



DIAGNÓSTICO DE PATOLOGÍAS, CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LA TAPIA PISADA DEL PAREDÓN DE LOS MÁRTIRES (BIEN DE INTERÉS CULTURAL COLOMBIANO) PARA TRABAJOS DE RESTAURACIÓN.

Javier Eduardo Becerra Becerra(1); Nancy Camacho Pérez (2); Luz Stella Gómez Villalba (3)

(1) Geólogo D.Sc, Universidad Santo Tomás. Bogotá D.C/Colombia. E-mail:

javierbecerra@usantotomas.edu.co

(2) Arquitecta M.Sc, Escuela Taller de Boyacá. Tunja/Colombia. E-mail: factika@gmail.com

(3) Geóloga D.Sc, Universidad Complutense de Madrid. Madrid/España.

RESUMEN

El Paredón de Los Mártires en la ciudad de Tunja – Colombia es una estructura de tapia pisada, declarada como Bien de Interés Cultural Nacional, por contener los vestigios del sacrificio de importantes mártires boyacenses que ofrendaron su vida por la independencia de la República de Colombia. Presenta graves problemas de deterioro que afectan a la tapia pisada como elemento fundamental y a la estructura de piedra y vidrio que la enmarcan. Se identifican procesos patológicos como fisuras, erosión y arenización, eflorescencias salinas y humedad de la base por absorción capilar, que ponen en riesgo su conservación y hacen necesaria su intervención. Análisis por DRX muestran que la tapia pisada está constituida por cuarzo, plagioclasa con diferencias en su relación Ab-An, desde plagioclasa sódica hasta plagioclasa cálcica y minerales del grupo de la Caolinita, mostrando una estrecha relación con la composición de los sedimentos de la Formación Tilatá, fuente prima para su construcción. Se identifican también sales de Nitrato de Sodio (NaNO_3) y Yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), estrechamente relacionados con la formación de eflorescencias salinas y con la pérdida de propiedades de densidad y resistencia mecánica de la tapia.

Palabras-Clave: *Tapia pisada, Formación Tilatá, restauración, patología, mineralogía.*

1. INTRODUCCION

El Paredón de los Mártires ubicado en la ciudad de Tunja (Colombia), es un elemento con declaratoria de Bien de Interés Cultural de Carácter Nacional. Es un fragmento de tapia pisada de cerramiento que configuraba el recinto urbano de Tunja hacia los barrancos de la cárcava de San Laureano. El principal criterio de valoración que le atribuye la condición de BIC es su representatividad y contextualización sociocultural por ser el lugar donde ocurrió el fusilamiento de José Cayetano Vásquez y Juan Nepomuceno Niño, personajes claves de la época de la independencia. Hace parte de la cultura urbana colectiva de un incalculable valor porque forma parte de un conjunto de espacios públicos los “parques bosque” construidos como pulmones contenedores de áreas urbanas, lo cual, según la historiadora Silvia Arango, fue una de las acciones republicanas sobre nuestras ciudades colombianas.

El análisis del Paredón de Los Mártires presentado involucra el material tierra constitutivo del muro y del suelo de asentamiento y la evolución del muro como elemento estructural de acuerdo a las intervenciones ocasionadas y acciones propias del paso del tiempo. La continua destrucción del patrimonio arqueológico y colonial, debido a la construcción de nuevas obras o por la tendencia de hacer de los espacios urbanos lugares de desarrollo comercial, está acabando con los vestigios que enseñan sobre las sociedades indígenas y coloniales; como consecuencia se genera una



transformación discontinua y desarticulada del paisaje urbano y del paisaje rural. Lo anterior plantea la necesidad de recuperar lo que queda con las mismas técnicas con que fue construido, en este caso la tapia pisada, fundamental en el paisaje cultural boyacense, mediante la difusión y enseñanza de los procesos de fabricación ancestrales.

El muro que constituye el denominado Paredón de los Mártires presenta un largo de 4.5m y 3.0m de alto en el punto de mayor altura. Se encuentra en un recinto construido recientemente, dentro del marco de una intervención para proteger y resaltar el elemento. Este recinto está conformado por un muro de ladrillo adosado al Paredón en la parte posterior, que excede en 1.8m el largo del Paredón, 0,9m a cada lado. Al muro de ladrillo posterior le llegan dos ortogonales en los extremos cada uno de 1.5m conformando el recinto que se cierra con una pantalla de vidrio sostenida por perfiles metálicos (Fig. 1A). Está enchapado en piedra muñeca y el recinto está cubierto por una estructura de madera y teja de barro. Se aprecia que el material tierra de las tapias está a nivel del piso actual por lo que se presume que el nivel del piso original se encontraba a mayor profundidad.

