



INCIDENCIA DE LA TIERRA EN EL CONFORT DE PERSONAS INVIDENTES EN AMBIENTES DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE

Marco B. Avila Calle¹, Pedro J. Angumba Aguilar², José F. Pesántez Pesántez³, Angélica M. Ochoa Paredes⁴

Universidad Católica de Cuenca, Carrera de Arquitectura y Urbanismo - Ecuador.

¹mavila@ucacue.edu.ec; ²pangumba@ucacue.edu.ec; ³jpesantezp@ucacue.edu.ec; ⁴amochoap94@est.ucacue.edu.ec

Palabras clave: BTC, bloque de tierra comprimida, discapacidad, confort, mampostería.

Resumen

La tierra y madera son materiales de construcción de fácil acceso, no producen emisiones contaminantes al medio ambiente y son de fácil trabajabilidad, elementos que permiten a los pueblos edificar obras arquitectónicas de trascendental importancia para la humanidad y ha servido como instrumento de transferencia de conocimientos a diferentes generaciones. Por esta razón, se considera sistemas constructivos tradicionales para solventar las necesidades de confort espacial dentro del proceso enseñanza-aprendizaje de personas con discapacidades. Construir con tierra en el transcurso histórico de la humanidad ha proporcionado condiciones óptimas, en los que la praxis y la lógica constructiva aprovechan sus cualidades para responder las solicitudes ambientales, estructurales y de confort para la vivienda. Las civilizaciones en los diversos contextos fueron hostilizadas por las agresiones atmosféricas intensas que presentan los climas extremos. Actualmente, el proyectista enfatiza el diseño potencializando la estética y materialidad de la edificación, sin contar con el rigor técnico de análisis, ensayos y sistemas de adaptación del material para garantizar los requerimientos de habitabilidad en equilibrio a su contexto. El presente ejercicio busca a través de la fabricación de elementos de BTC obtener soluciones que satisfagan las necesidades psicológicas, pedagógicas y funcionales en las personas con discapacidad. En la búsqueda de satisfacer los estándares y normativa de los bloques, se disponen de tal forma que su geometría conciba una mampostería flexible para la implementación de elementos (tubos de PVC, tapas de polipropileno termoplástico (PP), conjuntamente con estimulantes olfativos y acústicos) que cumpla y fortalezca los mecanismos pedagógicos en la enseñanza actual de los usuarios con discapacidad.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Problema

Según Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2010), la provincia del Azuay posee una elevada tasa de discapacidad; 28.272 personas son discapacitadas, equivalente al 0,19% del total en el Ecuador; a ello se suman: a) el bajo nivel de cobertura en educación, un alto índice de pobreza dentro de las familias, la falta de apoyo económico en los centros educativos públicos y ausencia de mecanismos de inclusión, que influyen en los resultados académicos de los alumnos; b) los ambientes de aprendizaje con estándares deficientes tienen un efecto negativo en los estudiantes y el personal docente; c) la ventilación, el confort térmico, la iluminación, la acústica, la infraestructura y materialidad, son algunos de los atributos espaciales que inciden directamente en el rendimiento laboral dentro de los establecimientos educativos (Vázquez-Reina, 2010).

Ante estos aspectos, la problemática académica se ve afectada por el escaso o casi nulo apoyo de las entidades gubernamentales. La escuela especial Claudio Neira Garzón, que se localiza en el sector de Quinta Chica, Cuenca, Ecuador, es un ejemplo del problema en mención. La escuela carece de elementos arquitectónicos de seguridad para discapacitados y posee incongruencia en la distribución de sus ambientes frente a las actividades y

usuarios del centro educativo, ya que, al no contar con un determinado análisis de infraestructura y diseño acorde a sus exigencias para personas con discapacidad, los espacios se convierten en escenarios con graves problemas de accesibilidad y complejidad funcional limitando el quehacer profesional del docente.

La edificación del caso de estudio se emplaza en un solar de 2455 m². El perímetro de la fachada Este presenta una pendiente aproximada de un 30%, delimitada con un cerramiento de malla perimetral, que separa el espacio intervenido con el barranco. La edificación carece de rampas de accesibilidad hacia la planta alta y no cuenta con barreras de protección que orienten a los usuarios en los diversos ambientes (aulas, baños). La ausencia de elementos acústicos y táctiles genera un problema en especial para las personas no videntes que, al no contar con señalización, elevadores, y elementos de orientación, exigen constantemente la disposición y dependencia de personal de apoyo.

En las aulas, por lo tanto, se necesita mejorar su infraestructura y equipos adecuados, generando la oportunidad para el desarrollo de metodologías pedagógicas en elementos constructivos, donde los materiales cumplan un rol didáctico importante para alcanzar resultados óptimos que permitan interactuar e incentivar el desarrollo de los sentidos físico, auditivos, visuales y olfativos.

