

**DIAGNÓSTICO Y ADECUACIÓN TÉRMICA-LUMÍNICA DE EDIFICACIONES ESCOLARES OPERATIVAS EN VENEZUELA CON CLIMA TROPICAL. CASO DE ESTUDIO: ESCUELA PITAHAYA, ESTADO MIRANDA.**

Lengy Moreno <sup>1</sup>, María Eugenia Sosa G <sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Estudiante del Postgrado en Desarrollo Tecnológico de la Construcción, Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Central de Venezuela (UCV). Correo: *lengyemorenoc@yahoo.es*

<sup>2</sup> Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Central de Venezuela (UCV). Correo: *mesosag@yahoo.es*

**RESUMEN**

En las escuelas venezolanas, la insuficiencia de iluminación natural y la deficiente ventilación natural, producen malestar térmico y la dependencia de iluminación artificial que han incrementado el bajo rendimiento escolar y el consumo energético. Estudios de la UCV han constatado un porcentaje importante de escuelas con características constructivas similares, no adecuadas al clima tropical y representado por la Escuela Pitahaya. El objetivo de esta investigación consiste en aplicar alternativas de diseño y constructivas para la adecuación de escuelas en el trópico, con base a criterios actuales que permitirán alcanzar el confort térmico-lumínico con acondicionamiento pasivo. La investigación comprende 3 fases: primeramente, el diagnóstico de las condiciones ambientales de funcionamiento del diseño original y de la situación actual, a través de experimentación in situ para determinar las condiciones de habitabilidad. El procesamiento de los resultados a la luz de las normativas nacionales y/o internacionales, permite diagnosticar condiciones ambientales de espacios de estudio y proponer medidas correctivas. En la segunda fase, se estudian las alternativas de diseño y adecuación térmico-lumínica, utilizando como herramienta de simulación *Ecotect* y la tercera fase, la propuesta de adecuación y su factibilidad técnica-económica. El resultado y aporte es mitigar los niveles de malestar térmico-lumínico y así un buen desempeño en la enseñanza-aprendizaje. En esta ponencia se presentarán los resultados de la primera fase, con el diagnóstico de los espacios en estudio y la pre selección de

alternativas para la propuesta de adecuación, que garanticen una mayor sostenibilidad.

**Palabras clave:** rehabilitación escolar, confort térmico-lumínico, sostenibilidad, habitabilidad, eficiencia energética, clima tropical.

## INTRODUCCIÓN

La evaluación de la calidad educativa en el ámbito ambiental y de la habitabilidad, permite constatar qué tan propicios son los espacios escolares para generar ambientes físicos educativamente habitables; es decir, qué ofrezcan las condiciones mínimas de bienestar, confort, salud y seguridad física. Los estudios indican que las condiciones de las aulas relacionadas con los aspectos de confort térmico, ventilación e iluminación, tienen consistentemente beneficios significativos en el logro estudiantil.

El presente trabajo se deriva de la noción de calidad del ambiente físico de las escuelas, enfocado a aspectos parciales de lo que se denomina habitabilidad educativa de los centros escolares (Hernández, 2010). De igual manera la condición de país con clima tropical húmedo demanda buscar la interacción adecuada entre la arquitectura y el medio ambiente, extraer beneficios de las condiciones climáticas particulares y de los recursos naturales para elaborar soluciones propias, en función de un mayor ahorro de energía y confort. (Sosa, Siem, 2004).

Esta ponencia corresponde a resultados parciales del trabajo especial de grado de la especialización en Desarrollo Tecnológico de la Construcción IDEC-FAU-UCV titulado "Diagnóstico y adecuación térmica-lumínica de edificaciones escolares operativas en Venezuela con clima tropical. Caso de estudio: Escuela Pitahaya, Estado Miranda". Es una investigación que según la naturaleza de la información que se recoge para responder al problema, incluye la recopilación de datos, información y hechos para el avance del conocimiento, siendo una investigación de tipo cuantitativa práctica, donde se utiliza predominantemente información de tipo cuantitativo directo.

Se explica lo que corresponde a la primera fase de la investigación, los resultados del diagnóstico de las exigencias térmicas y lumínicas de la escuela caso de estudio. Se presenta las características de la escuela caso de estudio y selección de los espacios con evidentes problemas de habitabilidad. Es utilizada una metodología

que incluye la inspección ocular, selección de espacios con evidentes problemas de habitabilidad, experimentación en sitio de las variables ambientales y cuestionario a los usuarios (Alizo, et all, 2006 y Sosa, 2011). El procesamiento de los resultados según normativas nacionales y/o internacionales permite hacer el diagnóstico en cada uno de los aspectos de las condiciones ambientales de los espacios en estudio, además de proponer medidas correctivas y la pre selección de estrategias de diseño y tecnológicas adecuadas para la adecuación térmico-lumínica de los espacios. Estos resultados parciales, permitirán abordar la segunda y tercera fase de la investigación.

## 1. PRESENTACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO: ESCUELA PITAHAYA

De las escuelas inventariadas en Venezuela, la gran mayoría (86,1%) de los edificios escolares, son de un sólo piso, (López 2010), representando el 42% edificios escolares con características constructivas similares, tipología 13, Rural modificado- Tipología FEDE. Los componentes constructivos que la conforman son losa de fundación en concreto armado, estructura de perfiles metálicos IPN, cerramientos en mampostería y techos de teja criolla.

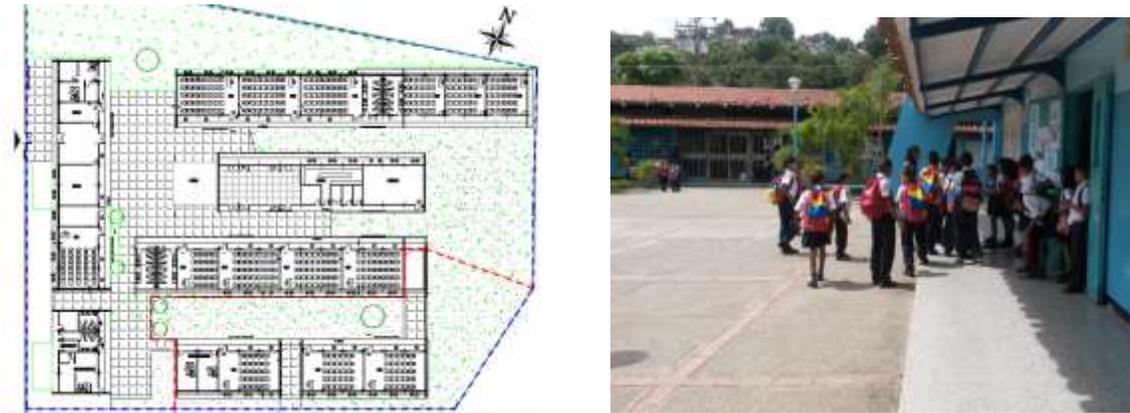


Figura 1: Escuela Pitahaya Fuente: Elaboración propia.

La edificación educativa seleccionada como caso de estudio, es una escuela representativa del sistema constructivo rural modificado de FEDE, (Payares 1998), la Escuela Pitahaya, ubicada en el sector de Charallave sur, Estado Miranda, zona con clima tropical a 315 metros sobre el nivel del mar y con una temperatura

promedio de 24,35°C. La escuela Pitahaya funciona como un conjunto, entre aulas, oficinas administrativas y servicios, comedor, baños y depósitos. Construida en el año 2005 y ampliada en el 2009, sus espacios se observan con un inadecuado mantenimiento en instalaciones eléctricas, iluminación y deficiencia en equipos de ventilación. Constatado en sitio, la edificación presenta bajos niveles de habitabilidad, para lo cual se hace fundamental las mejoras en las condiciones de confort térmico y lumínico, que permitirá la renovación y adecuación físico ambiental interna, externa y contribuir en el impulso de los planes de consolidación y rehabilitación escolar en Venezuela, que conlleven al rendimiento académico. En la figura 1 se presenta el plano de la Escuela Pitahaya, y una foto que permite ver el ambiente y materiales constructivos de paredes y techo.

## 2. METODOLOGÍA

Este trabajo se desarrolla apoyado en una metodología de la experiencia acumulada por investigadores del Área de Habitabilidad y Eficiencia Energética del IDEC; (Alizo, T et all, 2006 y Sosa, 2011). Esta metodología está estructurada en las siguientes fases:

- Definición de los índices de habitabilidad aplicables
- Inspección preliminar del edificio
- Selección de espacios con evidentes problemas de habitabilidad
- Experimentación en sitio
- Cuestionario de confort.
- Análisis de las exigencias de habitabilidad en estudio.
- Simulaciones con el software *Autodesk Ecotect Analysis* de análisis y evaluación de la situación de las condiciones térmicas y lumínicas de los espacios, en situación actual para el diagnóstico y posteriormente con la implementación de mejoras.