Su espesor es irregular debido a la pérdida de material en diferentes zonas por las patologías que presenta y difícil de precisar por el muro de ladrillo adosado en la parte posterior. Se puede presumir un espesor aproximado de 0,70m. La irregularidad de la altura y del espesor se debe a la acción del intemperismo, falta o inadecuado mantenimiento que ocasionó desgaste, erosión y humedad en la base provocando pérdida de material en la parte superior del muro y la cara frontal (Fig. 1B).



Figura 1. (A) Vista general del Paredón de los Mártires. (B) Detalles de su morfología irregular por desgaste, erosión y humedad.

Además de las diferencias de espesor observadas en el muro, se encuentran también características diferenciadas con relación al tenor de humedad existente desde la base hasta el techo del Paredón, observándose una concentración de la misma en la base y hasta una altura aproximada de un (1) metro. Los procesos patológicos observados guardan estrecha relación con las diferencias de humedad y son diferenciados de base a techo.

Debido al desarrollo de procesos patológicos, con su consecuente destrucción progresiva del muro constituyente del Paredón, se hace necesaria la intervención urgente para la recuperación de este BIC y su conservación para la memoria histórica de la ciudad de Tunja, pensando en las futuras generaciones.

2. METODOLOGIA

La metodología seguida para la realización de la investigación incluye las siguientes actividades:



- A- Revisión bibliográfica, con especial énfasis en la Plancha Geológica 171 (Tunja) a escala 1:100.000 publicada por el Servicio Geológico Colombiano (INGEOMINAS), el Estudio de Microzonificación Sísmica Preliminar (Instituto Geofísico – Universidad Javeriana) y diversos artículos relacionados con la estratigrafía y mineralogía de la Formación Tilatá, unidad geológica fuente de los materiales limoarenosos constituyentes de la tapia pisada del Paredón de los Mártires.
- B- Inspección ocular en el muro para identificar material, estado estructural y patologías observables.
- C- Medición de datos de densidad y resistencia en diferentes zonas del muro por implementación de dispositivo de penetración. Se realizan diez impactos en ubicaciones estratégicas, siete en el plano frontal y tres en el plano posterior aprovechando los ductos de ventilación.
- D- Muestreo superficial del material limoarenoso de la tapia pisada constituyente del Paredón de los Mártires a diferentes alturas por intervalos definidos.
- E- Caracterización mineralógica por DRX de tres segmentos muestreados en la tapia pisada, con el fin de determinar la composición química y mineralógica de los materiales y de las sales presentes que por ascenso capilar pueden haber cristalizado en la tapia, contribuyendo al desarrollo de procesos de deterioro.
- F- Análisis e interpretación de resultados.

3. GENERALIDADES DE LA FORMACIÓN TILATÁ, FUENTE DE MATERIALES DE LA TAPIA PISADA DEL PAREDÓN DE LOS MÁRTIRES

La Formación Tilatá ha sido descrita por varios autores: Scheibe [1]; Hubach [2]; Van der Hammen [3], incluyendo varias secuencias sedimentarias en diferentes partes del altiplano de Bogotá y alrededores. Helmens [4], subdividió a la Formación Tilatá en Superior e Inferior y adicionalmente en varios miembros así: Tilatá inferior en los Miembros Tequendama y Tibagota, y Tilatá Superior en los miembros Guasca y Gualí (Manosalva et.al) [5].

Los trabajos de Toro et.al [6] en la datación de circones de la ceniza volcánica interestratificada en la formación, muestran que los miembros Tibagota, Guasca y Gualí cubren el intervalo $5,33 \pm 1,02$ m.a y $2,74 \pm 0,5$ m.a.

Miembro Tequendama. Comprende los sedimentos fluviales del Salto de Tequendama, conformado por arenas compactas y gravas con intercalaciones locales de arcillas orgánicas y turbas-lignitos, su espesor es de al menos 65 metros; la datación por huellas de fisión da una edad de $5,3 \pm 1,0 \times 10^6$ años lo que indica edad del Plioceno temprano. Se encuentran intervalos de cenizas volcánicas de hasta 7cm de espesor, intercalados en la parte superior con 10 metros de gravas y algunas capas de diatomitas verdosas.

Miembro Tibagota. Aflora en la parte media del valle de Subachoque. Está conformado por arenas, gravas y localmente por arcillas y arenas intercaladas con turbas y lignitos, arcillas diatomáceas blancas abigarradas y esporádicas gravas; su espesor máximo es de 20 metros. Las dataciones por huellas de fisión arrojan una edad de $2,77 \pm 0,52 \times 10^6$ años, lo cual indica una edad Plioceno tardío.