Mejorar la calidad y la equidad de la educación en el país es una aspiración que ha provocado consenso e implica avanzar hacia un sistema educacional que garantice a los estudiantes una educación de calidad. Por tanto, implementar un espacio inclusivo requiere de transformaciones en infraestructura, metodologías, prácticas pedagógicas, cultura escolar, políticas educativas, entre otras, todas centradas en el desarrollo de sus potencialidades y el aprendizaje.

1.2 Materiales y procesos constructivos disponibles

La propagación de la tierra como material de construcción de alto valor a nivel mundial permitió que se impusiera como un sistema tradicional de construcción, perdurable hasta la actualidad.

El Ecuador posee una extensa práctica constructiva con tierra. El casco histórico de la ciudad de Cuenca, declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1999, denota la experiencia de conocimientos de técnicas constructivas de adobe, bahareque y tapial, insertándose como un sistema popular de la cultura histórica y ancestral de los pueblos andinos.

De acuerdo a los aspectos topográficos, clima y geografía que marcan la cordillera, se ha distinguido en la arquitectura tradicional por las formas de expresiones que adornan e identifican las primeras etapas de asentamientos humanos por el uso de colores pardos, oscuros y ocres que expresa armoniosamente la cromática de la tierra con el contexto que lo rodea. La producción arquitectónica popular está nutrida por la experiencia y la tradición de las técnicas constructivas de tierra en mampostería y de madera, que, por su resistencia y flexibilidad, compone los pórticos y elementos estructurales de las edificaciones tradicionales.

Por lo tanto, la tierra, por sus bondades, ha vinculado las técnicas tradicionales del adobe y tapial, para la de bloques de tierra comprimida (BTC). La aplicación de BTC en mamposterías permite dinamizar su aplicación respecto a las formas, dimensiones, producción y montaje, experimentando diversas configuraciones para su adaptación en la edificación. Los adelantos y el análisis del material han generado dosificaciones con resistencia y un bajo impacto ecológico, comprometiendo a la búsqueda de una respuesta analítica y concreta de hegemonía constructiva a las nuevas corrientes contemporáneas.

El moldeado por su configuración y geometría adopta la flexibilidad de un modelo que permita el acoplamiento de otros materiales; ta técnica de ejecución sistemática y ordenada posibilita el cumplimiento y ejecución en todo ámbito constructivo.

Aglomerantes como la cal y cemento pueden ser utilizados como estabilizadores, permitiendo generar nuevas propuestas tecnológicas en la construcción actual de tierra. La utilización de aditivos endurecedores superficiales permite responder a la impermeabilidad y durabilidad para contrarrestar la abrasión y desgaste.

En el caso de la mampostería y para esta investigación, la incorporación de elementos de soporte como la madera, el plástico, entre otros, permite responder a los requerimientos en el ámbito pedagógico, de orientación y desarrollo de los sentidos, en virtud al aporte y aprendizaje de los niños dentro de las aulas escolares.

1.3 El confort

El confort, según la Organización Mundial de la Salud (World Health Organization, 2006), la define como “el estado de bienestar físico, psicológico y social del individuo”; una persona sana produce y vive mejor que una persona enferma. Bajo esta premisa se puede decir que una edificación correctamente diseñada promueve el desarrollo confortable de una persona; por ello la calidad de los ambientes escolares determinan indudablemente la calidad de educación de los usuarios, pues, si se propone espacios adecuados, la actividad será adecuada, lo contrario, serían espacios deficientes y la actividad será incorrecta. Por lo tanto, es necesario diseñar espacios para que los usuarios se sientan confortables y puedan desarrollar las actividades de enseñanza – aprendizaje de manera óptima.

La infraestructura escolar juega un papel muy importante en la calidad educativa, como afirman Laorden y Pérez, (2002, p.134) “el espacio se convierte en factor didáctico puesto que nos ayuda a definir la situación de enseñanza-aprendizaje y nos permite crear un ambiente estimulante para el desarrollo de todas las capacidades de nuestro alumnado”

En definitiva, un ambiente confortable estimula los sentidos permitiendo obtener un aprendizaje significativo con mayor facilidad. El confort, en muchos textos, se ha dividido en lumínico, auditivo, olfativo, higr térmico y psicológico, considerando la respuesta sensorial del ser humano ante un estímulo externo. En la presente investigación, los usuarios son estudiantes con discapacidad visual por lo que se debe diseñar los espacios para que funcionen ante esta necesidad: una persona con discapacidad visual logra desarrollar por instinto el oído, olfato y tacto siendo estos sentidos los que le guían y orientan en el espacio, por ello el confort debe ser analizado desde esa perspectiva. Uno de los sentidos que mayor desarrollo tienen las personas con discapacidad visual es el tacto; dentro de este proceso la estimulación a través de texturas juega un papel fundamental para que puedan distinguir el espacio a través de sus manos. Uno de los materiales y texturas es la tierra, la cual permite estimular el sentido del tacto introduciendo de esta manera en el proceso educativo materiales con los que se relacionan los estudiantes cotidianamente.