## 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 3.1. Exigencias de habitabilidad en estudio y normativas aplicables

Las exigencias de la habitabilidad de la edificación son definidas como las respuestas técnicas que deben cumplir los espacios y componentes de la edificación para la satisfacción de las necesidades fisiológicos, psicológicos, sociológicos y económicos de sus ocupantes (Sosa, 2006). De las nueve (09)

categorías de exigencias de habitabilidad se identifican y definen a continuación las que se abordaran en este estudio:

**Calidad térmica (humedad, temperatura).** Buscan mantener el balance térmico del cuerpo humano en su intercambio de calor con el ambiente circundante. Cuando se trata de calor, se debe considerar antes que nada la acción combinada de la temperatura del aire, la velocidad del aire y la humedad. El confort térmico es un concepto que involucra el metabolismo del cuerpo humano, los factores ambientales y las respuestas psicológicas, fisiológicas y sensoriales del ser humano.

**Calidad de Iluminación** Concierno al confort visual que depende de la luminosidad de los objetos situados en el campo visual y del espectro de luz (si proviene del sol, o es artificial, o si resulta de la combinación de ambas, así como también del tipo de luminarias). Los factores a considerar con relación a la luminosidad son el valor máximo, el valor mínimo.

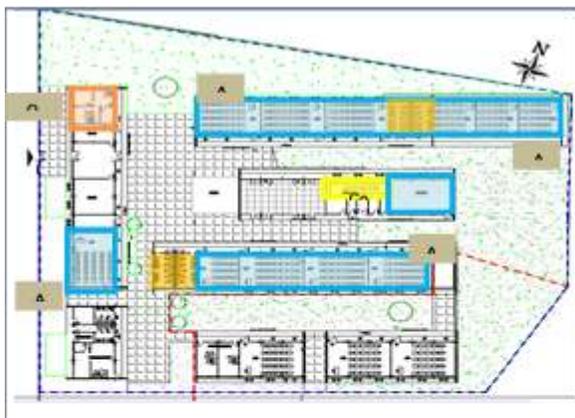
### 3.2. Evaluación según las normativas.

Se consideran como referencia las normativas nacionales vigentes entre las cuales: COVENIN 2249-93 índices según norma, Norma sanitaria gaceta n° 4.044, COVENIN 2250-90 número mínimo de cambios por hora requerido según el espacio según norma (ventilación de los lugares de trabajo)

Para el estudio de la planta física, se analizan los siguientes aspectos: densidad, ventilación natural, iluminación natural y modificaciones arquitectónicas. Estos criterios arquitectónicos se rigen por la División de Políticas y Planeamiento de la Educación Unesco y FEDE, (FEDE 2006) para edificaciones escolares, establece:

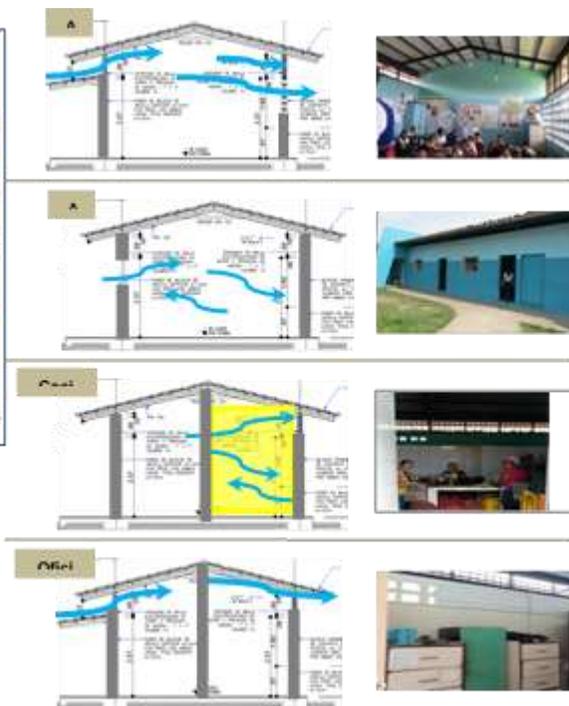
Según la normativa	Espacios en estudio
Densidad mínima entre 2,2 y 3,6 m2 por alumno.	Rango inferior de 1,56 m2 por alumno
Ventilación natural, área de ventana mínimo el 10% del área.	Solo se cumple en las aulas 1, 3 y 4. A diferencia del aula 2, cocina y oficina.
Propiciar la ventilación cruzada	Interrupción de ventilación o los cambios de aire, en aula 2, cocina, oficina.

Las modificaciones en fachada y las divisiones internas incumplen las solicitudes señaladas por normativa, no propiciando así una buena y fluida ventilación. Tal como se muestra a continuación en los alzados de la figura 2.



**ESCUELA PITAHAYA**

Figura 2: Espacios con deficiencias según normativa. Fuente: Elaboración propia, según registro realizado en sitio.



**3.3. Selección de espacios**

Para esta investigación, se sistematiza y se clasifican los espacios de estudio, en función de los cambios físicos y espaciales, de las exigencias de habitabilidad seleccionadas: calidad espacial, iluminación, calidad del aire, calidad higrotérmica y ventilación, las cuales se estudiarán. Todos espacios son analizados de acuerdo a los siguientes parámetros: orientación, número de espacios similares, usuarios, condiciones físicas según la norma. Esto permite seleccionar, los espacios con mayores problemas, para la experimentación en sitio, presentados en la tabla 1.

Espacios	Orientación Fachada ppal. punto de ref.	Nº de espacios similares	Nº de personas	Condiciones físicas según la norma
Aula original	Sureste	3	36	Regular
Aula original	Noroeste	3	36	Regular
Aula original	Noreste	1	36	Regular
Aula nueva	Sureste	3	26	Deficiente
Oficina	Noreste	4	3	Regular

Espacios	Orientación Fachada ppal. punto de ref.	N° de espacios similares	N° de personas	Condiciones físicas según la norma
Cocina	Noroeste	4	16	Deficiente
Comedor	Noroeste	1	40	Buena
Baños	Noroeste	4	860	Buena
Biblioteca	Norte -sur	1	6	Regular
Servicios	Noroeste	7	2	Regular

### 3.4. Registro y resultados

Se implementa la fase de experimentaciones en sitio, que incluye definir las condiciones físicas y de ocupación de los ambientes y la programación, calibración, montaje y supervisión de los diferentes equipos de medición. Se realiza mediciones de las siguientes variables ambientales: temperatura aire exterior e interior, humedad, velocidad del aire exterior, niveles de iluminación por ser variables de mayor relevancia para el buen desarrollo de las actividades de aprendizaje y de docencia.

N°	N° DEB. RAG. UCV	TIPO DE MEDICIÓN PUNTUAL/CONTINUA	CANT.	EQUIPO	FUNCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
1	S/N	Continua	1	HOBO Pro series Rh/Temp sin extensiones	Mide temperatura, humedad relativa (mediciones larga)	
2	S/N	Continua	1	HOBO Rh/Temp/ 2 x channel external	Mide temperatura, humedad relativa, Con 2 salida sensor exterior.(mediciones larga)	
3	S/N	Continua	1	HOBO Rh/Temp/ 4 channel external	Mide temperatura, humedad relativa. Con una salida sensor exterior con 2 salida	
4	S/N		1	Radiador solar Shield-ONSET	Protector de equipos a la interperie	
5	S/N		2	Cables sensores de temperatura TMC20-HA/-40 to+212F	Su funcion es tomar las mediciones en un punto especifico, en condiciones especiales.	
6	S/N	Puntual	1	Medidor de temperatura RAYKET MINITEMP/ laser radiation	Mide temperatura de un area o superficie	
7	2-2515	Puntual	1	LUXOMETRO Datalogging Light Meter HD 450	El Extech HD450 es un producto ideal para medir niveles de luz continuamente durante un período de tiempo. Un medidor de luz de registro de datos capaz de medir en lux y footcandles. Puede realizar mediciones individuales de luz o alternativamente puede usar sus funciones de registro de datos para medir los niveles de luz detectados	

Las mediciones incluyen el registro en sitio de las variables ambientales que afectan el confort térmico y lumínico de los usuarios y que definen la calidad de los espacios, en la tabla 3 se presentan los resultados.