Miembro Guasca. Mencionado por Van der Hammen [2] y Helmens [4], expuesto en el Valle de Guasca, constituido por un complejo de arcillas grises, arcillas orgánicas, limos, areniscas limosas con intercalaciones locales de turba y lignito, arcillas diatomáceas blancas abigarradas y esporádicas gravas; su espesor máximo es de 20 metros; las dataciones por huellas de fisión arrojan una edad de $2,77 \pm 0,52 \times 10^6$ años lo cual indica una edad Plioceno tardío.



Miembro Gualí. Constituido por una secuencia de arcillas grises a verdes, limos arcillosos, arenas y algunos intervalos de turbas y lignitos, cuenta con un espesor de 110m, con una edad de $2,74 \pm 0,63$ Ma, perteneciente al Plioceno Tardío.

Estudios mineralógicos por DRX en arcillas de la Formación Tiltatá, muestran que estas están constituidas por cuarzo en grandes proporciones, superior al 50%, acompañado de minerales laminares o filosilicatos, principalmente minerales caoliníticos y en menor proporción de mica-ilita. Los contenidos de SiO_2 y Al_2O_3 determinados por FRX, avalan la presencia de minerales caoliníticos en gran cantidad. Las proporciones de K_2O y MgO relacionados con los minerales caoliníticos son superiores que en una caolinita pura, lo cual se atribuye a los minerales íliticos, en concordancia con los datos obtenidos por DRX.

En el sector de Tunja, la Formación Tiltatá está formada alternativamente de gredas, capas arenosas y cascajos con unos 150m de espesor visible. (Microzonificación sísmica preliminar de Tunja, universidad javeriana). Presenta materiales horizontales homogéneos. A lo largo del sinclinal de Tunja-Oicatá-Paipa (Fig. 2) se observa un conjunto grueso arcillo-arenoso, que forma una terraza de unos 150m aproximadamente, conformada por arenas y limos de color variable entre amarillo y rojizo, con intercalaciones conglomeráticas y frecuente estratificación cruzada (Alcaldía Mayor de Tunja y Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia [7]. En algunos sectores se observan capas medias de cenizas volcánicas compuestas por abundantes cuarzos euhedrales, plagioclasas y ocasionales anortoclasas y sanidinas, muy porosas y deleznales.

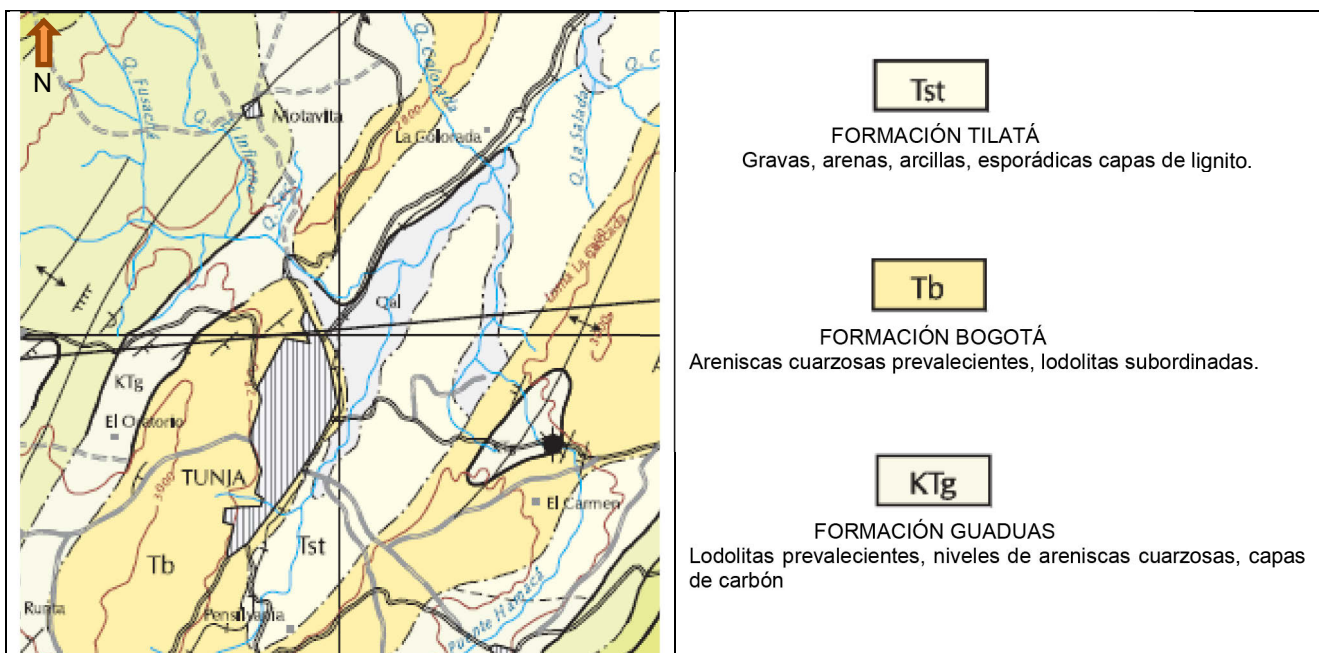


Figura 2. Mapa geológico generalizado de los alrededores de la ciudad de Tunja. Fuente: Geología de la Plancha 191 – Tunja. INGEOMINAS, 1998.