En el presente caso de estudio se redefine el concepto de confort adaptándolo a la necesidad de los usuarios, por lo tanto, se concibe como espacio confortable aquellos ambientes y elementos que permiten estimular los sentidos para que los estudiantes puedan aprender con facilidad en el proceso de enseñanza – aprendizaje.

2 OBJETIVOS

2.1 General

En base al problema propuesto -las necesidades de los usuarios, la disponibilidad de materiales y la redefinición del confort adaptándolo al caso de estudio- se plantea, como objetivo general, analizar la incidencia que tiene la tierra en el confort espacial y los procesos de enseñanza aprendizaje de personas con capacidades visuales diferentes (no videntes), mediante la implementación de sistemas constructivos tradicionales en ambientes escolares de educación especial, en la ciudad de Cuenca, Ecuador.

2.2 Específicos

- a) Seleccionar los materiales y procesos constructivos adecuados para el uso en ambientes

escolares de personas invidentes.

- b) Elaborar módulos de tierra que adapten al espacio de enseñanza-aprendizaje garantizando el desarrollo integral y confortable del estudiante.
- c) Determinar el nivel el confort que tienen los estudiantes en ambientes escolares utilizando módulos de tierra para estimular sus sentidos.

3 ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

Alcanzar el objetivo propuesto requiere estudiar al usuario desde diferentes perspectivas social, cultural, y escolar, de forma integral, así como experimentar con la tierra para que se integre a los ambientes escolares adecuados a personas no videntes, incorporando formas y texturas que ayuden al desarrollo de los mismos. Con ello, además de brindar confort a los usuarios, se establece la incidencia directa que tienen estos elementos en la estimulación de los sentidos y los proceso de enseñanza-aprendizaje como materiales didácticos y constructivos.

La investigación se desarrolló en dos etapas: la primera fase se efectuó en el laboratorio, se realizó las pruebas necesarias para determinar la dosificación adecuada y alcanzar la resistencia necesaria; la segunda etapa consistió en la construcción de módulos experimentales. En las condiciones mencionadas, la investigación se considera experimental ya que las variables independientes fueron manipuladas por el investigador y los usuarios a los que va dirigido el estudio. La recolección de datos se realizó de forma periódica y prospectiva, a ello se suma la investigación bibliográfica que acentúo el análisis y el desarrollo del diseño para el tratamiento del estímulo de los sentidos en niños discapacitados, los mismos que deben someterse a procesos de aprendizaje y estimulación conforme avanza su edad escolar; finalmente el diseño experimental es multifactorial.

3.1 Selección de los materiales

Los BTC surgen de la unión de dos técnicas en la historia de la construcción, los adobes y la tapia. De los adobes, se implementa el molde y de la tapia, la idea de la compactación. La tierra utilizada en la elaboración de los BTC posee una capacidad aglutinante y plasticidad, siendo resultante de un proceso de excavación. La selección de la tierra se llevó a cabo de las evaluaciones del terreno para asegurar que sea la adecuada para la elaboración de los BTC: se buscó un suelo con pocas piedras y de granulometría fina para previamente ser tamizado con tamiz número 4 (malla con apertura de 4,75 mm).

Para la obtención de los BTC se mezcló varios tipos de tierras de diferentes características, con una dosificación de 21% de agua y porcentajes de 0%, 5%, 10% y 15% de cemento, con un total de 20 bloques para las diferentes pruebas. La mezcla se comprimió en una prensa CINVA RAM, que resultó bloques con dimensiones de 9,5 x 14 x 29 centímetros.

Minke (2005) recomienda el uso de tierra para elaborar BTC con las características granulométricas: 64 % de arena, 22 % de limo y 14 % de arcilla. Medina, Medina y Gutiérrez (2011, p.60) utilizaran una mezcla con 82% de tierra, más 6% de arena y 11% de cemento.

3.2 Modulación y proceso constructivo

Las dosificaciones estudiadas para identificar la más adecuada para la fabricación de los BTC son presentadas en la tabla 1.

Tabla 1 – Dosificaciones analizadas

Dosificación	Tierra (%)	Cemento (%)	Humedad (%)
1	100	0	27
2	95	5	27
3	90	10	27
4	15	15	27

Se diseñaron dos tipos de moldes metálicos de la prensa: el bloque 1 con arcos de 0,02 cm de radio en los extremos y el centro, permitiendo que sean más ligeros y tengan la posibilidad de incorporar elementos complementarios olfativos a través de esencias que pueda identificar zonas, auditivos mediante timbres y vibraciones que permitan su orientación, y a través de texturas para el desarrollo de su motricidad; el bloque 2 presenta ocho secciones circulares de 1 cm de diámetro donde se inserta piezas plásticas circulares para la estimulación táctil en los niños no videntes.