**Tabla 3: Medición de temperatura y humedad - Escuela Pitahaya - Norma: COVENIN 2249-93**

N°	Lugar de medición	Fecha	Hora de inicio	Hora de final	Tiempo de duración	Alt. del Hobo (m)	Humedad		Temperatura		Condiciones	
							Max.	Min.	Max.	Min.		
1	Aula 1 original	09/11/2017	9:00am	4:00pm	7 Horas	0,8 Alt.	76,7	59,2	33,17	27,10	Cielo despejado, Ventanas y puerta abiertas	
2	Aula 2 nueva	09/11/2017	9:00am	4:00pm	7 Horas	0,8 Alt.	76,7	59,2	33,17	28,70	Lámparas apagadas En actividad	
3	Aula 3 original	16/11/2017	9:00am	4:00pm	7 Horas	0,8 Alt.	77,9	61,4	32,76	26,34	Cielo nublado, Ventanas y puerta abiertas	
4	Oficina	16/11/2017	9:00am	4:00pm	7 Horas	0,8 Alt.	77,9	61,4	32,56	27,82	Lámparas apagadas En actividad	
5	Aula 4 original	20/11/2017	9:00am	4:00pm	7 Horas	0,8 Alt.	73,7	51,2	34,43	27,20	Cielo despejado, Ventanas y puerta abiertas	
6	Cocina	20/11/2017	9:00am	4:00pm	7 Horas	0,8 Alt.	73,7	51,2	34,85	25,56	Lámparas apagadas En actividad	
							<b>AULA 1</b>	<b>AULA 2</b>	<b>AULA 3</b>	<b>AULA 4</b>	<b>CHARALLAVE SUR</b>	
							Temp. med. interna	31,15°C	30,72°C	30,71°C	31,50°C	Temp. media: 24,35°C
							Temp. med. externa	32,03°C	32,03°C	32,03°C	32,03°C	Humedad: 65,41°C
							Humedad	65,41%	65,41%	65,41%	65,41%	Velocidad viento: 4-7 kmh

### 3.5. Análisis de los resultados

- Los módulos de aulas poseen aleros de techo de protección solar que evitan el paso de la radiación directa hacia el interior de los salones, moderando el aumento de temperatura interna.
- Por otro lado, en las aulas originales las ventanas superiores con malla microperforada en la fachada principal y fachada opuesta con bloque de ventilación ayudan a mantener una ventilación natural cruzada, casos en que varía esta situación en el aula 2 por su modificación arquitectónica y el aula 4 por su orientación.
- Las aulas 1 y aula 2 están siendo afectadas por la radiación solar en paredes laterales por ser los extremos del módulo y las superficies externas como pavimentos de concreto que aumentan las cargas térmicas.

- Al mediodía la superficie del cerramiento sigue calentándose, pues el calor exterior se aproxima a su máximo e influyen en el aumento de temperatura interna a partir de las 12:30 cuando el aula vuelve a ocuparse

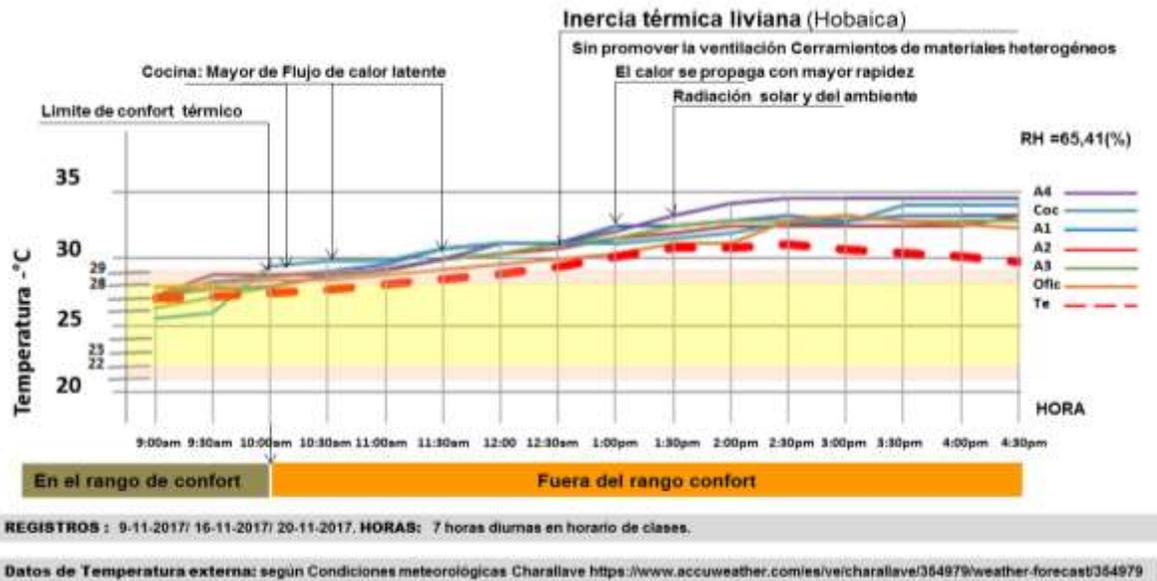


Figura 3: Temperaturas internas externa y rango de confort. Fuente propia.

La figura 3 muestra las curvas de temperaturas, humedad (HR) y rangos de confort para los espacios en estudios y se puede indicar lo siguiente:

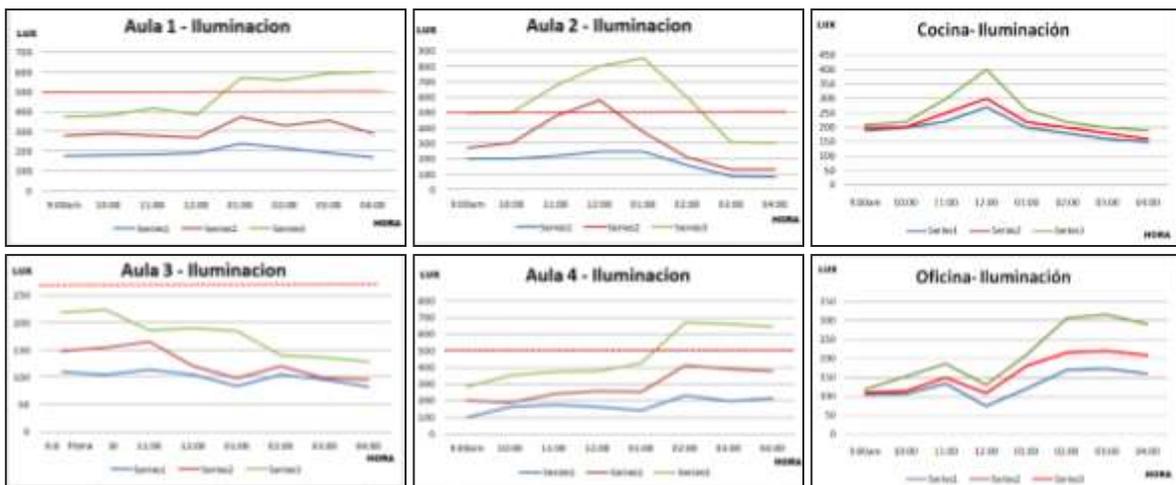
- La de temperatura interna de cada espacio inferior a la temperatura externa hasta las 10:00am, que va en ascenso de 25,6° a 34,85 °C desde las 9 am hasta las 4 pm, lo que significa que las cualidades de los materiales, de acabados y dispositivos de protección solar ayudaron a controlar el aumento de la temperatura interna.
- Mientras la humedad relativa, se percibe con una concentración que se ubica entre 62% y 68%, debido a la zona de Charallave a lo que se suma una deteriorada ventilación natural cruzada, ocasionada por obstrucción del edificios colindantes y modificaciones en las aberturas de fachadas.

La concentración de humedad unida con las temperaturas durante la mañana ocasiona en el ambiente una sensación de malestar térmico. Calculada la temperatura media mensual del aire exterior  $T_e(^{\circ}C)$  según la Norma ASHRAE 55-2004, se refleja, la banda de confort comprendida entre  $22^{\circ}C$  y  $28^{\circ}C$  lo cual se observa en la gráfica 2, donde las curvas de temperatura interior a partir de las 10 am están fuera de confort y la curva de temperatura exterior por debajo de las internas, a esto se denomina una edificación “liviana” poca inercia térmica, (Rosales 2017) que lleva a pensar como solución la inercia térmica efectiva para mejorar las condiciones ambientales internas.

- Detectado que la ventilación natural cruzada es insuficiente, debe buscarse la manera de mejorar la entrada de la misma, restableciendo las condiciones climáticas del diseño original.

Otra condición ambiental evaluada es la iluminación natural, los resultados se presentan en la tabla 4, de lo cual se puede indicar lo siguiente:

..... Según norma    — zona de acceso    — zona central    — zona de ventana



- Se evidencia la falta de uniformidad de la iluminación en el plano de trabajo, los niveles de iluminación son inferiores a los niveles normados para cada espacio, influyendo en un bajo desempeño del proceso enseñanza y aprendizaje (Piderit 2012).

- La zona opuesta a la pared de bloque hueco es la que se encuentra con mayor deficiencia de luz natural.
- En el aula 2 y aula 4 en horas de la tarde se produce deslumbramiento por el reflejo de superficies externas.
- El aprovechamiento de la luz natural que ingresa de forma lateral al plano de trabajo por las paredes de bloque hueco, se ve limitado por las estrategias de enseñanza grupal.