Los materiales arcillo-arenosos de la Formación Tiltatá son aprovechados para la fabricación de Bloques de Tierra Comprimidos (BTC), usados por la Escuela Taller de Boyacá en diferentes trabajos de restauración. Los materiales provienen de dos fuentes diferentes localizadas en la Ciudad de Tunja, capital del Departamento de Boyacá, República de Colombia. La primera fuente (Fig. 3A) se encuentra en la vereda Florencia del municipio de Tunja. Las coordenadas de la cantera de la cual se extraen los materiales son N: 1.105.574; E: 1.073.978. Z: 2855. En esta cantera el material base para la fabricación del BTC amarillo está compuesto litológicamente por limolitas arenosas de cuarzo y líticos, de color amarillo con parches marrones por alteración, estratificadas en capas delgadas a medias, con espesores entre 5 y 30cm.



La segunda fuente de materiales, también de sedimentos de la Formación Tiltatá, se encuentra en el casco urbano de la ciudad de Tunja, correspondiente a las coordenadas N: 1.108.816; E: 1.081.593; Z: 2815m (Fig. 3B). La roca corresponde a una arenisca de cuarzo y líticos de grano muy fino con matriz de limo, de coloración rojiza, fuertemente meteorizada y con bajo grado de cohesión entre los granos.

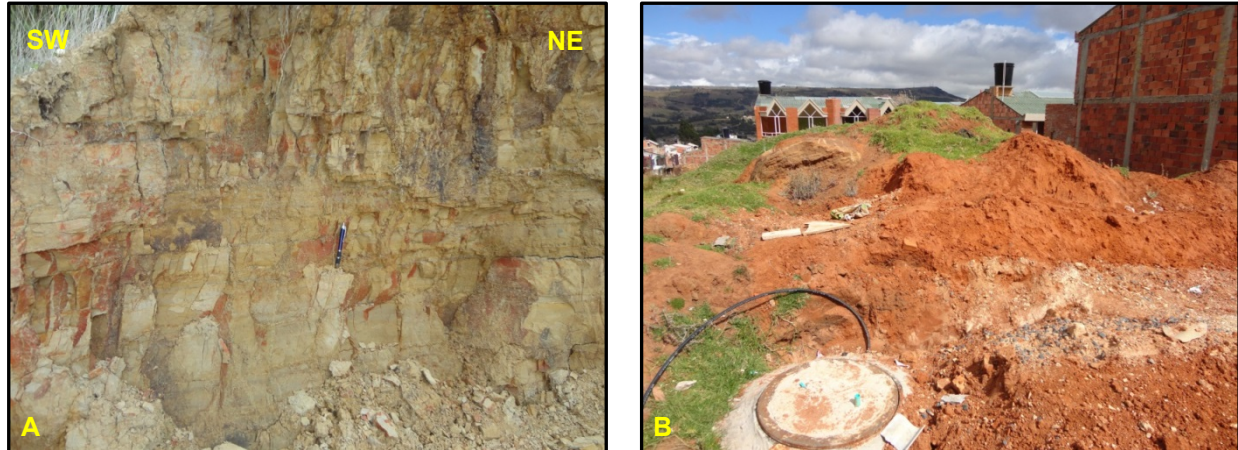


Figura 3. Fuentes de materiales en la Formación Tiltatá para la fabricación de BTC usados en procesos de restauración. (A) Arcillas abigarradas. Coordenadas: N: 1.105.574; E: 1.073.978. Z: 2855. (B) Areniscas de grano muy fino con matriz de limo. Coordenadas: N: 1.108.816; E: 1.081.593; Z: 2815m.

4. RESULTADOS

4.1 Identificación de Procesos Patológicos

Los mecanismos de deterioro de los materiales constituyentes de la tapia pisada, al igual que los que ocurren en otros materiales como rocas, concretos y argamasas, se clasifican en mecanismos físicos y químicos, incluyendo los procesos bioquímicos y biofísicos, según Steiger [8]. La meteorización química, se refiere a la disolución o alteración de los constituyentes minerales por reacciones químicas. La meteorización física incluye todos los procesos que generan cambios en el comportamiento mecánico de la estructura, tanto en escala microscópica como macroscópica. Como se observa en el Paredón, los procesos de meteorización física y química se conjugan, causando daños en la tapia pisada que se manifiestan en la forma de disgregación granular, erosión y desgaste, desarrollo de fisuras, formación de eflorescencias, así como afectación a nivel de la estructura (Fig. 4 y 5).

