

AS-12

**PROYECTO DE REMODELACIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA  
ARAGÜITA 1, ESTADO MIRANDA, BAJO UN ENFOQUE  
DE SOSTENIBILIDAD: EVALUACIÓN DE HABITABILIDAD  
BIOCLIMÁTICA Y DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**Sosa, María<sup>a</sup> / Moreno, Miguel<sup>b</sup><sup>a</sup> Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela, Caracas<sup>b</sup> Escuela de Arquitectura, Universidad Santa María, Caracas, Venezuela  
mesosa@yahoo.es**INTRODUCCION**

La Unidad Educativa Aragüita 1 se encuentra ubicada en el Estado Miranda, en los Valles del Tuy, construida en una sola planta, en una parcela de 3406 m<sup>2</sup> y con un área techada de construcción de aproximadamente 2373 m<sup>2</sup>, con una población estudiantil de 596 alumnos de escuela básica repartidos en dos turnos. Los espacios e instalaciones actuales se encuentran muy deteriorados y funcionando con bajos niveles de confort, los cuales serán objeto de mejoramiento y recuperación.

La concepción de este proyecto de remodelación se planteo desde su inicio con un enfoque Sostenible en sus tres dimensiones social, ambiental y económico, las cuales permanentemente se inter-relacionan. En la dimensión social se conjugaron las necesidades planteadas por los usuarios: docentes, estudiantes, padres o representantes y los comunitarios. En la dimensión ambiental y económica, la concepción del proyecto se planteo con el fin de asegurar los requerimientos de habitabilidad de los espacios con una alta adaptación bioclimática y aprovechamiento de los recursos naturales renovables. La selección de los componentes constructivos y acabados, además de mejorar el confort térmico-lumínico, presentan una alta durabilidad con poco mantenimiento lo que asegura mayor tiempo de vida útil, esto es económicamente sustentable tomando en cuenta que es una escuela pública y los presupuestos para mantenimiento y mejoras son reducidos y no constantes.

En el presente trabajo se presenta la evaluación Ambiental de la Escuela Educativa Aragüita 1 del Estado Miranda; como metodología se hace un análisis comparativo entre el funcionamiento y habitabilidad actual de la escuela existente versus el funcionamiento y habitabilidad de los espacio del proyecto de remodelación.

## **ESTUDIO AMBIENTAL Y DE HABITABILIDAD**

El proyecto de remodelación se evalúa desde el punto de vista del cumplimiento de los requerimientos de habitabilidad de los espacios y en su relación con la adaptación bioclimática y aprovechamiento de los recursos naturales renovables. Los espacios de una escuela son "habitables" cuando cumplen con una serie de requerimientos de habitabilidad, que aseguren el confort o bienestar y en este caso que promuevan un buen proceso de aprendizaje de los estudiantes y de los docentes.

Los requerimientos de habitabilidad de las edificaciones incluyen factores socioculturales, fisiológicos y psicológicos en la interacción de los usuarios con las variables climáticas y espaciales de cada espacio. Los requerimientos de habitabilidad son clasificados como: calidad espacial, accesibilidad, confort térmico-lumínico, eficiencia energética, calidad acústica, calidad del aire y ventilación, durabilidad, higiene y salud y costos de usos y mantenimiento (Siem et al, 2001). A continuación se estudian como se mejoran los requerimientos de habitabilidad entre el funcionamiento y habitabilidad actual de la escuela existente vs. el funcionamiento y habitabilidad de los espacio del proyecto de remodelación.

### **Calidad Espacial y Accesibilidad:**

En el proyecto de remodelación se adecuan la programación de los espacios para que cumplan con las "NORMAS Y RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE EDIFICACIONES EDUCATIVAS" dictadas por la Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas (FEDE) para el ciclo básico, sector docente, sector administrativo y servicios.

Ciertamente estas Normas promueven el buen diseño de las edificaciones escolares y además de los cálculos por índice de población para la planificación de los espacios requeridos para su óptimo funcionamiento, recomienda específicamente el tener en cuenta y solucionar diversos factores ambientales tales como: Regiones y tipos de clima, Efectos del clima sobre el edificio escolar, Orientación, Asoleamiento, Arquitectura regionalizada, Materiales y técnicas de construcción, Ventilación, Iluminación natural, Confort acústico, Confort térmico Accesibilidad, Ergonomía y Antropometría de los espacios, Acabados, Color y Vegetación.

Este proyecto de remodelación va un paso más allá y se compromete a realizar una optimización de todos y cada uno de los aspectos a considerar haciendo énfasis en un enfoque Sostenible en sus tres dimensiones Social, Ambiental y Económico, promoviendo la educación ambiental con el ejemplo del mismo edificio y las facilidades para el desarrollo confortable de las actividades docentes, aplicando la ley de las tres "r", reducir, reutilizar y reciclar, conceptos aplicados en cada espacio abierto o cerrado de la escuela, educando con el ejemplo a los usuarios y llevando a su máxima expresión el significado de la palabra *educar*: "*Cosa que de algún modo alecciona o da ejemplo y experiencia*". (DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA - Vigésima segunda edición) con el fin de que los usuarios puedan aplicarlo en su vida diaria.

Respecto a la accesibilidad, en el Proyecto de remodelación, se suprimen los desniveles existentes y los que no se pueden resolver se solucionan con el uso de rampas peatonales con una pendiente máxima del 6%. Se plantean accesos y espacios especiales en aulas y en los sanitarios para personas discapacitadas, cumpliendo así con la Normativa de Accesibilidad y Supresión de Barrera Arquitectónicas (COVENI 2733-04).

### **Calidad Acústica**

La escuela actualmente funciona con un techo metálico, el cual permite transmitir el calor y en el aspecto acústico la transmisión de las ondas sonoras sobretodo los días de lluvia, cuyo periodos de mayor intensidad son los meses de mayo, junio, julio, septiembre y octubre, todos dentro del periodo escolar. Esto disminuye la calidad del proceso educativo, al aumentar el nivel de ruido dentro de las aulas y disminuir el nivel de entendimiento de las palabras. El proyecto actual propone como cerramiento de techos un panel estructural aislante tipo sándwich, formado por un núcleo de espuma rígida de Poliestireno Expandido, de 15 cms en los espacios de aula, dirección y biblioteca y de 10 cms. en los pasillos y sala de uso múltiples. El Poliestireno Expandido (anime) es un aislante acústico, por lo cual amortigua el nivel de ruido ocasionado por las lluvias y habrá un mejor entendimiento de las palabras. La selección de mayor espesor en los techos de aula y biblioteca son las adecuadas para mejorar en un 100%, el nivel sonoro de esos espacios que redundan en el nivel de concentración y el proceso educativo en la interacción de los estudiantes y los docentes.