### 3.6. Cuestionario de confort

Como parte de la metodología se realizó un cuestionario de confort (Sosa et al, 2006 y 2011) para evaluar la percepción de calidad y habitabilidad de los usuarios de aulas de clases, en particular en los aspectos referidos al confort térmico, lumínico y acústico. El cuestionario incluye preguntas de percepción y nivel de aceptación por parte de los ocupantes (estudiantes y maestros), en relación con el confort conocer datos importantes de los usuarios tales como edad, estado de ánimo, actividad y vestimenta, así como referencias necesarias como las condiciones físico ambientales del local.

Para esta investigación se adaptó el cuestionario a la escuela y se consultó a maestras, directora y estudiantes, se aplicó en paralelo en los espacios los días 9, 16 y 20 de noviembre del 2017 en horas de la mañana y de la tarde; se evalúan los aspectos de calidad espacial, térmica y acústica, arrojando los siguientes resultados del cuestionario aplicado a profesores y comentarios de los alumnos

<b>Calidad espacial</b>
62% el espacio es inadecuado para el número de personas. 100% califica deficiente las condiciones lumínicas y térmicas. 88% escoge mejorar las condiciones térmicas antes que las acústicas.
<b>Calidad térmica</b>
87,5% considera que la temperatura no es adecuada para el momento. 100% manifiesta necesario mantener las puertas abiertas para la entrada del aire.
<b>Calidad acústica</b>
87,5% Considera que los sonidos interfieren en las actividades al tener las puertas abiertas.

#### 4. CONCLUSIONES

- La experimentación en sitio, en referencia a las condiciones meteorológicas de la ciudad de Charallave, comprueba el malestar térmico lumínico de los espacios en estudio, destacando la deficiencia en la ventilación e iluminación natural de las aulas (Resultados cuantitativos).
- El cuestionario comprueba que los salones de clases con menor aceptación por parte de los estudiantes y maestras en estado de fatiga o malestar térmico y lumínico, son el aula 2 y el aula 4. (Resultados cualitativos)
- Los resultados cuantitativos y cualitativos coinciden evidenciando baja calidad térmico y lumínico de los espacios de en estudio que influyendo en un bajo desempeño del proceso enseñanza–aprendizaje.
- Los resultados y diagnostico permitirán para a la segunda fase de esta investigación, la selección de las estrategias de diseño, en función al clima de Charallave evaluando técnica y económicamente las posibles estrategias a aplicar que mejoren la calidad térmica lumínica de los espacios y mejoren el proceso de enseñanza. Las estrategias estarán fundamentadas en el acondicionamiento pasivo y en las 4 estrategias fundamentales: 1. Protección solar diurna y nocturna, 2. Ventilación natural, 3. Aumento de masa térmica y 4. Aprovechamiento iluminación natural controlando las cargas de calor.
- Se pondrá mayor énfasis en los techos, por cuanto en edificios de baja altura, como es el caso de estudio, la decisión del material del techo afectará directamente el confort térmico, ya que el 50% del calor que se incorpora entrará por este cerramiento (Sosa y Siem, 2004).
- Se realizarán la simulación con en los programas ECOTEC y WEATOLL como métodos para evaluar alternativas de diseños, materiales o tecnológicas a fin de obtener la selección de estrategias idóneas de diseño, en función del clima de Charallave. Esto permitirá determinar los parámetros que intervienen en el acondicionamiento del aire, además permitirá vislumbrar las posibilidades técnicas económicas para su aplicación en el corto, mediano y largo plazo, como alternativas válidas para mejorar el confort de los usuarios de la escuela Pitahaya.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Se hace un extenso agradecimiento a todos aquellos que han permitido y colaborado en el desarrollo de este trabajo entre los cuales profesores de este postgrado, la dirección del IDEC, por aportar de sus conocimientos y por el apoyo logístico, al personal de la escuela Pitahaya y alumnos todos participes en los resultados obtenidos hasta la fecha.

## 6. REFERENCIAS

- Accuweather. (2017). *Condiciones meteorológicas en Charallave*. [www.accuweather.com/es/ve/charallave/354979/weather-forecast/354979](http://www.accuweather.com/es/ve/charallave/354979/weather-forecast/354979)
- Alizo, T., Sosa, Ma. E., Siem, G (2009); 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://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-96012009000100004&lng=es&nrm=is](http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-96012009000100004&lng=es&nrm=is)
- FEDE, (2006). Normas y recomendaciones para el diseño de edificaciones educativas. Ministerio de educación y deporte. Fundación de edificaciones y dotaciones educativas, versión impresa. Caracas
- GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA N° 4.044 Extraordinario, Normas Sanitarias. 1988
- Hernández, J. (2010) Habitabilidad educativa de las escuelas. Marco de referencia para el diseño de indicadores. Sinéctica versión On-line ISSN 2007-7033 versión impresa ISSN 1665109X. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-109X2010000200006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-109X2010000200006)
- López, O., Marinilli, Á., Bonilla, R., Fernández, N., Domínguez, J.,(2010) Reducción del riesgos sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela, Capitulo 1. Proyecto Fonacít 2010 N° 2005000188 IMME (Universidad Central de Venezuela), FUNVISIS (MPPCTII), FEDE (MPPE). Revista Facultad de Ingeniería UCV. Volumen 25, número 4.
- NORMA VENEZOLANA COVENIN: 2250-90, ventilación de lugares de trabajo.
- NORMA VENEZOLANA COVENIN: 2249-93, iluminación.
- Payares M. (1998) Una Estrategia para la Eficiencia de la Planta Física Educativa Estudio de caso Venezuela: Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas-FEDE. Sección de Arquitectura para la Educación División para la Reconstrucción y el Desarrollo de los Sistemas Educativo.

- Sosa. Ma. E. y Moreno M. (2011) Proyecto de remodelación de la unidad educativa Aragüita 1, estado Miranda, bajo un enfoque de sostenibilidad: evaluación de habitabilidad bioclimática y de eficiencia energética [Memorias correspondientes a la Trienal de Investigación FAU 2011](#), 6 al 10 de junio de 2011 Ediciones de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo ISBN: 978-980-00-2654-0 Deposito legal:lf14020110011316 Trienal de Arquitectura y Urbanismo FAU UCV AS12 <http://www.fau.ucv.ve/trienal2011/cd/documentos/as/AS-12.pdf>
- Sosa M<sup>a</sup> E, Siem G; Alizo, T, (2006) 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>
- Sosa, M.;Siem, G. (2004). *Manual de Diseño para Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico.* – VERSION ELECTRONICAPDF y Pagina Web- IDEC- - EDC -FONACIT. Caracas 2004. ISBN: 980-00-21841, <http://www.arg.ucv.ve/idec/racionalidad/Paginas/manual.html>
- Rosales, L. (2017). Tema 3 Transferencia de calor en edificaciones. Asignatura clima y diseño. Acondicionamiento ambiental. Facultad de Arquitectura. UCV. Pág. 15.

# **APÉNDICE (Presentación)**



Adecuación térmica-lumínica de  
edificaciones escolares.  
Caso de estudio escuela Pitahaya, en  
Charallave Sur, estado Miranda.

Arq. Lengy Moreno/Dra. Arq. María Eug. Sosa  
VII Especialización en Desarrollo Tecnológico de la Construcción IDEC



## **1.- OBJETIVOS**

**Objetivo general, específicos**

## **2.-DIAGNÓSTICO**

**Criterios arquitectónicos originales, modificados y las condiciones físicas de funcionamiento normativas.**

## **3.-DISEÑO DE LA EXPERIMENTACIÓN:**

**Selección de los espacios,  
Selección de equipos y cuestionario.**

## **4.-EXPERIMENTACIÓN EN SITIO**

**Diagnóstico de las exigencias térmicas, diagnóstico de las exigencias lumínicas. Resultados del cuestionario.**

## **5.-CONCLUSIONES, CONSIDERACIONES FINALES Y PRÓXIMAS ACTIVIDADES,**

**Diagrama Psicométrico, evaluación de posibles estrategias.**

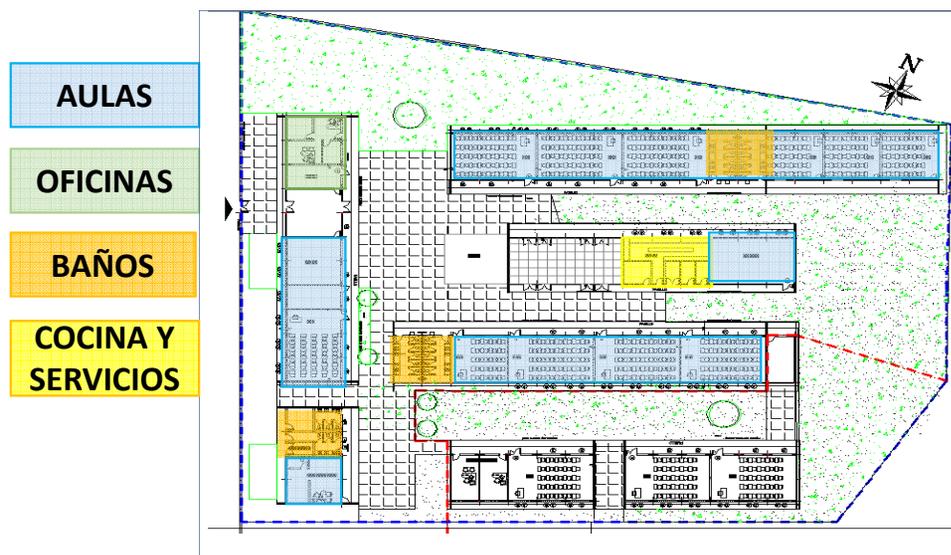
## Objetivo General

- Evaluar y adecuar las condiciones térmicas y lumínicas de la escuela Pitahaya, en Charallave Sur, Estado Miranda, enfatizando la sostenibilidad y la optimización del confort térmico-lumínico.