Todos los procesos de alteración que ocurren en la tapia están relacionados con los factores que determinan su desarrollo, clasificados en factores intrínsecos, que dependen de la naturaleza del material (resistencia mecánica, porosidad, composición química y mineralógica etc.) y extrínsecos, que no están relacionados con las características de la tapia, pero sí con su entorno circundante. Pueden ser factores naturales, relacionados con parámetros ambientales (lluvia, dirección del viento, contrastes de temperatura, contaminación atmosférica etc.), o factores relacionados con actividad antrópica (procedimientos inadecuados de restauración) y otros (Aires-Barros) [9].

4.1.1 Patologías por deficiencias constructivas

- **Desarrollo de fisuras por trabe incorrecto**

La traba de las armadas entre cada hilada no es rigurosa quedando casi alineadas las juntas verticales de contracción al igual que los agujeros de construcción. Por lo tanto el muro tiende a comportarse como cuatro elementos esbeltos y sueltos.



4.1.2 Patologías por acción de la intemperie

- **Pérdida de material en el remate del muro**

Es evidente que el Paredón estuvo a la intemperie, originándose un desgaste diferenciado en la parte superior del muro por la acción erosiva del agua de escorrentía superficial.

- **Erosión superficial.**

Ocasiona disminución del espesor del muro, debido a la acción de agentes erosivos (viento y lluvia). Las rafas de piedra puesta a ras del tapial muestran un desgaste generalizado en el plano del muro de casi 5cm del espesor del original.

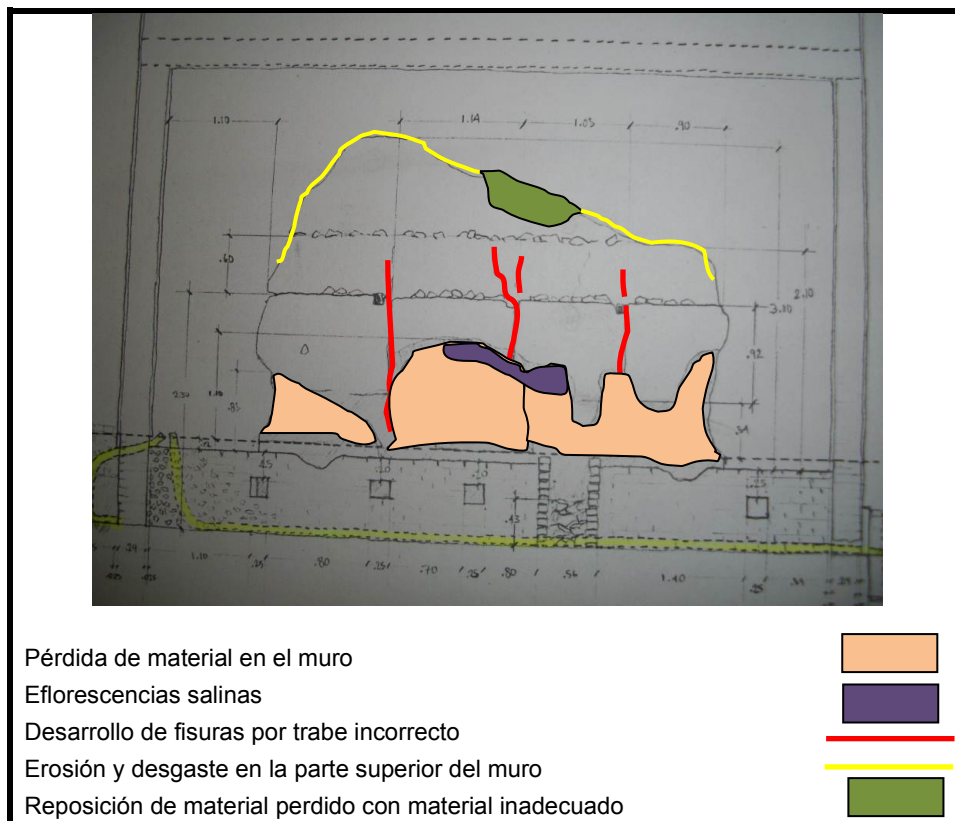


Figura 4. Representación esquemática de los principales problemas patológicos observados en la tapia pisada del Paredón de los Mártires.