## **Costos, Durabilidad y Reciclaje**

En el Proyecto de remodelación se busca en general reutilizar espacios y componentes constructivos para minimizar costos y desperdicios y residuos en obra. En este sentido se conserva gran parte de la construcción actual, se mantienen el 60% de las paredes existentes y se reutiliza la estructura complementándola para elevar altura de los techos de aulas, bibliotecas, cafetín, áreas administrativas y de profesores, para mejorar así la calidad espacial y ambiental de los espacios. Se utilizan como cerramiento de techo y de aberturas componentes constructivos de acero galvanizado en rejillas electro-soldadas, que son materiales de bajo mantenimiento y alta durabilidad, que son resistentes al paso del tiempo, a las solicitaciones atmosféricas y al vandalismo.

Se promueve en el Proyecto la recolección de parte de las aguas de lluvias de los techos en un tanque apropiado para el riego de las áreas verdes de la misma parcela. Asimismo se plantea dentro de los espacios de la Escuela un espacio de reciclaje de materiales como papel, vidrios, latas, etc., con el fin de incentivar esta actividad ambientalista en la formación integral de los estudiantes de la Escuela.

## **ESTUDIO DE LA CALIDAD TÉRMICO - LUMÍNICA**

En la concepción del proyecto de remodelación se aplican conceptos de diseño bioclimático que mejoran la calidad térmica lumínica, tales como: Elevar la altura y abertura de techos y aumentar áreas de abertura permeables optimizando la ventilación e iluminación natural de todos los espacios. Disminuir el área techada en los patios para lograr áreas de expansión no techadas, mejorando la ventilación e iluminación de las aulas perimetrales (ver gráfico No. 1).

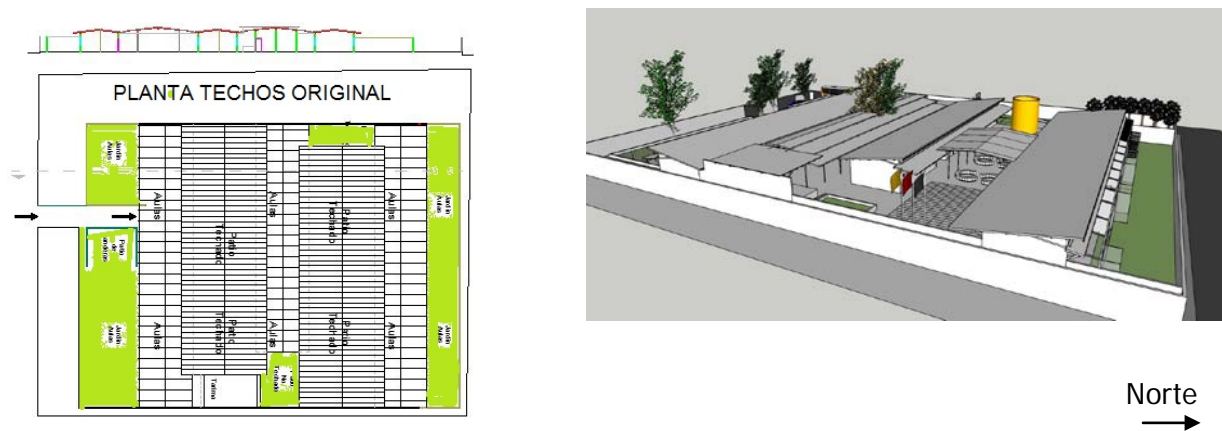


Gráfico No. 1. Plano escuela actual y Proyecto de remodelación

Eliminación de puertas y paredes internas en aulas para integrar jardines de expansión al área interna de cada aula, eliminación de vidrios en cerramientos para minimizar costos directos por instalación, costos por restitución y por lo tanto mantenimiento. Incorporar ventiladores y extractores estratégicamente para optimizar la ventilación natural (ver grafico # 2). Utilización de doble paredes, pared existente adosando bloque ventilado, en fachadas Este y Oeste para proyectar sombra y bloquear las entradas de calor (ver grafico # 3). Selección de material de techo con mayor inercia térmica y de color blanco para reflejar y bloquear la entrada de calor, en el horario de uso de la escuela, por la alta radiación solar todo el año. En las aéreas exteriores se combinan cominerías o patios descubiertos con jardineras y arboles para crear sombra y mejorar niveles de humedad y temperatura en el exterior.



Gráfico No. 2. Foto aula actual y aulas en el proyecto de remodelación

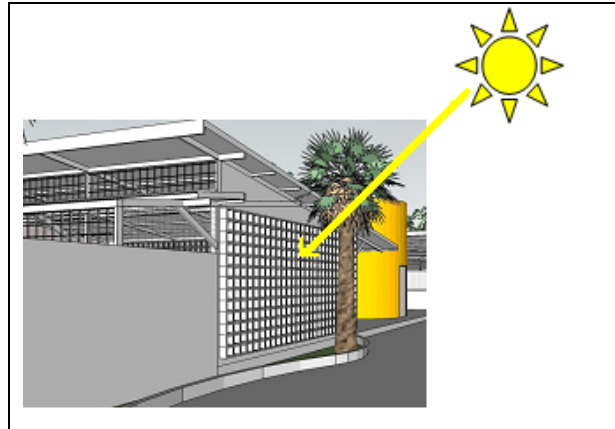


Gráfico No. 3. Detalle doble pared fachadas Este y Oeste

## METODOLOGÍA

Para evaluar las mejoras en la calidad térmica-lumínicas se estudiarán los espacios más representativos de la Escuela como son aulas, sala de usos múltiples, y biblioteca. Se realizará un estudio comparativo entre el funcionamiento en las instalaciones actuales y el funcionamiento de los espacios proyectados a través de programas de simulación ambiental Ecotect®, aplicando verificaciones cuantitativas de las premisas bioclimáticas.