## Objetivos Específico

1. Analizar los criterios arquitectónicos originales, normativa y las condiciones físicas de funcionamiento.

PLANTA DE DISTRIBUCION  
ESCUELA PITAHAYA



*DENSIDAD*

*VENTILACIÓN NATURAL*

*ILUMINACIÓN NATURAL*

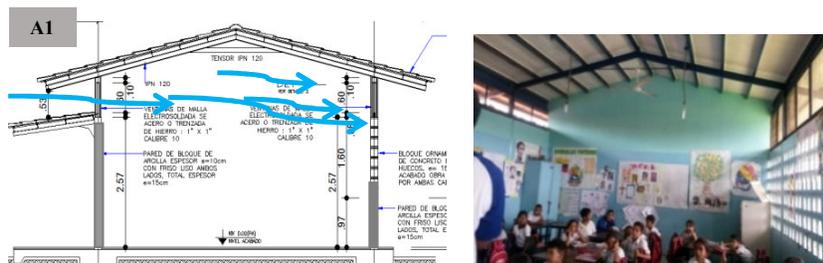
*MODIFICACIONES ARQUITECTÓNICAS*

División de Políticas y Planeamiento de la Educación Unesco, Normas COVENIN, Norma sanitaria.

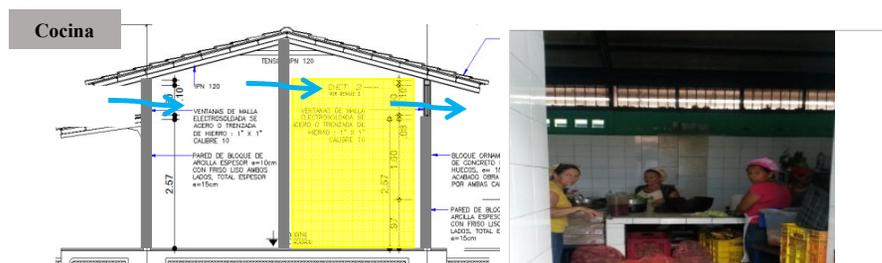
2

DIAGNÓSTICO

### AMBIENTES PEDAGÓGICOS BÁSICOS : AULA ORIGINAL



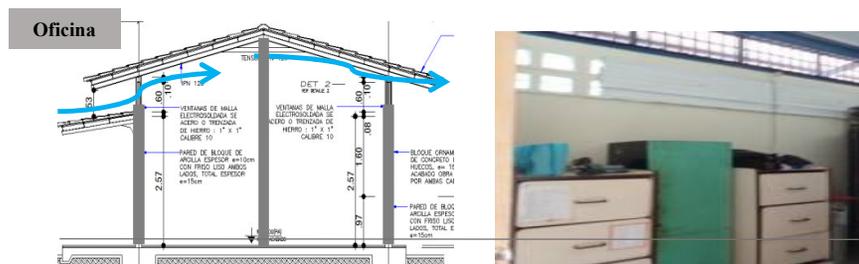
### AMBIENTES PEDAGÓGICOS COMPLEMENTARIOS COCINA



### AULA DE AMPLIACIÓN

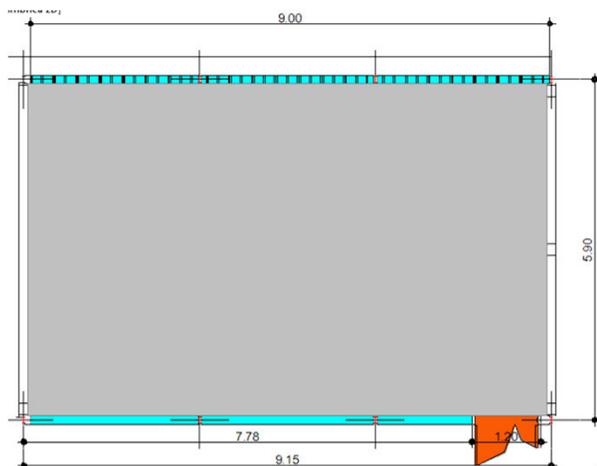


### OFICINA



\*FEDE: Preescolar, 350 lux ;  
Aula Básica, , 500 lux.

## AMBIENTES PEDAGÓGICOS BÁSICOS: AULA ORIGINAL



AREA= 51,75M2  
CAP= 35 ALUMNOS

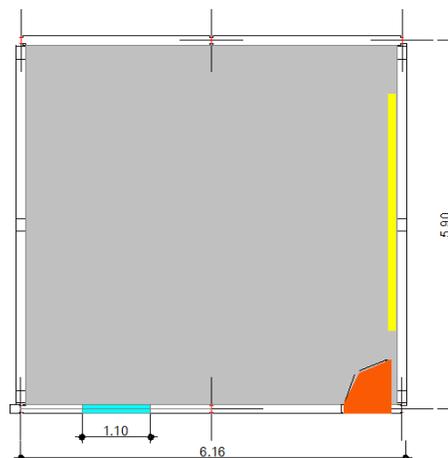
AREA V1= 0,60MX9,00 M  
AREA V1= 5,40 M2

AREA V2= 0,60MX7,78M  
AREA V2= 4,66 M2

DENSIDAD=1,65M2 POR ALUMNO

VENTILACIÓN NATURAL 10% DEL AREA: 5,175M2

## AULA DE AMPLIACIÓN



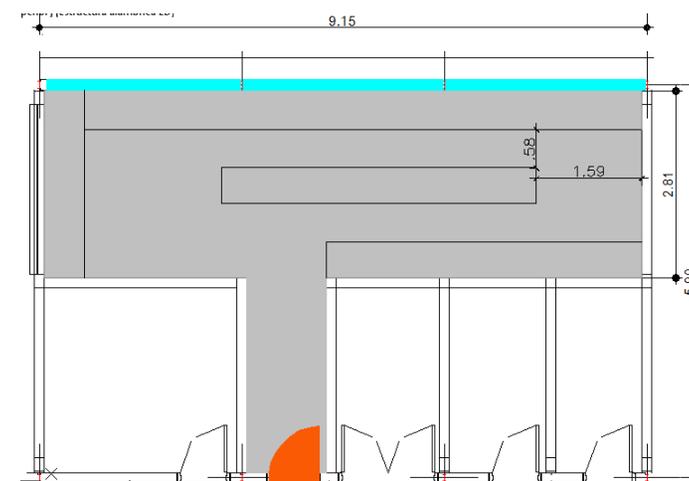
AREA= 34,21M2  
CAP= 35 ALUMNOS

AREA V1=1,00MX1,10 M  
AREA V1= 1,10 M2

DENSIDAD=0,977M2 POR ALUMNO

VENTILACIÓN NATURAL 10% DEL AREA:  
1,10M2

## AMBIENTES PEDAGÓGICOS COMPLEMENTARIOS: COCINA



AREA= 25,42M2  
CAP ESC= 740 ALUMNOS

AREA=0,42M2 POR ALUMNO  
AREA=0,42M2 X740=310,80M2

AREA V1=0,60MX9,15 M  
AREA V1= 5,49M2

VENTILACIÓN NATURAL 10% DEL AREA: 2,50M2

Diagnóstico y adecuación térmica-lumínica de edificaciones escolares operativas en Venezuela con clima tropical. Caso de estudio: Escuela Pitahaya, Estado Miranda. . Arq. Lengy Moreno / Dra. Arq. María Eugenia Sosa G.

2

RESULTADOS

Según la normativa	Espacios en estudio
Densidad mínima entre 2,2 y 3,6 m <sup>2</sup> por alumno.	Rango inferior de 1,56 m <sup>2</sup> por alumno
Ventilación natural, área de ventana mínimo el 10% del área.	Solo se cumple en las aulas 1, 3 y 4. A diferencia del aula 2, cocina y oficina.
Propiciar la ventilación cruzada	Interrupción de ventilación o los cambios de aire, en aula 2, cocina, oficina.