4.1.3 Patologías originadas por contacto con el sustrato

- **Pérdida de material en la base del muro**

La humedad aunque moderada pero continuada en el tiempo provoca la separación de las arcillas en la interfase seca-húmeda del muro por lo que el material expuesto disminuye sus propiedades físico – mecánicas para desprenderse por capas ayudado por la acción del viento y el peso propio.

- **Eflorescencias salinas**

Salas de diferente naturaleza cristalizan a diferentes alturas de la tapia pisada, cuya migración y cristalización son facilitadas por los procesos de absorción capilar (Fig. 5A). La cristalización salina y el desarrollo de eflorescencias es facilitada por el efecto invernadero, provocado por el recinto de ladrillo y vidrio que encierra la tapia pisada, creando condiciones de temperatura y humedad favorables para su desarrollo. Se observa pérdida de resistencia mecánica de la tapia pisada en los sectores afectados por cristalización salina.



- **Humedad en la base del muro frontal por ascenso capilar**

Origina disminución de su espesor efectivo resistente original. El proceso de ascensión capilar es facilitada por la localización del sobrecimiento y la tercera parte de la primera hilada por debajo del nivel actual del terreno (Fig. 5B). Esta tercera parte de muro de tierra por debajo del nivel de piso absorbe humedad que por capilaridad asciende hasta llegar a la base del muro. La humedad detectada aunque no es abundante sí evidencia una acción continuada en el tiempo.



Figura 5. Principales patologías observadas en la tapia pisada del Paredón de los Mártires. (A) Eflorescencias salinas. (B) Humedad en la base del muro por ascenso capilar.

4.1.4 Patologías originadas por intervención inadecuada

- **Disminución de la capacidad de evapotranspiración en el plano del muro**

El muro de ladrillo adosado en la parte superior y el mortero de lleno entre los dos muros, altera todas las condiciones de transpiración del muro en su conjunto. Al tener el muro menos área de transpiración, la humedad tiende a concentrarse en la base y en las zonas de frontera en la interacción de dos materiales distintos.

- **Afectación por carga estática en la parte superior del muro**

El muro de ladrillo adosado en la parte posterior carga el Paredón en toda su longitud en la parte superior del muro. La intención al parecer no fue más que ornamental pero sin duda compromete al muro al adicionarle carga. No se ha determinado y es objeto de análisis considerar si es el muro de ladrillo el que sirve de apoyo para el de tapia o viceversa.

- **Afectación por cargas dinámicas en la base del muro**

Hacia la parte posterior del muro pasa una vía vehicular que transmite cargas dinámicas que exponen al Paredón a una continua vibración.

4.2 Descripción del estado del Paredón de los Mártires como elemento estructural

Las alteraciones que ha sufrido el muro por las patologías identificadas muestran una reducción en el espesor efectivo en la base del muro a nivel del piso actual reduciendo su masa resistente en la zona más exigida. Con utilización de dispositivo de penetración, se hace una evaluación de propiedades físico-mecánicas de la tapia pisada en diferentes segmentos de base a techo (Fig. 6), observándose bajos valores de densidad y de resistencia mecánica (Tabla 1) debidos a los procesos de alteración que afectan al muro.



Figura 6. Segmentos de prueba con dispositivo de penetración y de muestreo para evaluación de propiedades físico-mecánicas y análisis mineralógico de la tapia pisada del Paredón de los Mártires.

La falta de trabe en el muro, generando tramos de 0,90m, hace que el muro esté conformado por 4 tramos. La reducción en geometría, en densidad y resistencia en la base lo hace vulnerable. El muro adosado en la parte posterior y la carga de compresión que le ofrece este muro en la parte superior de la tapia le aportan estabilidad y confinamiento.

4.3 Caracterización mineralógica de la Tapia Pisada del Paredón de los Mártires

La composición mineralógica de los sedimentos limoarenosos constituyentes de la tapia pisada del Paredón de los Mártires (Tabla 2), muestra una clara correlación con la composición química y mineralógica de los sedimentos de la Formación Tiltatá.

Se observan diferencias leves en la mineralogía de cada uno de los segmentos muestreados y analizados del Paredón de los Mártires. El cuarzo (SiO_2) aparece como el mineral predominante. La plagioclasa es el segundo mineral en abundancia, mostrando diferencias composicionales en la proporción de sodio (Na) y Calcio (Ca) en los diferentes segmentos. Es importante considerar que la plagioclasa calco-sódica, identificada en el segmento EM-3 y la anortita hallada en el segmento EM-5, por su estructura molecular, presentan mayor susceptibilidad a reacciones químicas de alteración que la plagioclasa sódica (Albita), típica del segmento EM-1. Los procesos de meteorización de la plagioclasa dan origen a minerales arcillosos constituyentes de la tapia pisada. Los tipos de plagioclasa calco-sódica y cálcica, en condiciones de humedad son más susceptibles al desarrollo de procesos de hidrólisis, que pueden incidir en el deterioro de la tapia pisada de no tomarse medidas correctivas.