El programa de simulación Ecotect® es un software que combina el diseño en 3D con un amplio rango de análisis funcional independiente o interconectado de diferentes tópicos como son comportamiento térmico, acústico, análisis energético e impacto ambiental del edificio. Esta herramienta computacional, ha sido creada para ser usada durante la etapa de concepción del diseño y focalizada en el impacto ambiental y energético relativo a la volumetría del edificio y los componentes constructivos. El análisis térmico incluye, entre otros puntos los siguientes: penetración de calor solar a través de componentes opacos, permeables o traslucidos; optimización de abertura, parasoles, niveles de iluminación natural; cargas de enfriamiento y consumo energético, variación diaria y horaria de la temperatura del aire interior y exterior.

Como limitante tenemos que el programa Ecotect™, trabaja asociada a una base de datos climatológicos de diferentes ciudades del mundo, no teniendo asociada la data meteorológica de Venezuela, que hay que incluir manualmente. Actualmente contamos con los datos climáticos de dos ciudades Caracas y Maracaibo, no teniendo los datos del Edo. Miranda se trabajara con los datos combinados de estas dos ciudades para hacer un símil del clima de la zona donde esta

ubicada la Escuela, en los Valles del Tuy. Como el clima es un dato que se mantiene constante, no afectara la evaluación de la construcción existente de la escuela en comparación con la del proyecto arquitectónico propuesto.

En edificios de baja altura, como es el caso de esta Escuela, la decisión del material del techo afectara directamente el confort térmico, ya que el 50% del calor que se incorpora entrara por este cerramiento (Sosa y Siem, 2004). En la propuesta de Proyecto se toma muy en cuenta esto y se propone un material de techo de mayor espesor y aislante

En las tablas # 1 y 2 se presentan las características y propiedades termo-físicas de los componentes constructivos actuales y los propuestos en el proyecto.

<b>Cerramiento envolvente</b>	<b>Material (es)</b>	<b>Espesor</b>	<b>Calor específico</b>	<b>Conductivida d</b>	<b>Inercia Térmica</b>
Paredes	Bloque hueco de 10 cm y 2,5 cm friso interior y exterior	15 cms.	836	0.711	Media
Techos	Lamina metálica de color verde	7 mm.	880	230	Liviana

Tabla # 1 COMPONENTES CONSTRUCTIVOS EXISTENTE

Cerramiento envolvente	Material (es) y color	Espesor	Calor Especifico	Conductividad	Inercia Térmica
Paredes	Bloque hueco de 10 cm y 2,5 cm friso interior y exterior	15 cms.	836	0.711	Media
TECHO Aulas y Dirección y Biblioteca	TERMOPANEL 15 cms. acabado en aluminio color blanco ambas caras cuerpo interior espuma rígida de Poliestireno expandido (anime)	Aluminio 5mm  Polietileno 10mm  Aluminio 5mm	880  1423  880	230  0.126  230	Alta
TECHO Usos múltiples	TERMOPANEL 10 cms. acabado en aluminio color blanco ambas caras cuerpo interior espuma rígida de Poliestireno expandido (anime)	Aluminio 5mm  Polietileno 15mm  Aluminio 5mm	880  1423  880	230  0.126  230	Alta

Tabla # 2 COMPONENTES CONSTRUTIVOS PROYECTO.

Fuente: Elaboración propia con valores de propiedades térmicas de la Base del programa de simulación Ecotect®

Las simulaciones se realizan para el día promedio más caluroso del año que corresponde al día 24 de agosto, que corresponde con el periodo de vacaciones escolares y con las condiciones de ocupación especificados en la tabla # 3.

Horario	Meses	Banda de Confort	Numero niños de Aulas	Actividad dentro aula, biblioteca y dirección
Lunes a viernes entre 7 y 18 horas (7 am. y 6 pm)	Año escolar de 15 Septiembre al 15 de Julio	20 -25 C	Aprox. 40 niños- Nivel de vestimenta ligera	Sedentaria (sentado leyendo-estudiando)

Tabla # 3 CONDICIONES DE OCUPACION DE LA ESCUELA.

Fuente: Elaboración propia



A continuación se presenta los resultados de los espacios proyectados que estudian en bloque según la orientación y para el aula o espacio más desfavorable.

### **ESPACIOS BLOQUE SUR: Biblioteca y Aulas # 1 y 2**

En el proyecto de remodelación estos espacios aprovechan la posición del sol para iluminación natural pero controlando las cargas de calor al interior y la penetración en forma indirecta de la radiación solar. Las aulas # 1 y 2 y biblioteca tendrán alta calidad espacial, térmica y lumínica pues además integran la vegetación al espacio interior.

La biblioteca existente actualmente funciona en un espacio con deficientes abertura para iluminación natural y en fachada oeste, con bajo baja calidad térmica lumínica, por la alta incidencia del sol toda la tarde y la gran penetración de calor a través del techo de lámina metálico en las horas del mediodía. El espacio funciona actualmente, con un aire acondicionado de ventana muy ineficiente energéticamente pues fue además un espacio originalmente diseñado para funcionar con acondicionamiento pasivo, de allí los bloques de ventilación en la parte superior (ver foto #1).

En el proyecto, la biblioteca es reubicada siendo uno de los espacios que mejores condiciones presentara luego de la remodelación. Para mejorar el confort térmico-lumínico se reubicó en fachada sur, con mayor área en planta, visuales e integrando la vegetación al espacio interior. Se proponen ventilación cruzada y ventiladores de techo para optimizar la eficiencia del movimiento del aire (ver grafico # 4).



Foto # 1 Biblioteca Actual



Grafico # 4 Biblioteca en el Proyecto

Las aulas # 1 y 2 en el bloque sur, reciben alta iluminación solar difusa y no incorporar calor al espacio interior entre los meses de mayo a octubre. Por la inclinación del eje terráqueo y nuestra latitud el sol se inclina hacia el Sur en los meses de noviembre a abril. Por esto se propone sembrar mas vegetación y arboles en esta área del terreno, respetando además los arboles existentes para bloquear mas la incidencia solar. La ventilación cruzada, esta un poco comprometida en estas aulas # 1 y 2 por tener adosado hacia el Norte, que es el acceso a las mismas, el salón de Usos Múltiples, el planteamiento de de abertura en techos y colocación de ventiladores, en la aulas y extractores en el salón de usos múltiples mejorara la ventilación cruzada y la calidad del aire de los espacios interiores lo que garantiza mayor confort térmico y mejor calidad del aire interior. La pared lindero Sur que corresponde a la Entrada de la Escuela se plantea en el proyecto de pared de bloques calados, para mayor visual y mejorar la ventilación de toda la Escuela.