La búsqueda de generar una mampostería que se adapte a las necesidades de aprendizaje entre estos bloques permitió además plantear la incorporación de guías longitudinales de madera reciclada con escrituras braille, de manera que permita la flexibilidad de desplazarlos según las necesidades de los docentes como instrumento pedagógico en los procesos de enseñanza

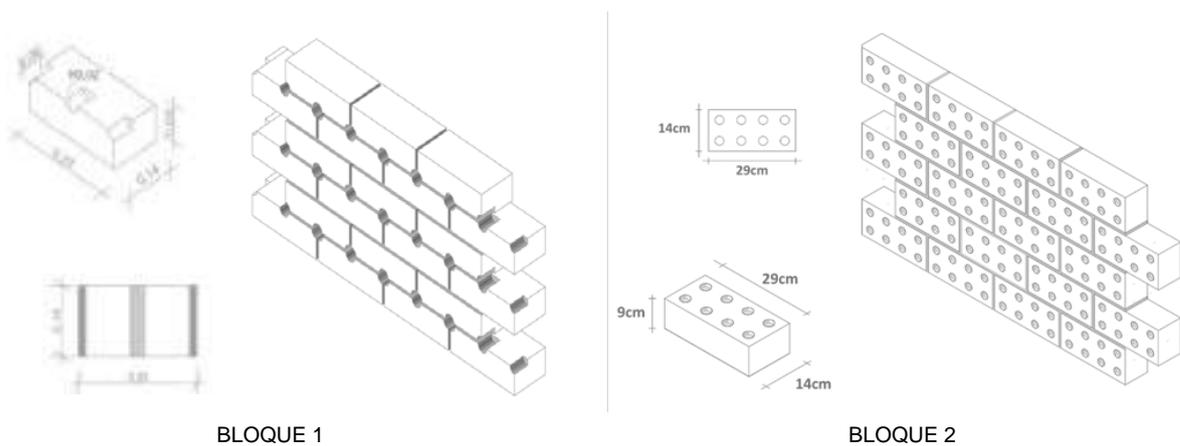


Figura 1. Idea rectora de bloque de BTC para implementar en espacios escolares

El período de secado de los BTC está determinado por la humedad de compactación; Pinos (2015) recomienda que sean colocados en la sombra y a humedad ambiental; los bloques deben ser colocados en superficies lisas o caso contrario colocados en el piso, cubierto con papel, o sobre una cama de arena evitando el contacto con el suelo y su manipulación para evitar desprendimientos en los bordes.

Los bloques propuestos para la ejecución del muro favorecen la funcionalidad pedagógica y agregan un valor estético y ecológico, debido a los múltiples beneficios que proporciona la tierra. La práctica constructiva (figura 2) se realizó en un espacio de 2,5 metros y ubicados a una altura de 1 metro, donde los bloques pudiesen estar dispuestos al alcance de niños y adultos para el aprendizaje óptimo, requerido por los usuarios.



Figura 2. Ensayos de bloques, proceso de fabricación y ensamblaje

3.3 Procesos de análisis del confort

Los procesos a seguir para garantizar la consecución de los objetivos propuestos, considerando que los estudiantes poseen discapacidad visual los análisis deben ir encaminados a

a) **Análisis del confort acústico:** Las personas con discapacidad visual al desarrollar el sentido del oído, el cual les guía en el espacio, sienten perturbación y desorientación cuando existen excesivas fuentes de ruidos incidiendo al mismo tiempo dentro de un mismo espacio. Por ello, para garantizar la existencia de un ambiente acústicamente confortable, se ha utilizado la tierra desde dos perspectivas. La primera es como medio aislante, pues “se observa un correcto funcionamiento de la técnica constructiva en tierra para garantizar un aislamiento acústico; según la normativa vigente [...], la arquitectura tradicional estaría en una posición privilegiada para alcanzar los requisitos mínimos exigidos por las normas” (Rodríguez; Quiroga; Coca, 2014, p.236), lo que permite afirmar que los BTC son óptimos aislantes acústicos por la masividad y textura que disponen impidiendo el paso del sonido al mismo.