**Se incumple las normativas y se rompen los criterios arquitectónicos originales**

### Objetivos Específico

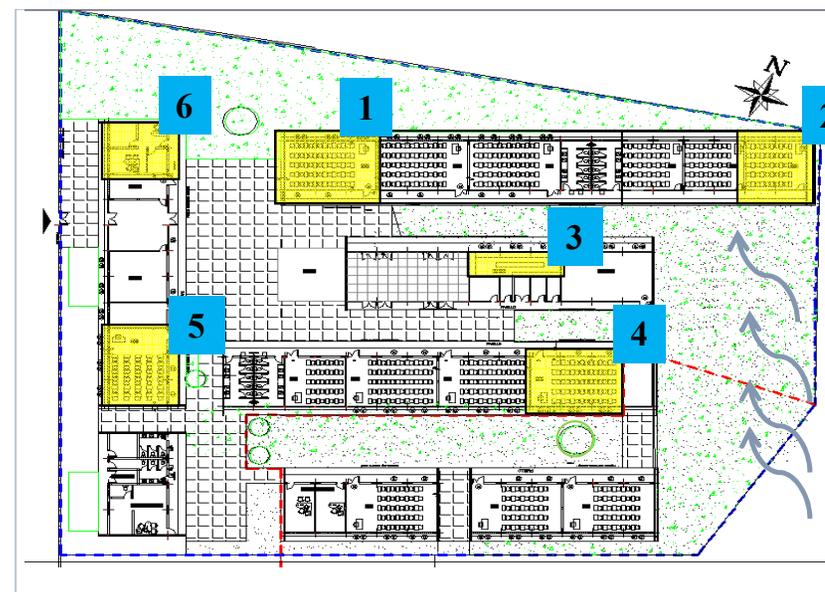
2. Evaluar cualitativa y cuantitativamente cada uno de los espacios nuevos y modificados según las normativas y las condiciones ambientales.

### Plan de medición en sitio

#### Selección de los espacios

ESPACIOS SELECCIONADOS SEGÚN SU CONDICION FISICA Y NUMERO DE USUARIOS					
N°	ESPACIOS	ORIENTACION FACHADA PPAL. PUNTO DE REF.	N° DE ESPACIOS SIMILARES	N° DE PERS.	CONDICION ES FÍSICAS Según la norma
1	Aula original	Sureste	3	36	Regular
2	Aula nueva	Sureste	3	26	Deficiente
3	Cocina	Noroeste	1	16	Deficiente
4	Aula original	Noreste	1	36	Regular
5	Área exterior de aulas	Norte	1	860	Regular
6	Área exterior aula-cocina	Sur	1	860	Regular
7	Área exterior usos múltiples	Este	1	860	Regular
8	Oficina	Noreste	4	5	Regular

#### Plan de medición en sitio



## Plan de medición en sitio

3

### Selección de equipos de medición

CANT	EQUIPO	REGISTRO FOTOGRAFICO
1	HOBO Pro series Rh/Temp sin extensiones	
1	HOBO Rh/Temp/ 2 x channel external	
1	HOBO Rh/Temp/ 4 channel external	
1	Radiador solar Shield- ONSET	
2	Cables sensores de temperatura TMC20-HA/-40 to+212F	
1	Medidor de temperatura. RAYKET MINITEMP/ laser radiation	
1	LUXOMETRO Datalogging Light Meter HD 450	

### Cuestionario de confort

DATOS DEL CUESTIONARIO			
Fecha:	Día de la semana:	Hora:	
N° de personas:			
DATOS DEL ESPACIO: AULA			
Orientación	Presenta ventanas	Protecciones solares	Piso
DATOS DEL USUARIO			
SEXO		EDAD	
Masculino		7-20 años	20-40 años
Femenino			Mas de 40 años
etc			
Calidad espacial			
1. ¿Considera que el espacio total del salon de clase es adecuado para las actividades que se realizan y el número de personas?	SI	NO	S/C
2. ¿Considera que su area individual de trabajo posee las dimensiones adecuadas?			
3. ¿Considera adecuado el mobiliario para la actividad que allí se realiza?			
4. ¿Considera adecuado los colores del mobiliario?			
5. ¿Considera adecuado los colores de paredes y piso?			
6. ¿Considera que se podria mejorar la calidad ambiental del espacio? Y como:			
7. ¿Qué salon escogerias si pudieras cambiar?		T	A
Como consideras la iluminacion	B	R	D
Calidad térmico			
ASPECTOS A EVALUAR	SI	NO	S/C
1. ¿Consideras que la temperatura y la calidad del area en este momento es adecuada?			
2. ¿Considera el ambiente caluroso?			
3. ¿Considera el ambiente frio?			
4. Upluvamiento, ¿considera que la temperatura y la calidad del aire del espacio es adecuada?			
5. Hay algunos meses del año que siente mas calor ¿Cuáles?			
6. Hay algunos meses del año que siente mas frio ¿Cuáles?			
7. Sienten mayor humedad en algunos mese de año ¿Cuáles?			
Cierran las puertas cuando llueve?			
Calidad acústica			

Antecedente metodológico Diagnóstico de las condiciones de habitabilidad del edificio de la facultad de arquitectura y urbanismo. (Sosa M<sup>a</sup> E, Siem G; Alizo, T, (2011))

Diagnóstico y adecuación térmica-lumínica de edificaciones escolares operativas en Venezuela con clima tropical. Caso de estudio: Escuela Pitahaya, Estado Miranda. . Arq. Lengy Moreno / Dra. Arq. María Eugenia Sosa G.

## 4 EXPERIMENTACIÓN EN SITIO

### Registro de las condiciones térmicas

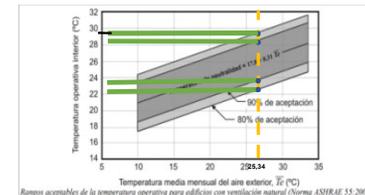
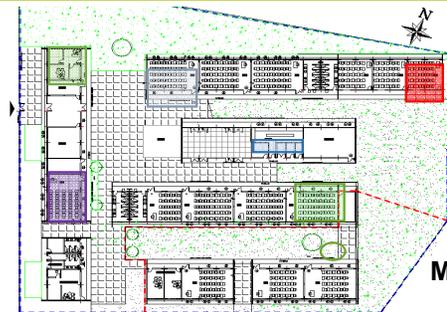
Tabla 3: Medición de temperatura y humedad - Escuela Pitahaya - Norma: COVENIN 2249-93

N°	Lugar de medicion	Fecha	Hora de inicio	Hora de final	Tiempo de duración	Alt. del Hobo (m)	Humedad		Temperatura		Condiciones
							Max.	Min.	Max.	Min.	
1	Aula 1 original	09/11/2017	9:00am	4:00pm	7 Horas	0,8 Alt.	76,7	59,2	33,17	27,10	Cielo despejado, Ventanas y puerta abiertas
2	Aula 2 nueva	09/11/2017	9:00am	4:00pm	7 Horas	0,8 Alt.	76,7	59,2	33,17	28,70	Lámparas apagadas En actividad
3	Aula 3 original	16/11/2017	9:00am	4:00pm	7 Horas	0,8 Alt.	77,9	61,4	32,76	26,34	Cielo nublado, Ventanas y puerta abiertas
4	Oficina	16/11/2017	9:00am	4:00pm	7 Horas	0,8 Alt.	77,9	61,4	32,56	27,82	Lámparas apagadas En actividad
5	Aula 4 original	20/11/2017	9:00am	4:00pm	7 Horas	0,8 Alt.	73,7	51,2	34,43	27,20	Cielo despejado, Ventanas y puerta abiertas
6	Cocina	20/11/2017	9:00am	4:00pm	7 Horas	0,8 Alt.	73,7	51,2	34,85	25,56	Lámparas apagadas En actividad
						<b>AULA 1</b>	<b>AULA 2</b>	<b>AULA 3</b>	<b>AULA 4</b>	<b>CHARALLAVE SUR</b>	
Temp. med. interna						<b>31,15°C</b>	<b>30,72°C</b>	<b>30,71°C</b>	<b>31,50°C</b>	Temp. media: <b>24,35°C</b>	
Temp. med. externa						<b>32,03°C</b>	<b>32,03°C</b>	<b>32,03°C</b>	<b>32,03°C</b>	Humedad: <b>65,41°C</b>	
Humedad						<b>65,41°C</b>	<b>65,41°C</b>	<b>65,41°C</b>	<b>65,41°C</b>	Velocidad viento: <b>4-7 kmh</b>	

Diagnóstico y adecuación térmica-lumínica de edificaciones escolares operativas en Venezuela con clima tropical. Caso de estudio: Escuela Pitahaya, Estado Miranda. . Arq. Lengy Moreno / Dra. Arq. María Eugenia Sosa G.