La evaluacion comparativa de la construccion existente y de la propuesta se presenta en la tabla # 4 y #5, con los resultados de las simulaciones de comportamiento térmico de las aulas # 1 y 2.

Se observa una disminución de casi 2 grados en la temperatura promedio del aula # 2, producto de la mejor ventilación y por la disminución de acceso de calor por las parte de la envolvente que recibe sol es decir la fachada este, protegida, y por el techo con un materia de mayor inercia térmica.

Día promedio mas caluroso del año 24 Agosto				Día promedio mas caluroso del año 24 Agosto			
<b>CONSTRUCCIÓN EXISTENTE</b> Aula # 2 Techo Metálico (actual) menor ventilación cruzada. Fachada Este desprotegida				<b>PROYECTO REMODELACION</b> Aula # 2 Techo Termopanel 15 cms. mayor ventilación cruzada. Fachada Este doble			
<b>Promedio Temperatura : 31.1 °C (en horario uso Escuela de 7 a 18 horas):</b>				<b>Promedio Temperatura : 29.2 °C (en horario uso Escuela de 7 a 18 horas):</b>			
Hora militar	Temp. Interna	Temp. Externa	Diferencia Temp.	Hora militar	Temp. Interna	Temp. Externa	Diferencia Temp
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
07	29.3	27.7	[ 1.6]	07	27.6	27.7	[ -0.1]
08	29.8	29.2	[ 0.6]	08	27.8	29.2	[ -1.4]
09	30.1	30.6	[ -0.5]	09	28.1	30.6	[ -2.5]
10	30.6	31.7	[ -1.1]	10	28.3	31.7	[ -3.3]
11	31.2	32.7	[ -1.5]	11	29.0	32.7	[ -3.7]
12	31.5	33.0	[ -1.5]	12	29.5	33.0	[ -3.5]
13	31.7	33.2	[ -1.5]	13	29.9	33.2	[ -3.3]
14	31.9	33.7	[ -1.8]	14	30.6	33.7	[ -3.1]
15	32.2	34.4	[ -2.2]	15	30.5	34.4	[ -3.9]
16	32.5	35.2	[ -2.7]	16	30.8	35.2	[ -4.4]
17	31.8	32.7	[ -0.9]	17	30.6	32.7	[ -2.1]
18	31.5	31.8	[ -0.3]	18	30.0	31.8	[ -1.8]

Tabla # 4. Resultados Simulaciones Aula # 2.

Fuente: Elaboración propia con base a resultados de simulación con Ecotect®

Mas notoria es la disminucion de mas de 6 grados y de una mejor distribución diaria de la temperatura en el aula # 1 que esta entre central entre dos espacios, y por lo tanto su única entrada de calor directa es por el techo funcionando muy bien el materia de mayor inercia térmica. Las temperaturas de esta aula están casi en la franja de calor y para el día más caluroso del año.

Día promedio mas caluroso del año 24 Agosto				Día promedio mas caluroso del año 24 Agosto			
<b>CONSTRUCCIÓN EXISTENTE</b>				<b>PROYECTO REMODELACION</b>			
Aula # 1 Techo Metálico (actual) menor ventilación cruzada				Aula # 1 Techo Termopanel 15 cms mayor ventilación cruzada.			
<b>Promedio Temperatura: 30.9 °C</b> (en horario uso Escuela de 7 a 18 horas)				<b>Promedio Temperatura: 24.6 °C</b> (en horario uso Escuela de 7 a 18 horas)			
Hora militar	Temp. Interna	Temp. Externa	Diferencia Temp.	Hora militar	Temp. Interna	Temp. Externa	Diferencia Temp.
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----]
07	30.3	27.7	[ 2.6]	07	17.6	27.7	[ -7.1]
08	30.7	29.2	[ 1.5]	08	20.0	29.2	[ -4.2]
09	30.8	30.6	[ 0.2]	09	21.0	30.6	[ -5.6]
10	30.9	31.7	[ -0.8]	10	23.0	31.7	[ -6.7]
11	30.9	32.7	[ -1.8]	11	25.0	32.7	[ -7.7]
12	30.9	33.0	[ -2.1]	12	25.0	33.0	[ -8.0]
13	30.9	33.2	[ -2.3]	13	25.0	33.2	[ -8.2]
14	30.7	33.7	[ -3.0]	14	25.0	33.7	[ -8.7]
15	31.3	34.4	[ -3.1]	15	25.0	34.4	[ -9.4]
16	31.6	35.2	[ -3.6]	16	25.0	35.2	[ -10.2]
17	31.4	32.7	[ -1.3]	17	25.0	32.7	[ -7.7]
18	31.3	31.8	[ -0.5]	18	25.0	31.8	[ -6.8]

Tabla # 5. Resultados Simulaciones Aula # 1

Fuente: Elaboración propia con base a resultados de simulación con Ecotect®

**BLOQUE CENTRAL: Aulas # 3, 4 y 5**

La iluminación natural y la ventilación natural cruzada, están un poco comprometidas en estas aulas centrales # 3, 4 y 5 por tener adosado en la fachada Sur un pequeño patio cubierto y en la fachada Norte el salón de Usos múltiples, el planteamiento de abertura en techos, con una parte permeables y colocación de ventiladores, en las aulas y extractores en el salón de usos múltiples mejorara la ventilación cruzada y la calidad del aire de los espacios interiores lo que garantiza mayor confort térmico-lumínico y mejor calidad del aire interior. El haber eliminado parte de los techos del patio interior al Norte, mejora ampliamente la ventilación cruzada, lo que garantiza mayor nivel de iluminación natural y del movimiento del aire al interior de los espacios. El aula # 5 tiene la pared lateral en fachada Oeste protegida con una doble pared, interior pared bloque frisado y exterior pared de bloques calados que permite el bloqueo de la

radiación del sol de la tarde de mayor incidencia y cuando el aire circulante presenta las mayores temperaturas.

La evaluación comparativa del aula # 5 de la construcción existente y de la propuesta se presenta en la tabla # 6, se observa una disminución de casi 5 grados en la temperatura promedio, producto de la mejor ventilación y por la disminución de acceso de calor por la parte de la envolvente que recibe sol es decir la fachada oeste, protegida, y por el techo con un material de mayor inercia térmica.

