atraso que se tiene con respecto a este tema, tanto por los profesionales, como por la sociedad en general, y se espera que este documento haya brindado al lector una visión más amplia de los alcances que se pueden tener al aprovechar lo que la naturaleza nos brinda para beneficio de la humanidad.

Para finalizar, me gustaría que este documento dé paso a investigaciones más profundas sobre el tema de la iluminación natural en climas cálidos secos, debido a que la información que existe se da a cuenta gotas en la actualidad y de esta manera se contribuya al conocimiento colectivo de nuestra sociedad en general, ya que es imperativo crear una conciencia social al respecto, una conciencia basada en responsabilidad más que en comodidad en sí. Aunque irónicamente, comodidad es mi objetivo primordial, siempre hay una manera de lograr esta meta utilizando recursos mucho más nobles e incluso, económicos.

BIBLIOGRAFÍA.

Almeria “Arquitectura solar pasiva: manual de diseño”. Coordinado por GEOHABITAT- Energía y medio ambiente., artes graficas. 1993.

Blanco Lugo, Lizbeth “Propuestas de mejoras en el diseño térmico en edificios tipo CAPFCE, para la universidad de sonora campus centro”.
Universidad de sonora.

Florensa Rafael Serra. Arquitectura y Energía Natural. U.P.C. Barcelona España.

Daylight in Bulildingas. a source book on daylighting systems and components. A report of IEA SHC Task 21/ECBCS Annex 29, July 2000

Luján Verduzco Maria Martha.
Mejoras en el Diseño Lumínico de los Edificios Educativos Tipo CAPFCE en Hermosillo; Sonora”
Universidad de Sonora.

Olgay, victor. Arquitectura y clima, manual de diseño bioclimatico para arquitectos y urbanistas. Editorial limusa. Grupo Noriega editores.

Silvia arias orozco/ David Carlos Ávila
La iluminación natural en la arquitectura. Ramírez. Universidad de Guadalajara.2004

Sitios web:

<http://es.wikipedia.org/wiki/Comodidad> : artículos de confort humano.

www.geocities.com :arquitectura bioclima tica.

<http://edison.upc.edu/curs> La naturaleza de la luz, el color, la fisiología y el funcionamiento del ojo y los factores que influyen en la visión son los temas tratados aquí.

<http://edison.upc.edu/curs>

<http://www.franjapublicaciones.com/articulo/articles%20No/373.htm>.

<http://coopener.centroabita.com/database/best-practices/argentina>

ftp://ftp.cricyt.edu.ar/pub/lahv/jorge_m/trabajo2_2.pdf