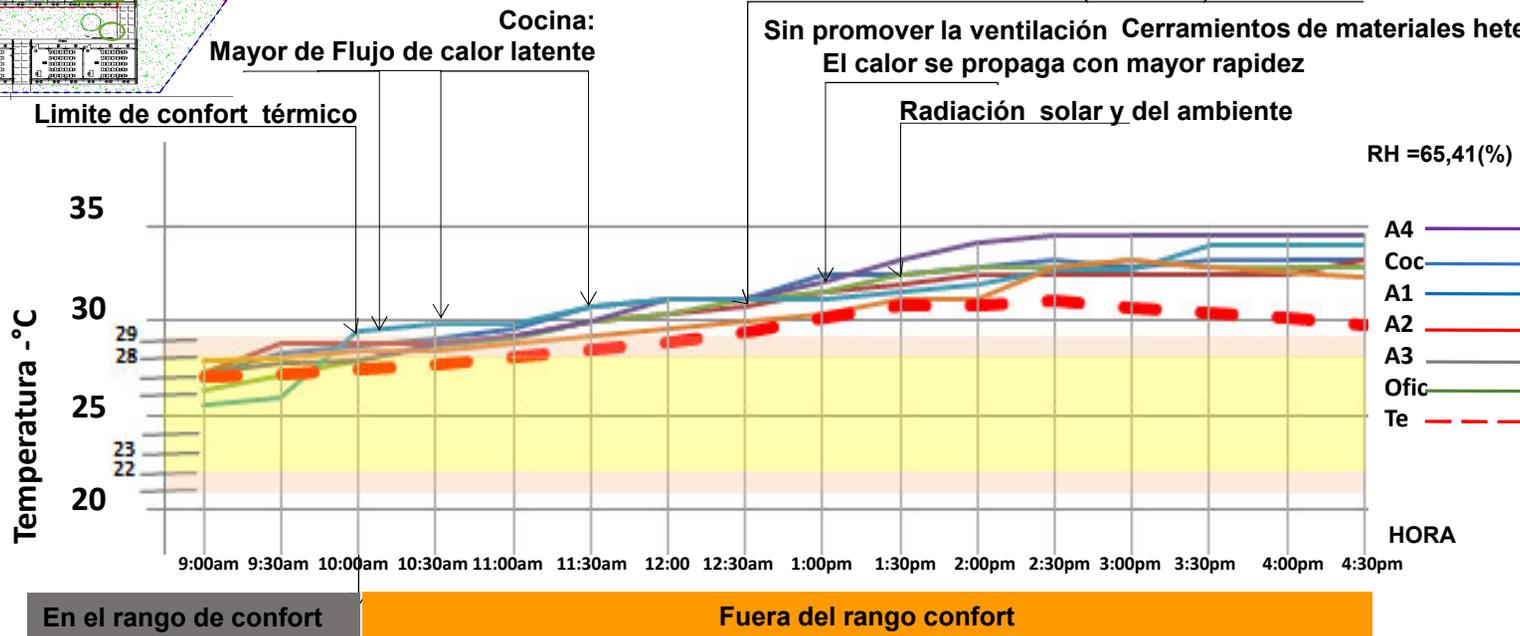
## 4 EXPERIMENTACIÓN EN SITIO

### Registro de las condiciones térmicas



Inercia térmica liviana (Hobaica)

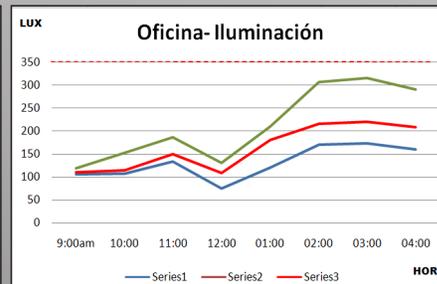
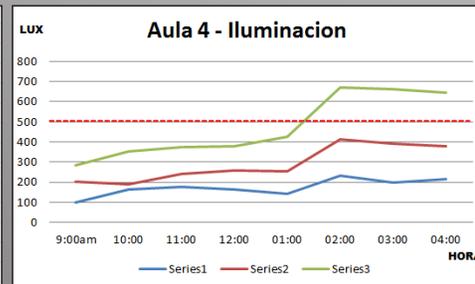
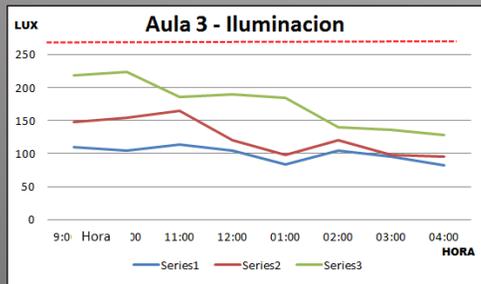
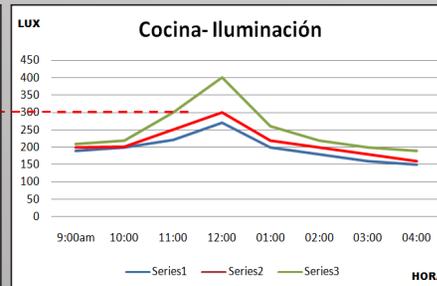
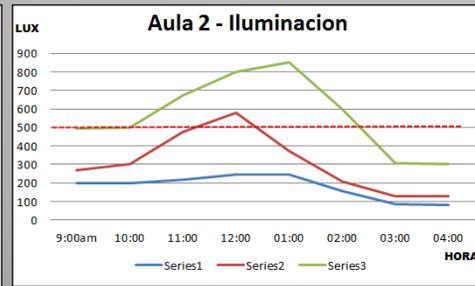
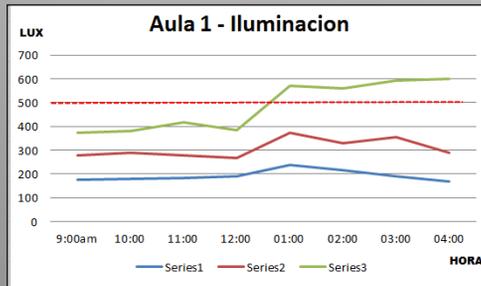
Sin promover la ventilación Cerramientos de materiales heterogéneos  
El calor se propaga con mayor rapidez



**REGISTROS :** 9-11-2017/ 16-11-2017/ 20-11-2017. **HORAS:** 7 horas diurnas en horario de clases.

4 EXPERIMENTACIÓN EN SITIO

Registro de las condiciones lumínicas



- Se evidencia la falta de uniformidad de la iluminación en el plano de trabajo.
- Por debajo del rango mínimo de 500 lux para las aulas de clases según la norma COVENIN 22-49-93.

4

## EXPERIMENTACIÓN EN SITIO

### Cuestionario de confort



Resultados del cuestionario aplicado a profesores y comentarios de los alumnos

#### CALIDAD ESPACIAL

62% El espacio es inadecuado para el número de personas.

100% Califica deficiente las condiciones lumínicas y térmicas.

88% Escoge mejorar las condiciones térmicas antes que las acústicas

#### CALIDAD TERMICA

87,5% Considera que la temperatura no es adecuada para el momento.

100% Manifiesta necesario mantener las puertas abiertas para la entrada del aire

#### CALIDAD ACUSTICA

87,5% Considera que los sonidos interfieren en las actividades al tener las puertas abiertas.

- La mayoría manifestó estar en estado de fatiga o malestar
- No escogerían el aula 2 y el aula 4.

## 5 CONCLUSIONES A LA FECHA

Los resultados cuantitativos y cualitativos coinciden evidenciando baja calidad térmico-lumínica de los espacios, influyendo en un bajo desempeño del proceso enseñanza–aprendizaje.

Las próximas actividades contemplarán evaluación de posibles estrategias tradicionales o alternativas a implementar para mejorar la calidad térmico-lumínica.

Se evaluará su aplicación técnicamente y económica.

5

## CONSIDERACIONES FINALES

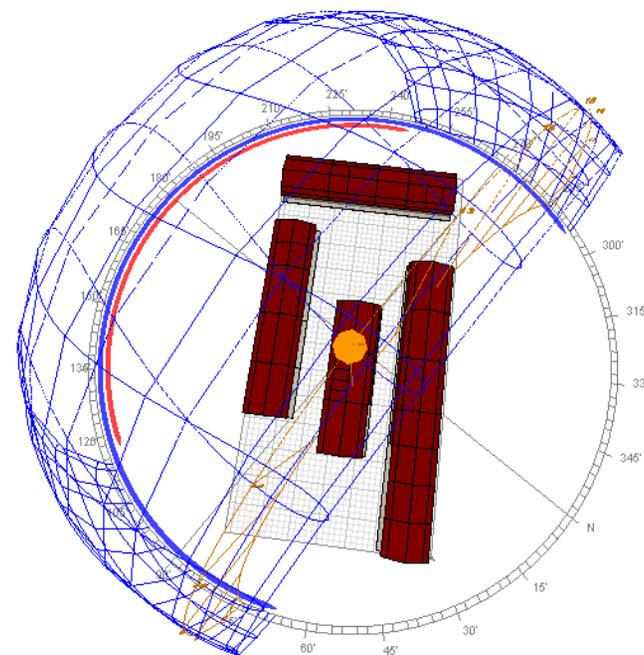
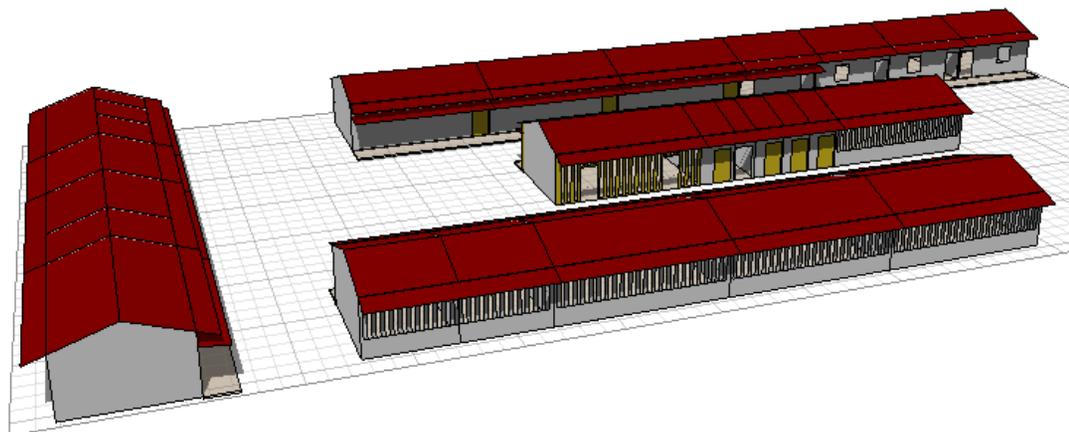
## PROXIMAS ACTIVIDADES