Día promedio mas caluroso del año 24 Agosto				Día promedio mas caluroso del año 24 Agosto			
<b>CONSTRUCCIÓN EXISTENTE</b>				<b>PROYECTO REMODELACION</b>			
Aula # 5 Techo Metálico (actual) ventanas ventilación cruzada débil. Fachada oeste sin protección				Aula #5 Techo termopanel 15 cms. mayor ventilación cruzada y con pared Oeste protegida			
Promedio Temperatura : 30.2°C (en horario uso Escuela de 7 a 18 horas)				Promedio Temperatura : 25.7°C (en horario uso Escuela de 7 a 18 horas):			
Hora militar	Temp. Interna	Temp. Externa	Diferencia Temp.	Hora militar	Temp. Interna	Temp. Externa	Diferencia Temp
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
07	29.4	27.7	[ 1.7]	07	25.1	22.1	[ 3.0]
08	29.9	29.2	[ 0.7]	08	25.4	24.2	[ 1.2]
09	30.4	30.6	[ -0.2]	09	25.7	26.0	[ -0.3]
10	30.7	31.7	[ -1.0]	10	26.0	27.2	[ -1.2]
11	31.1	32.7	[ -1.6]	11	26.2	27.7	[ -1.5]
12	31.3	33.0	[ -1.7]	12	26.1	27.6	[ -1.5]
13	31.4	33.2	[ -1.8]	13	26.2	27.2	[ -1.0]
14	31.5	33.7	[ -2.2]	14	26.4	28.3	[ -1.9]
15	31.9	34.4	[ -2.5]	15	26.3	27.7	[ -1.4]
16	32.3	35.2	[ -2.9]	16	26.1	26.0	[ 0.
17	31.5	32.7	[ -1.2]	17	26.1	25.0	[ 1.
18	31.2	31.8	[ -0.6]	18	26.1	24.3	[ 1.8]

Tabla # 6. Resultados Simulaciones AULA #5

Fuente: Elaboración propia con base a resultados de simulación con Ecotect®

**BLOQUE NORTE: Aulas # 6, 7, 8 y 9**

Las Aulas # 6, 7, 8, 9 en el bloque NORTE, presentan una alta calidad ambiental y lumínica por además integrar la vegetación al espacio interior en la fachada norte. El haber eliminado parte de los techos de los patios interior al sur, que es área de acceso a las aulas, mejora ampliamente la ventilación cruzada, lo que garantiza mayor confort térmico y mejor calidad del aire interior. El Aula # 6 cuya pared lateral esta en fachada oeste, fue también protegida con la doble pared, siendo el espacio estudiar por ser el más desfavorable de este bloque. La evaluación comparativa del aula # 6 de la construcción existente y de la propuesta se presenta en la tabla # 7.