El segundo punto de vista del análisis se centra en el diseño de módulos para poder empotrar elementos sonoros que ayuden en el proceso de enseñanza-aprendizaje estimulando el sentido del oído. Para definir la incidencia de las fuentes de ruido y la distancia adecuada de los elementos sonoros se ha utilizado la ley del inverso del cuadrado de la distancia, la misma que nos permite establecer como se percibe el sonido a una distancia determinada pues el nivel sonoro disminuye aproximadamente en 6 dB(A) [= $10 \cdot \log_{10}(2)$] cada vez que se duplica la distancia a la fuente de sonido permitiendo comparar con las escalas permisibles de audición definiendo de esta manera el confort en un espacio respectivo. Las fuentes definidas que afectan al confort son el ruido producido por los automóviles que circulan próximos a la escuela a 34 m y el despegue o aterrizaje de aviones en dos horarios 7:00 y 12:00, pues la escuela se encuentra a 1,84 km de distancia del aeropuerto dentro de su cono de vuelo.

b) **Análisis del confort olfativo:** En el sector de estudio no existen fuentes de contaminación olfativo por lo que el análisis se centra únicamente en determinar, a través del modelo Gaussian de dispersión de contaminantes desarrollado por Pasquill (NPT 329, 1993), la distancia adecuada y la incidencia del olor en el espacio, colocando elementos aromáticos en los muros diseñados con el fin de estimular el sentido del olfato dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje. Para la aplicación del modelo se puede utilizar la calculadora online de dispersión atmosférica (figura 5).

c) **Análisis del confort higro térmico:** Cuando una persona se encuentra fuera de confort higro térmico dentro de un espacio, centra su atención en el malestar que sus sentidos perciben del clima circundante, lo que imposibilita concentrarse en una actividad específica. Bajo este concepto, los estudiantes deben estar en confort higro térmico para poder concentrarse completamente en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Para determinar el grado de confort se aplicó la ecuación del balance térmico (Metabolismo +/- Radiación +/- Conducción +/- Convección - Evaporación = 0) (Murillo, 2011, p.37) en una muestra de estudiantes considerando los siguientes datos:

- **Horario de uso del aula:** se ha definido la hora más crítica que es de 8h30 a 9h00 en la que los alumnos reciben clases, ya que en estas horas la temperatura es muy baja y mientras transcurren las horas la presencia del sol hace que los ambientes se abriguen un poco más.
- **Actividad a realizarse:** Para establecer el calor corporal obtenido por metabolismo en base a la actividad realizada se ha considerado como modelo de estudiante una persona que se encuentra de pie con actividad ligera generando 134 W de calor, dentro del aula de estimulación sensorial.

- Peso y talla promedio: Al ser una escuela de educación media y el aula al estar destinada a niños de los primeros años de educación, el promedio del peso es de 35 kg y la talla es de 110 cm.
- Temperatura y humedad del ambiente: La escuela se encuentra ubicada en la ciudad de Cuenca Ecuador posee temperatura promedio mínima de 14°C con humedad del 60%.
- Tipo de piel: Existe un grupo homogéneo de raza y etnia en la escuela considerando una tipología de piel mediterránea.
- Arropamiento utilizado: La combinación de arropamiento diario es pantalón, camisa, medias zapatos de suela y suéter, esta combinación nos genera una resistividad térmica de 0,13 m²•K/W.

Para determinar el confort térmico del ambiente a partir de la envolvente arquitectónica se plantea el análisis del balance térmico considerando las ganancias solares directas e indirectas, las ganancias internas y las pérdidas por ventilación en el aula multisensorial cuando posee un muro de ladrillo y cuando se le adiciona la mampostería de BTC.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Resistencia a la compresión de los BTC

La tabla 2 presenta los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de los BTC preparados con las dosificaciones programadas. Los datos obtenidos en los ensayos de resistencia a compresión indican una variación de los resultados y dependen de ciertas variables. Dos bloques de BTC se ensayaron a cinco días de su elaboración y posteriormente a 21 días dos bloques adicionales, siempre a la misma hora de cada una de las dosificaciones. La figura 3 presenta distintamente los valores de resistencia a la compresión en las dos edades de ensayo de los BTC -5 y 21 días.

Tabla 2 – Ensayo de resistencia a la compresión de los BTC

Item	Dosificación	Dimensiones			área (cm.)	H. %	peso (g)	Carga (KN)	Rotura (días)	Mpa.	Promedio Mpa.		
1	0,00%	14	x	28,9	x	9,5	404,6	27	6391	25,6	5	0,6	0,6
		14	x	29	x	9,5	406	27	6576	22,6		0,6	
		14	x	28,6	x	9,5	400,4	27	6484,0	84,1	21	2,1	1,8
		14,4	x	28,8	x	9	414,72	27	5855,9	63,8		1,5	
2	5,00%	14,3	x	29	x	9,4	414,7	27	6435	35,5	5	0,9	1,3
		14,2	x	29,2	x	9,3	414,64	27	6466	65,7		1,6	
		14,1	x	29	x	9,3	408,9	27	6087,0	117,6	21	2,9	2,5
		14,3	x	29,1	x	9,2	416,13	27	5705,0	49,6		1,2	
3	10,00%	14	x	29,3	x	9,3	410,2	27	6341,5	147,1	5	3,6	2,6
		14,3	x	29,3	x	8,2	418,99	27	6171,0	64,2		1,5	
		14,4	x	29,3	x	9,3	421,92	27	6275,5	151,9	21	3,6	3,2
		14,5	x	29,3	x	9,5	424,85	27	6159,0	115,6		2,7	
4	15,00%	14	x	29,4	x	9,4	411,6	27	7124,5	141,2	5	3,4	3,4
		14	x	29,4	x	9,5	411,6	27	7127,5	138,5		3,4	
		14,5	x	29,3	x	9,6	424,85	27	6835,0	268,2	21	6,3	5,4
		14,5	x	29,3	x	9,2	424,85	27	6304,5	187,2		4,4	