Otros minerales constituyentes de la tapia pisada son los filosilicatos como lizardita y muscovita y minerales del Grupo de la Caolinita.

Como minerales constituyentes de las eflorescencias salinas se identifican el yeso $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y el Nitrato de Sodio NaNO_3 . La presencia en el segmento EM-1 de Sulfato de Niquel hexahidratado $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ puede estar relacionado con la acción antrópica o actos de vandalismo que afectaron el paredón.



Tabla 1 – Parámetros de densidad (kg/m³) y de resistencia a Compresión (KN) en diferentes segmentos de la tapia pisada constituyente del Paredón de los Mártires.

Nº	Localización en la tapia	Sistema constructivo	Longitud de penetración (cm)	Densidad (Kg/m ³)	Resistencia a Compresión (KN)	Rastros superficiales del ensayo	Evaluación cualitativa
1	Inferior izquierda-zona de humedad retirada	Tapia pisada	5.8	1400	52	El puntillón se retira sin rastro de material tierra	A pesar del retiro del material que contiene humedad la resistencia evidencia que se alteró la capacidad de cohesión en el material
2	Inferior izquierda-zona de humedad retirada	Tapia pisada	5.9	1400	52	El puntillón se retira sin rastro de material tierra	A pesar del retiro del material que contiene humedad la resistencia evidencia que se alteró la capacidad de cohesión en el material
3	Zona inferior del muro material retirado, región expuesta	Tapia pisada	6.3	1400	52	El puntillón se retira sin rastro de material adherido	El material expuesto evidencia la alteración de la capacidad cohesiva del material, por distintos ciclos de humedecimiento y secado en confluencia con las reacciones químicas que pigmentan el material superficial del muro
4	Material de la segunda armada (niv+1.50) zona erodada	Tapia pisada	6.6	1400	52	El puntillón se retira sin rastro de material adherido	El material presenta superficialmente baja densidad y baja cohesión
5	Zona superior izquierda de la segunda armada (niv+1.50)	Tapia pisada	4.0	1450	52	El puntillón se retira sin rastro de material adherido	El material permite una penetración menor luego superficialmente posee mejores características de cohesión y densidad
6	Armada superior (niv+2.20) material	Tapia pisada	3.5	1450	52	El puntillón se retira sin rastro de material adherido	El material presenta cohesión más alta, no presenta desprendimientos ni acumulación de humedad
7	Zona posterior del muro	Tapia pisada	1.8	1620	106	El puntillón se retira sin rastro de material adherido	El material presenta buena densidad y/o menor alteración de las características del macizo del muro
8	Zona posterior del muro	Tapia pisada	5.3	1400	52	El puntillón se retira sin rastro de material adherido	El material presenta alteración de las características superficiales por acumulación de humedad y sus acciones remanentes con los ciclos de secado



Tabla 2 – Caracterización mineralógica por segmentos de la tapia pisada constituyente del Paredón de los Mártires.

MUESTRA	LOCALIZACIÓN	MINERALOGÍA DRX	(%)	INTERPRETACIÓN
EM-1	Segmento inferior de la tapia pisada, a 20 cm por encima de la base de ladrillo.	Cuarzo SiO ₂	93,3	La composición se relaciona directamente con la mineralogía de los sedimentos de la Formación Tiltatá, especialmente en los niveles de ceniza volcánica interestratificados. La lizardita es un filosilicato del Grupo de la Serpentina, producto de alteración de silicatos de magnesio como olivino, piroxeno y anfíboles.
		Plagioclasa sódica Albita NaAl(Si ₃ O ₈)	3,1	
		calcita CaCO ₃	1,7	
		Lizardita Mg ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	1,4	
		Sulfato de níquel hexahidratado NiSO ₄ ·6H ₂ O		Sal industrial utilizada en el niquelado galvánico de diversos objetos metálicos y cuya presencia en el paredón puede deberse a contaminación antrópica
EM-3	60cm por encima del nivel de muestreo EM-1 y a 80cm por encima de la base de la tapia.	cuarzo SiO ₂	90,0	Presencia de sales de Nitrato de Sodio, importante en el proceso de migración de sales por ascenso capilar (Arnold) [10]. Estas sales solamente pueden cristalizar cuando las condiciones de humedad relativa son extremadamente bajas. Debido a su higroscopicidad, mantienen la humedad constante en aquellas zonas donde se presentan, dando una apariencia de color oscuro y húmedo, como efectivamente se presenta en el intervalo correspondiente al punto de muestreo EM-3.
		Plagioclasa calco-sódica Na _{0,499} Ca _{0,491} (Al _{1,488} Si _{2,506} O ₈)	4,5	
		caolinita Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	2,6	
		nefelina (NaK)AlSiO ₄	1,4	
		Nitrato de Sodio (NaNO ₃)	1,3	
		crystalita SiO ₂	0,2	
EM-5	60cm por encima del nivel de muestreo EM-1 y a 1,40m por encima de la base de la tapia.	Cuarzo SiO ₂	88,6	Eflorescencias salinas compuestas de yeso CaSO ₄ (2H ₂ O). Su cristalización se presenta hacia la base de la estructura, donde se produce la cristalización de sales menos solubles de calcio y magnesio y la precipitación del yeso (Gauri & Bandyopadhyay [11]. Segmento con mayor contenido de plagioclasa cálcica.
		Anortita Na _{0,48} Ca _{0,52} (Al _{1,52} Si _{2,48} O ₈)	6,8	
		Yeso CaSO ₄ ·2H ₂ O	3,3	
		Muscovita KAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₂	1,3	