Día promedio mas caluroso del año 24 Agosto	Día promedio mas caluroso del año 24 Agosto	Día promedio mas fresco del año 17 febrero																																																																																																																																																												
<b>CONSTRUCCIÓN EXISTENTE</b> Aula #6 Techo Metálico (actual) ventanas ventilación cruzada débil. Fachada oeste no protegida- Fachada Sur protegida con techo patio	<b>PROYECTO REMODELACION</b> Aula #6 Techo Termopanel 15 cms, mayor aberturas ventilación cruzada- Fachada oeste protegida	<b>PROYECTO REMODELACION</b> Aula # 6 Techo Termopanel 15 cms. mayor ventilación cruzada- Fachada oeste protegida																																																																																																																																																												
<b>Promedio Temperatura : 31.2°C (en horario uso Escuela de 7 a 18 horas):</b>	<b>Promedio Temperatura 30.2 °C (en horario uso Escuela de 7 a 18 horas):</b>	<b>Promedio Temperatura (en horario uso Escuela de 7 a 18 horas): 25.2°C</b>																																																																																																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hora militar</th> <th>Temp. Interna</th> <th>Temp. Externa</th> <th>Diferencia Temp.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>07</td><td>29.4</td><td>27.7</td><td>[ 1.7]</td></tr> <tr><td>08</td><td>29.9</td><td>29.2</td><td>[ 0.7]</td></tr> <tr><td>09</td><td>30.4</td><td>30.6</td><td>[ -0.2]</td></tr> <tr><td>10</td><td>30.7</td><td>31.7</td><td>[ -1.0]</td></tr> <tr><td>11</td><td>31.1</td><td>32.7</td><td>[ -1.6]</td></tr> <tr><td>12</td><td>31.3</td><td>33.0</td><td>[ -1.7]</td></tr> <tr><td>13</td><td>31.4</td><td>33.2</td><td>[ -1.8]</td></tr> <tr><td>14</td><td>31.5</td><td>33.7</td><td>[ -2.2]</td></tr> <tr><td>15</td><td>31.9</td><td>34.4</td><td>[ -2.5]</td></tr> <tr><td>16</td><td>32.3</td><td>35.2</td><td>[ -2.9]</td></tr> <tr><td>17</td><td>31.5</td><td>32.7</td><td>[ -1.2]</td></tr> <tr><td>18</td><td>31.2</td><td>31.8</td><td>[ -0.6]</td></tr> </tbody> </table>	Hora militar	Temp. Interna	Temp. Externa	Diferencia Temp.	07	29.4	27.7	[ 1.7]	08	29.9	29.2	[ 0.7]	09	30.4	30.6	[ -0.2]	10	30.7	31.7	[ -1.0]	11	31.1	32.7	[ -1.6]	12	31.3	33.0	[ -1.7]	13	31.4	33.2	[ -1.8]	14	31.5	33.7	[ -2.2]	15	31.9	34.4	[ -2.5]	16	32.3	35.2	[ -2.9]	17	31.5	32.7	[ -1.2]	18	31.2	31.8	[ -0.6]	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hora militar</th> <th>Temp. Interna</th> <th>Temp. Externa</th> <th>Diferencia Temp.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>07</td><td>29.9</td><td>27.7</td><td>[ 2.2]</td></tr> <tr><td>08</td><td>30.3</td><td>29.2</td><td>[ 1.1]</td></tr> <tr><td>09</td><td>30.6</td><td>30.6</td><td>[ 0.0]</td></tr> <tr><td>10</td><td>30.9</td><td>31.7</td><td>[ -0.8]</td></tr> <tr><td>11</td><td>31.1</td><td>32.7</td><td>[ -1.6]</td></tr> <tr><td>12</td><td>31.2</td><td>33.0</td><td>[ -1.8]</td></tr> <tr><td>13</td><td>31.3</td><td>33.2</td><td>[ -1.9]</td></tr> <tr><td>14</td><td>31.4</td><td>33.7</td><td>[ -2.3]</td></tr> <tr><td>15</td><td>31.6</td><td>34.4</td><td>[ -2.8]</td></tr> <tr><td>16</td><td>31.8</td><td>35.2</td><td>[ -3.4]</td></tr> <tr><td>17</td><td>31.4</td><td>32.7</td><td>[ -1.3]</td></tr> <tr><td>18</td><td>31.1</td><td>31.8</td><td>[ -0.7]</td></tr> </tbody> </table>	Hora militar	Temp. Interna	Temp. Externa	Diferencia Temp.	07	29.9	27.7	[ 2.2]	08	30.3	29.2	[ 1.1]	09	30.6	30.6	[ 0.0]	10	30.9	31.7	[ -0.8]	11	31.1	32.7	[ -1.6]	12	31.2	33.0	[ -1.8]	13	31.3	33.2	[ -1.9]	14	31.4	33.7	[ -2.3]	15	31.6	34.4	[ -2.8]	16	31.8	35.2	[ -3.4]	17	31.4	32.7	[ -1.3]	18	31.1	31.8	[ -0.7]	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hora militar</th> <th>Temp. Interna</th> <th>Temp. Externa</th> <th>Diferencia Temp.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>07</td><td>24.7</td><td>22.1</td><td>[ 2.6]</td></tr> <tr><td>08</td><td>25.2</td><td>24.2</td><td>[ 1.0]</td></tr> <tr><td>09</td><td>25.6</td><td>26.0</td><td>[ -0.4]</td></tr> <tr><td>10</td><td>25.9</td><td>27.2</td><td>[ -1.3]</td></tr> <tr><td>11</td><td>26.1</td><td>27.7</td><td>[ -1.6]</td></tr> <tr><td>12</td><td>26.1</td><td>27.6</td><td>[ -1.5]</td></tr> <tr><td>13</td><td>26.0</td><td>27.2</td><td>[ -1.2]</td></tr> <tr><td>14</td><td>26.2</td><td>28.3</td><td>[ -2.1]</td></tr> <tr><td>15</td><td>26.1</td><td>27.7</td><td>[ -1.6]</td></tr> <tr><td>16</td><td>25.8</td><td>26.0</td><td>[ -0.2]</td></tr> <tr><td>17</td><td>25.6</td><td>25.0</td><td>[ 0.6]</td></tr> <tr><td>18</td><td>25.5</td><td>24.3</td><td>[ 1.2]</td></tr> </tbody> </table>	Hora militar	Temp. Interna	Temp. Externa	Diferencia Temp.	07	24.7	22.1	[ 2.6]	08	25.2	24.2	[ 1.0]	09	25.6	26.0	[ -0.4]	10	25.9	27.2	[ -1.3]	11	26.1	27.7	[ -1.6]	12	26.1	27.6	[ -1.5]	13	26.0	27.2	[ -1.2]	14	26.2	28.3	[ -2.1]	15	26.1	27.7	[ -1.6]	16	25.8	26.0	[ -0.2]	17	25.6	25.0	[ 0.6]	18	25.5	24.3	[ 1.2]
Hora militar	Temp. Interna	Temp. Externa	Diferencia Temp.																																																																																																																																																											
07	29.4	27.7	[ 1.7]																																																																																																																																																											
08	29.9	29.2	[ 0.7]																																																																																																																																																											
09	30.4	30.6	[ -0.2]																																																																																																																																																											
10	30.7	31.7	[ -1.0]																																																																																																																																																											
11	31.1	32.7	[ -1.6]																																																																																																																																																											
12	31.3	33.0	[ -1.7]																																																																																																																																																											
13	31.4	33.2	[ -1.8]																																																																																																																																																											
14	31.5	33.7	[ -2.2]																																																																																																																																																											
15	31.9	34.4	[ -2.5]																																																																																																																																																											
16	32.3	35.2	[ -2.9]																																																																																																																																																											
17	31.5	32.7	[ -1.2]																																																																																																																																																											
18	31.2	31.8	[ -0.6]																																																																																																																																																											
Hora militar	Temp. Interna	Temp. Externa	Diferencia Temp.																																																																																																																																																											
07	29.9	27.7	[ 2.2]																																																																																																																																																											
08	30.3	29.2	[ 1.1]																																																																																																																																																											
09	30.6	30.6	[ 0.0]																																																																																																																																																											
10	30.9	31.7	[ -0.8]																																																																																																																																																											
11	31.1	32.7	[ -1.6]																																																																																																																																																											
12	31.2	33.0	[ -1.8]																																																																																																																																																											
13	31.3	33.2	[ -1.9]																																																																																																																																																											
14	31.4	33.7	[ -2.3]																																																																																																																																																											
15	31.6	34.4	[ -2.8]																																																																																																																																																											
16	31.8	35.2	[ -3.4]																																																																																																																																																											
17	31.4	32.7	[ -1.3]																																																																																																																																																											
18	31.1	31.8	[ -0.7]																																																																																																																																																											
Hora militar	Temp. Interna	Temp. Externa	Diferencia Temp.																																																																																																																																																											
07	24.7	22.1	[ 2.6]																																																																																																																																																											
08	25.2	24.2	[ 1.0]																																																																																																																																																											
09	25.6	26.0	[ -0.4]																																																																																																																																																											
10	25.9	27.2	[ -1.3]																																																																																																																																																											
11	26.1	27.7	[ -1.6]																																																																																																																																																											
12	26.1	27.6	[ -1.5]																																																																																																																																																											
13	26.0	27.2	[ -1.2]																																																																																																																																																											
14	26.2	28.3	[ -2.1]																																																																																																																																																											
15	26.1	27.7	[ -1.6]																																																																																																																																																											
16	25.8	26.0	[ -0.2]																																																																																																																																																											
17	25.6	25.0	[ 0.6]																																																																																																																																																											
18	25.5	24.3	[ 1.2]																																																																																																																																																											

Tabla # 7. Resultados Simulaciones Aula # 6

Fuente: Elaboración propia con base a resultados de simulación con Ecotect®

Se observa solo una disminución de 1 grados en la temperatura promedio, aunque hay mejor ventilación y disminución de acceso de calor por las parte de la envolvente que recibe sol es decir la fachada oeste, protegida, y por el techo con un materia de mayor inercia térmica, pero recibe sol también por la fachada de acceso orientada al sur. El uso de los ventiladores podrán mejorara las condiciones de esta aula, sin duda la mas desfavorable de toda la escuela. Como esta simulación se realiza para el día mas caluroso promedio del año que además es en época de vacaciones, se evalúa esta aula #6 en otros meses como Febrero, arrojando una temperatura media y una distribución de temperatura en horario de uso de la escuela, muy cerca a la franja de confort.