SIMULACIÓN EN EL ECOTECT DE LAS TECNOLOGIAS DE CLIMATIZACIÓN

*Calibración del modelo*

*Análisis del comportamiento térmico-lumínico*

*Simulación de la propuesta de adecuación*



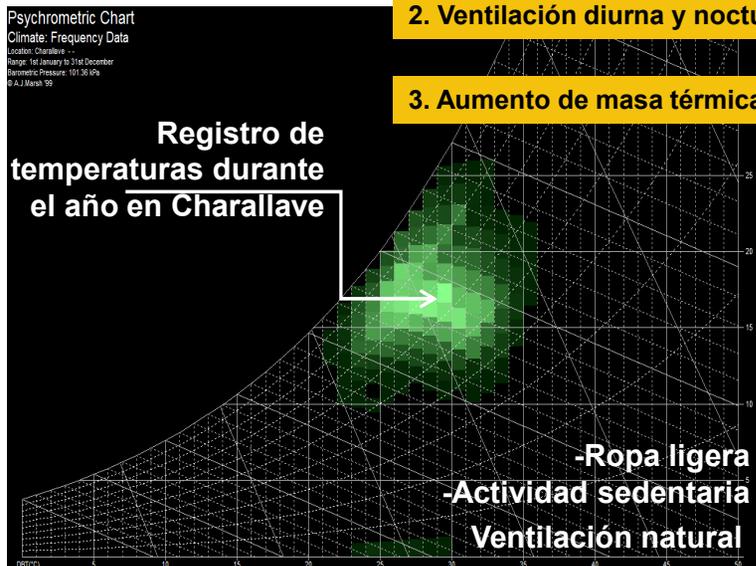
## 5 CONSIDERACIONES FINALES

## PROXIMAS ACTIVIDADES

Se evaluarán las zonas dentro y fuera del rango de confort

EVALUACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE ENFRIAMIENTO

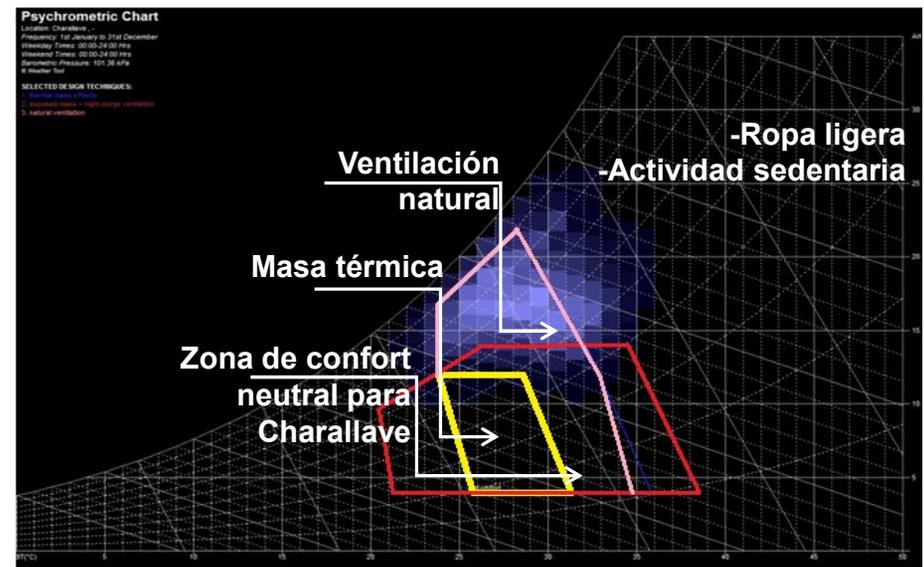
1. Estrategias de protección solar
2. Ventilación diurna y nocturna
3. Aumento de masa térmica



Temperaturas para Charallave (realizado con los datos meteorológicos del generador de data climática Meteororm 7.1.3 y el programa WEATOOL 1.20)

EVALUACIÓN DE TECNOLOGIAS DE CLIMATIZACIÓN PASIVA

- Tradicionales
- Alternativas



Zona de confort basada en la temperatura neutral para Charallave (realizado con el programa WEATOOL 1.20)

## Referencias bibliográficas.

- Accuweather. (2017). *Condiciones meteorológicas en Charallave* .[www.accuweather.com/es/ve/charallave/354979/weather-forecast/354979](http://www.accuweather.com/es/ve/charallave/354979/weather-forecast/354979)
- Alizo, T; Sosa, Ma. E; Siem, G(2009); 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://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-96012009000100004&lng=es&nrm=is](http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-96012009000100004&lng=es&nrm=is)
- FEDE. (2006) Normas y recomendaciones para el diseño de edificaciones educativas. Ministerio de educación y deporte. Fundación de edificaciones y dotaciones educativas, versión impresa. Caracas
- GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA N° 4.044 Extraordinario, Normas Sanitarias. 1988
- Meteonorm Software (2017). *Irradiation data for every place on Earth*. <http://www.meteonorm.com/>
- NORMAS VENEZOLANAS COVENIN: 2250-90, Ventilación de los lugares de trabajo.
- NORMAS VENEZOLANAS COVENIN N° 2249-93 iluminación
- Koeningsberger, O.; Ingersoll, T.; Mayhew, A.; Szokolay, S.; (1977).Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales. Traducido por Emilio Romero Ros. ISBN 84-283-0885-3. PARANINFO SA, Madrid. Pág.67.
- Payares M. (1998) Una Estrategia para la Eficiencia de la Planta Física Educativa Estudio de caso Venezuela: Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas-FEDE. Sección de Arquitectura para la Educación División para la Reconstrucción y el Desarrollo de los Sistemas Educativo.
- PIDERIT B, BODART. (2012). *Design Strategies Applied to Classroom's Daylight Design Optimization of classrooms design*. Department of Design and Architectural Theory, University of Bio-Bio, Concepción, Chile 2 Architecture et Climat, Dept. of Architecture, UniversitéCatholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium.
- Sosa. Ma. E. y Moreno M. (2011) Proyecto de remodelación de la unidad educativa Aragüita 1, estado Miranda, bajo un enfoque de sostenibilidad: evaluación de habitabilidad bioclimática y de eficiencia energética [Memorias correspondientes a la Trienal de Investigación FAU 2011](http://www.fau.ucv.ve/trienal2011/cd/documentos/as/AS-12.pdf), 6 al 10 de junio de 2011 Ediciones de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo ISBN: 978-980-00-2654-0 Deposito legal:lf14020110011316 Trienal de Arquitectura y Urbanismo FAU UCV Ambiente y sostenibilidad AS12 <http://www.fau.ucv.ve/trienal2011/cd/documentos/as/AS-12.pdf>
- Sosa M<sup>a</sup> E, Siem G; Alizo, T, (2011) 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>
- Sosa, M.;Siem, G. (2004). *Manual de Diseño para Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico*. – VERSION ELECTRONICAPDF y Pagina Web- IDEC- - EDC -FONACIT. Caracas 2004. ISBN: 980-00-21841, <http://www.arq.ucv.ve/idec/racionalidad/Paginas/manual.html>
- Rosales, L. (2017). *Tema 1 Confort Térmico*. Asignatura clima y diseño. Sector de acondicionamiento ambiental. Facultad de Arquitectura. UCV. Pág. 17
- Rosales, L. (2017). *Tema 3 Transferencia de calor en edificaciones*. Asignatura clima y diseño. Sector de acondicionamiento ambiental. Facultad de Arquitectura. UCV. Pág. 15