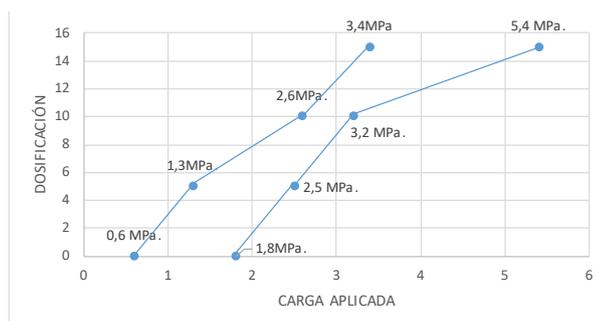


Figura 3: Resistencia a compresión de BTC

En general se puede deducir que, a medida que se aumenta la adición de aglomerante en los bloques de BTC, la resistencia a la compresión también se incrementa. La relación existente entre las dosificaciones establece que, a mayor incremento de aglomerante se tiene mayor resistencia y durabilidad de los bloques.

4.2 Resultados del confort

El análisis de confort higro térmico aplicando el balance térmico a los usuarios y a la envoltura arquitectónica da como resultados que es necesario generar ganancias de calor en el aula en las primeras horas del día debido a que la actividad y la temperatura del ambiente hacen que los estudiantes tengan una sensación térmica de frialdad. Por lo que, al analizar el espacio con una envoltura de mampostería de BTC, cubierta de asbesto cemento y ventanas de aluminio – vidrio (3mm), se logra incrementar la temperatura interna del ambiente hasta llegar a los rangos de confort deseables tal y como se observa en la figura 4.