### **PATIO CENTRAL TECHADO: Salón Usos Múltiples**

Para mejorar la propuesta de confort térmico-lumínico del Salón de Usos Múltiples ubicado en el patio central, entre las aulas centrales y las aulas orientadas al norte, este techo se sub-divide en tres niveles inclinados hacia arriba, con acceso laterales de aire y penetración de iluminación difusa. Por la orientación longitudinal Norte-Sur de esta serie de techo, la totalidad del techo recibirá una alta radiación solar, solo en horas del mediodía entre 12 y 2 pm, la selección del cerramiento de techo Termopanel de 10 cms., con su estructural tipo sándwich aislante de espuma rígida de Polietileno y acabado exterior blanco, permitirá reflejar y amortiguar esta alta radiación solar incidente. Por la cercanía a las aulas, es muy importante estimular la extracción del aire de este Salón de Usos Múltiples (Ver Grafico # ). La propuesta de un pequeño patio descubierto con vegetación y arboles, en el lado Norte, mejora el intercambio convectivo del aire y los niveles de iluminación y representa una buena transición ambiental entre el Salón de Usos Múltiples y el área del Cafetín ubicado hacia el lindero Norte. Es una adecuada solución del Proyecto Arquitectónico la propuesta de todos los cerramientos de puertas de comunicación con el entorno y vanos con un material metálico permeable al aire y la luz, que además permite la visibilidad mejorando los niveles de seguridad personal y de la instalaciones.

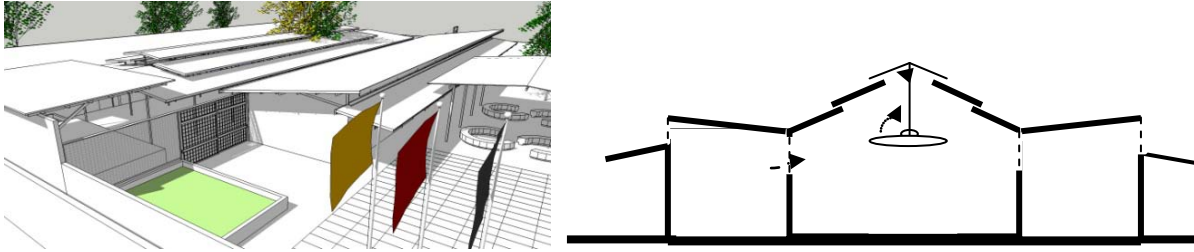


Gráfico # 5. Detalle Techo Salón Usos Multiplex

Para mejorar la ventilación natural se propone la incorporación de cuatro (4) ventiladores para flujo ascendente (extractores) repartido uniformemente en el espacio de usos múltiples a nivel de la cumbrera. La altura de las aspas se debe colocar a nivel de las aberturas de las aulas colindante. El Techo traslucido más caliente estimulará la salida del aire caliente más caliente y liviano por la abertura superior. Las aberturas libres entre techo deberán ser entre 35 y 40 cms. como mínimo para garantizar la ventilación natural. Los ventiladores de las aulas contribuirán a movilizar el movimiento del aire de todo el sistema incluidas aulas perimetrales (ver gráfico # 5).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La concepción del proyecto de remodelación de la Unidad Educativa Aragüita 1 del Edo. Miranda se concibió con un enfoque Sostenible en sus tres dimensiones Social, Ambiental y Económico, las cuales permanentemente se inter-relacionan. En la dimensión social se conjugan las necesidades y planteamiento de todos los usuarios (docentes, estudiantes, padres o representantes y los comunitarios) En la dimensión Ambiental y económica la concepción del proyecto se planteó con el fin de asegurar los requerimientos de habitabilidad de los espacios con una alta adaptación bioclimática, bajo impacto ambiental y aprovechamiento de los recursos naturales renovables.
- Se promueve una edificación amigable con el medio ambiente y los usuarios, que reduce su huella de carbono en el ambiente, disminuyendo la emisión de gases con efecto invernadero, aumentando las zonas verdes y con ellas el oxígeno y la refrigeración evaporativa en el entorno.



- El proyecto, diseñado con acondicionamiento pasivo, asegura la habitabilidad de los espacios proyectados, mejorando la calidad espacial, acústica, del aire interior, calidad térmica y lumínica de cada uno de los espacios.
- El proyecto actual mejora la calidad acústica utilizando como cerramiento de techos un panel estructural aislante tipo sándwich, formado por un núcleo de espuma rígida de poliestireno expandido (anime), que es un aislante acústico, por lo cual amortigua el nivel de ruido ocasionado por las lluvias y habrá un mejor entendimiento de las palabras. La selección de mayor espesor en los espacios de aula, biblioteca son las adecuadas para mejorar en un 100%, el nivel sonoro de esos espacios que redundará en el nivel de concentración y el proceso educativo en la interacción de los estudiantes y los docentes.
- El Proyecto busca en generar el buen uso de las energías renovables, costos razonables de construcción y mantenimiento y reutilizan espacios, componentes constructivos para minimizar residuos en la obra. Por su planteamiento constructivo y de reutilización de medios podemos inscribir este proyecto en el enfoque actual de la Arquitectura de "Más por Menos".
- Se promueve en el Proyecto, la recolección, almacenamiento y reciclaje de las aguas de lluvia para el riego de las aéreas verdes de la misma parcela.
- El estudio del comportamiento térmico y de eficiencia energético con el programa de simulación Ecotec, de los espacios del Proyecto en relación a la situación actual de funcionamiento, arrojan los siguientes resultados:
  1. Las simulaciones se realizan para el día promedio mas caluroso del año que afortunadamente es en el mes agosto cuando hay vacaciones escolares, así que el resto del tiempo las condiciones de temperatura estarán por debajo.
  2. En el proyecto de remodelación se promueve mayor pérdida de calor en las aulas, por ventilación natural cruzada, por el aumento de las aberturas y la presencia de láminas de acero galvanizado en rejillas electro-soldadas (Acerogril) como material permeable de cerramiento en aberturas, no hay ventanas. Al haber mayor aberturas contrapuestas para garantizar la ventilación cruzada y mas inclinación de los techo hacia las misma, se produce un mayor movimiento del aire y mas numero de renovación del aire contenido en los espacios de Aulas. Esto permite una buena transferencia de calor y de los niveles de humedad entre el aire interior y el aire exterior, al producirse mayores

pérdidas de calor del cuerpo humano y de los cerramientos por intercambio convectivo y evaporativo.