5. CONCLUSIONES

La composición mineralógica de la tapia pisada del Paredón de Los Mártires de la ciudad de Tunja, corresponde a minerales silicáticos claramente correlacionados con la composición mineralógica de los sedimentos de la Formación Tiltatá.

El Paredón está afectado por una serie de procesos patológicos que han dado lugar a la afectación estructural y pérdida de propiedades mecánicas de los materiales constituyentes de la tapia pisada, siendo los procesos de ascenso capilar, con la consecuente humedad de sectores del Paredón, importantes en el desarrollo de las patologías identificadas. Los resultados del análisis mineralógico por DRX muestran evidencias de cristalización de sales, relacionadas con los procesos de ascenso capilar y la disminución de la capacidad de evapotranspiración ocasionada por el muro de ladrillo adosado en la parte superior y el mortero de lleno entre los muros.

Cualquier proceso de restauración del paredón debe mantener el equilibrio de la estructura, utilizándose para ello materiales semejantes y compatibles con los originales, por lo que cualquier intervención requiere necesariamente la utilización de materiales provenientes de los sedimentos de la Formación Tiltatá. Es indispensable que se haga la evaluación de las propiedades químicas, petrográficas y mineralógicas, así como el estudio de las propiedades de dinámica de circulación de fluidos, antes de su utilización, de tal manera que se corrijan los problemas identificados en el panteón, se detenga el desarrollo de cristalización de sales y se asegure la existencia de este Bien de Interés Cultural para generaciones presentes y futuras.

6. REFERENCIAS

- [1] Scheibe, R. (1938), Estudios geológicos y paleontológicos sobre la Cordillera Oriental de Colombia. Ministerio de Industrias y Petróleos, Bogotá, 80p.
- [2] Hubach, E. (1957). Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores. Instituto Geológico Nacional. Bol. Geol., 2. Pp. 93-112.
- [3] Van Der Hammen, T. (1957). Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá, Cordillera Oriental de Colombia. Boletín de Geología 5(2). Pp. 189-203.
- [4] Helmens, K. (1990). Neogene-Quaternary Geology of the High Plain of Bogotá, Eastern Cordillera, Colombia. Dissertations. Botanicae, 163.
- [5] Manosalva, S. (2010). Zonas potenciales para diatomitas en un sector del Altiplano Cundiboyacense. Proyecto: cartografía y caracterización de diatomitas. Acuerdo específico No 009 de 2009. INGEOMINAS – Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC. 83 pág.
- [6] Toro, G et.al. (2003). Dataciones por trazas de fisión de circones provenientes de las formaciones Tiltatá y Marichuela. IGAC. Análisis Geográficos 26, Bogotá. Pp. 49-60.
- [7] Alcaldía Mayor de Tunja y Universidad Pedagógica de Colombia, 1999. Diagnóstico dimensional ambiental P.O.T de Tunja.
- [8] Steiger, M (2003). Salts and Crusts. Air Pollution Reviews V.”, Chapter 5. Imperial College Press, London. Pp. 133-181.
- [9] Aires-Barros, L. (2001). As rochas dos monumentos portugueses. Tipologias e patologias. Volume 1. Instituto Português do Património Arquitectónico, 590pág.
- [10] Arnold, A. (1982). Rising damp and saline minerals. Proceedings Fourth Intl. Congress on the Deterioration and Preservation of Stone objects. Louisville. Gauri, K.L and Gwinn, J. A. (Eds), p.21.
- [11] Gauri & Bandyopadhyay, 1999. Carbonate Stone. Chemical Behavior, Durability and Conservation. University of Louisville. A Wiley-Interscience publication. 284pág.