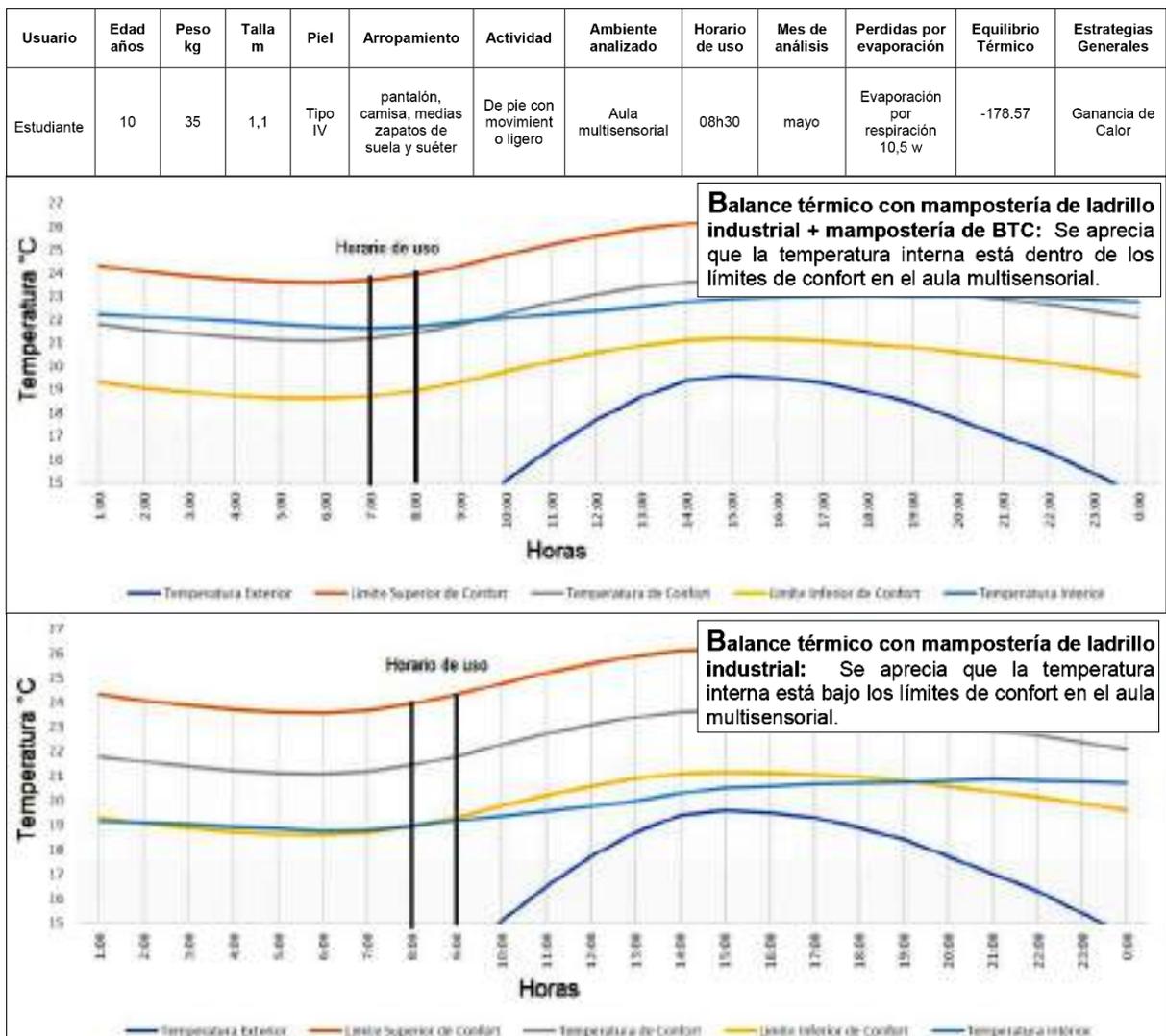


Figura 4. Resultados de confort higro térmico aplicados a estudiantes y al aula multisensorial de la escuela especial Claudio Neira Garzón

A través de la aplicación de la ley del inverso del cuadrado de la distancia, se ha determinado que el ruido de los carros en la avenida afecta al confort de los estudiantes por lo que el uso de la mampostería de BTC ayudaría a controlar dicho disconfort por sus características aislantes, en el caso del vuelo de aviones, si bien, causa disconfort, al ser momentáneo no requiere de estrategias. En el análisis de los elementos sonoros (timbres) instalados para el proceso de enseñanza – aprendizaje cumplen su función dentro del aula

ya que en una distancia de 3 metros pueden ser escuchados por todos los estudiantes de manera confortable (figura 5).

En el análisis del confort olfativo se llegó a determinar que se debe colocar un dispositivo aromático tipo rociador que proporcione 5 g/s de aroma para que el olor disperso pueda ser apreciado hasta en 3 metros de distancia (figura 5).

Fuente de ruido	Decibeles de la fuente (db)	Horario de medición	Distancia del sector de estudio (m)	Decibeles de percepción en el sector de estudio (db)	Índice de confort según decibeles (db)	Efectos a largo plazo	Estrategias Generales
Carros con velocidad en la avenida	70	Mañana y tarde	34	59.3	Más de 55 db Muy ruidoso	molesto	Utilizar materiales aislantes en las fachadas que dan directamente a la avenida principal.
Rango de audición de avión en vuelo	120	Mañana y tarde	1840	69.21	Más de 55 db Muy ruidoso	molesto	Al ser momentáneo la incidencia del sonido no se requiere generar estrategias
Timbres	20	Mañana y tarde	3	10.45	De 0 a 25 db Muy silencio	Gran tranquilidad	No requiere estrategias

Calculadora de dispersión atmosférica (online) ¹
 Resolviendo para concentración de Contaminantes penacho en un punto en el espacio

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} e^{-\frac{z^2}{2\sigma_z^2}} \left(e^{-\frac{(x+H)^2}{2\sigma_y^2}} + e^{-\frac{(x-H)^2}{2\sigma_y^2}} \right)$$

tasa de emisión tasa de contaminación (Q)	5	gramo / segundo
velocidad media del viento (u)	1.5	metros / segundo
y dirección penacho desviación estándar (σ _y)	1.5	metro
z dirección penacho desviación estándar (σ _z)	3	metro
posición y (y)	0.9	metro
posición z (z)	0.9	metro
altura efectiva stack (H)	1.2	metro

Concentración de contaminantes en un punto en el espacio (C)= 0.17505559107219gr / m³

Figura 5. Resultados de confort acústico y olfativo aplicados a estudiantes y al aula multisensorial de la escuela especial Claudio Neira Garzón

5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El resultado obtenido ha permitido crear un muro pedagógico prototipo en el cual se puede estimular los sentidos del oído, olfato y tacto, siendo un instrumento pedagógico de gran ayuda dentro del proceso de enseñanza – aprendizaje tal y como se puede apreciar en la figura 6.