3. En el proceso de simulación, se trabajó solo con ventilación natural, ya que no fue posible incluir el efecto combinado de los ventiladores en Aulas y en el Salón de Usos Múltiples. Esto se podría considerar como un efecto adicional beneficioso que puede bajar los promedios de temperatura del aire que arrojan las simulaciones. Lo mismo ocurre con el sombreado de fachadas por árboles y vegetación del entorno inmediato dentro y alrededor de la parcela.
4. La propuesta de un material de techo más aislante en el Proyecto (Termopanel), es beneficioso en el horario de uso de la edificación de 7 a.m. a 6 p.m. (de 7 a 18 horas en las simulaciones), por cuanto amortigua los picos de temperatura máxima y amortigua las temperaturas promedio en relación a las temperaturas del aire en el exterior. Hay un desfase de las temperaturas máxima del aire hacia las horas nocturnas cuando la escuela está desocupada.
5. Como una forma de evaluar el comportamiento térmico de la biblioteca y del aula en el Proyecto con respecto a las actuales de funcionamiento, se evaluó el consumo en el caso de incorporar sistemas de aire acondicionado y cerrando las aberturas con vidrio simple transparente de 5 mm. En todos los casos evaluados, el consumo de energía eléctrica con el índice energético de kWh/m<sup>2</sup>, es menor en la biblioteca y aulas del Proyecto, en el horario de uso de la escuela. Esto refleja que la envolvente (orientación, forma y materiales propuestos) están bloqueando o minimizando la penetración de la alta radiación solar incidente diaria y todo el año, que se da en el trópico. Es importante destacar el tratamiento adecuado propuesto para las paredes orientadas Este y Oeste, de doble pared la interior de bloque huecos frisado y la exterior de bloque calados que permiten bloquear la radiación solar, produciendo sombreado sobre sí misma y cavidades de aire que funcionan como cámaras de aire aislantes.
6. La selección de los componentes constructivos y acabados propuestos en el Proyecto, además de mejorar el confort térmico-luminico presentan una alta durabilidad con poco mantenimiento lo que asegura mayor tiempo de vida útil. Esto es económicamente muy sustentable tomando en cuenta que es una escuela pública y los presupuestos para mantenimiento y mejoras son reducidos y no constantes.

**REFERENCIA BIBLIOGRAFIA:**

1. RM Arquitectón. **Memoria Descriptiva Proyecto de Remodelación Unidad Educativa Aragüita I. -2010**
2. Siem, Giovanni , Sosa María Eugenia, Hobaica, María Elena et al., **“Código Nacional de Habitabilidad para la Vivienda y su Entorno Inmediato”** Edición del CONAVI, Colección Premios Nacionales de Investigación en Vivienda; ISBN 980-07-83360-9; Caracas, 2002. ISBN 980-07-83360-9. *CONAVI, Caracas 2001.*  
<http://www.arq.ucv.ve/idec/paginas/Premios.html>  
<http://www.conavi.gov.ve/portavivienda/habidad1.htm>
3. **ECOTECT™**, / <http://squ1.com/node/580>. Fecha 2007. Programa y Manual de Uso.
4. FEDE - **Normas y Recomendaciones para el Diseño de Edificaciones Educativas (FEDE)**
5. COVENI 2733-04: **Normativa de Accesibilidad y Supresión de Barrera Arquitectónicas**
6. Sosa María Eugenia, Siem Giovanni. **Manual de Diseño para Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico**, IDEC-FAU-UCV - EDC -FONACIT. Caracas 2004. ISBN: 980-00-2184-7 <http://www.arq.ucv.ve/idec/racionalidad/>

**BIBLIOGRAFIA:**

- Alizo, Tibusay: Sosa, María Eugenia; Siem, Giovanni. **Diagnóstico de la calidad lumínica en aulas de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU-UCV)**; Revista Tecnología y Construcción. Vol. 25-I, 2009, pp. 33-42. <http://fau.ucv.ve/idec/paginas/revista.html>
- COVENIN- 1565:1995. **Ruido ocupacional. Programa de conservación auditiva. Niveles permisibles y criterios de evaluación** (3ª revisión).
- Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4.044 Extraordinario, **Norma Sanitaria**. 1988
- Siem, Giovanni; Sosa, María Eugenia. **Diagnóstico de la calidad acústica en espacios de enseñanza en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela (FAU/UCV)**; Revista Tecnología y Construcción. Vol. 22-II, 2006, pp. 15-22. <http://fau.ucv.ve/idec/paginas/revista.html>

- Sokolay, Steve. **Introduction to Architectural Science: The basis of sustainable design.** . Elsevier UK. 2004 , reprinted, 2005.
- Sosa, María Eugenia; Siem, Geovanni **Criterios de Diseño para Edificaciones Energéticamente Eficientes en Venezuela**; . Revista de la Facultad de ingeniería, Vol. 19 – N° 3, UCV, 2005. <http://revela.com.ve/programas/indice/ria.php?id=13146&rev=fiucv>
- Sosa, María Eugenia; Siem, Geovanni; Alizo, Tibisay. **Diagnóstico de la calidad higrotérmica y de ventilación en espacios representativos de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU-UCV)**; Revista Tecnología y Construcción. Vol. 22-I, 2006, pp. 55-65. <http://fau.ucv.ve/idec/paginas/revista.html>
- Villalobos, Eugenia. **Estudio diagnóstico de la calidad de la iluminación aulas de clase UCV.** (2002) Trabajo de ascenso a la categoría de Asistente, FAU-UCV. Febrero 2002. Caracas.
- Diccionario de la Lengua Española, Vigésima segunda edición.