¹ Calculadora online de dispersión atmosférica. Disponible en https://www.ajdesigner.com/phpdispersion/point_space_equation.php



Figura 6. Muro pedagógico de BTC en el aula multisensorial de la escuela especial Claudio Neira. Garzón – evaluación por parte de los estudiantes

6 CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados obtenidos de la práctica aseveran que es posible usar componentes constructivos de tierra para la producción de mampostería con BTC en centros educativos, con comportamientos análogos estructurales a los de materiales convencionales. En efecto, las resistencias alcanzadas en los diferentes ensayos realizados satisfacen las exigencias de las propiedades físicas y mecánicas tanto de mampuestos como de la mampostería en su conjunto; a ello se suma el aporte como elemento pedagógico en aulas escolares, que permite la interacción alumno–docente por medio de elementos estructurales adecuados a actividades pedagógicas.

La correcta identificación y clasificación de la tierra viabiliza la optimización de las mezclas de suelo-cemento para alcanzar una eficiente estabilización, logrando mejorar las propiedades de los BTC. La implementación de estos bloques en aulas escolares contribuye al desarrollo de los sentidos en niños discapacitados y aporta como material aislante óptimo para el confort térmico y acústico.

Los módulos incorporados en espacios escolares, debido al diseño versátil y la geometría propia de los bloques, contribuyen a la mejora de la calidad educativa, ya que se ha obtenido un muro pedagógico que estimula los sentidos del oído, olfato y tacto, creando espacios más confortables dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de niños con discapacidad visual.

Se debe destacar que la presente investigación es resultado de la implementación y ejecución de proyectos de vinculación con la sociedad emprendidas por la Universidad Católica de Cuenca para satisfacer las necesidades de los grupos de interés prioritaria en el Ecuador. Al estar en ejecución el proyecto, queda pendiente profundizar en la discusión de resultados, ya que actualmente la investigación se encuentra en proceso de evaluación de los mismos. El proyecto final contempla el uso de tierra en diferentes espacios, por ejemplo, en pasillos empleado como cambios de textura de pisos, material para rampas, en espacios

de recreación y como en este caso muros didácticos en aulas multisensoriales, garantizando de esta manera el confort integral del centro de estudios a ser intervenido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2010). Datos censales de población del año 2010. INEC Disponible en <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/sistema-integrado-de-consultas-redatam/>

Laorden, C.; Pérez, C. (2002). El espacio como elemento facilitador del aprendizaje. Pulso, 133-146.

Medina, K. T. A.; Medina, Ó. H.; Gutiérrez, Ó. J. (2011). Bloque de tierra comprimida como material constructivo. Revista Facultad de Ingeniería, UPTC, 20(31), 55-68.

NTP 329: Modelos de dispersión de gases y/o vapores en la atmósfera: fuentes puntuales continuas. (1993). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, España. Disponible en http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_329.pdf

Minke, G. (2005). Manual de construcción en tierra: la tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual. Fin de Siglo.

Murilo, G. (2011). Arquitectura bioclimática. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

Pinos Coronel, A. V. (2015). Evaluación estructural del efecto del mortero de pega sobre probetas de muro de ladrillo de tierra compactada bajo esfuerzos de comprensión axial. Master's thesis, Universidad de Cuenca. Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21772/1/Tesis.pdf>

Rodrigues, C.; Quiroga, G.; Coca, V. (2014). Desempeño acústico de vivienda tradicional de tierra. Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos, p.257-264.

Vázquez-Reina, M. (2010). Condiciones ambientales en la escuela. Factores como la iluminación, la temperatura o el nivel de ruido en las aulas pueden afectar al rendimiento académico de los alumnos. Eroski consumer. Disponible en <http://www.consumer.es/web/es/educacion/escolar/2010/10/22/196660.php>

World Health Organization (2006). Constitution of the World Health Organization - Basic Documents, Forty-fifth edition, Supplement, October 2006.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la incondicional colaboración de las autoridades y de los estudiantes del octavo ciclo de la Carrera de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Católica de Cuenca dentro del proceso de investigación en forma especial a Mónica P. Calle Idrovo, Diego A. Chalán, Juan C. Nugra Fares, Byron F. Quituisaca y Danny Pesántez.

AUTORES

José Francisco Pesántez, catedrático en el área de construcciones de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Católica de Cuenca; Arquitecto; Master de Tecnología en la Arquitectura de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España. Director de Proyecto de vinculación en la Universidad Católica de Cuenca, 2016

Marco Avila, maestro en la carrera de arquitectura y urbanismo, arquitecto magister; director de Vinculación con la Sociedad, diplomado en Arquitectura Bioclimática y Sustentable, diplomado en Arquitectura del Paisaje y Diseño de Jardines, diplomado de Especialización en Docencia Universitaria.

Pedro Javier Angumba Aguilar, Master en Construcciones Universidad de Cuenca, Arquitecto, profesor en la cátedra de Construcciones y Urbanismo a tiempo completo en la Universidad Católica de Cuenca, Especialista en docencia Universitaria, constructor profesional.

Angélica M. Ochoa Paredes, pasante de la materia de construcciones en la Universidad de Católica de Cuenca.