

ELEMENTOS TEMPRANOS DE INGENIERÍA EN CIUDAD ANTIGUA

Enrique A Campo Mier*

Colombia, es un país, con grandes vestigios prehispánicos, con culturas enmarcadas dentro de características bastantes avanzadas.

En la parte norte del país, se encuentra la zona arqueológica Tairona, la cual se extiende desde el pie de monte hasta las partes altas ubicadas entre las vertientes Norte y Occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta (Mapa N°1).

Este macizo, por su ubicación y altura en el trópico (5.775 m.s.n.m.), posee diferentes pisos climáticos, con vegetación variada y franjas secas y calientes, pasando por bosques húmedos y páramos. Dentro de toda esta gama de paisajes y con numerosos ríos, quebradas y arroyos que corren hacia el mar surge un medio ecológico apto para el florecimiento de cualquier tipo de asentamiento.

Por su formación geológica la Sierra Nevada de Santa Marta, presenta una serie de rocas que los diferentes grupos prehispánicos conocieron y emplearon en la construcción de sus novedosas obras de ingeniería y varios tipos de suelos, algunos muy inestables como los suelos residuales, los cuales presentan como características que se deslizan al humedecerse por saturación de un estado de succión que generan al estar desecados, o por la presencia de presiones de poros positivas por exceso de humedecimiento.

A estos problemas, se enfrentaron los Taironas al construir sus ciudades de piedra, situadas desde el pie de monte hasta los 2.000 m.s.n.m., fueron construidas sobre las laderas. Ya que por la topografía abrupta de la Sierra, y por poseer un suelo residual, los Taironas se enfrentaron a grandes retos, para evitar en una manera bastante acertada la erosión, logrando establecer una óptima relación con el entorno, sin ocasionar ningún deterioro.

Con gran admiración, hoy en día, vemos que los retos fueron el resultado de sofisticados sistemas de ingeniería que en estos tiempos son aplicados en la tecnología moderna, y sería una de las grandes soluciones al problema erosivo que están sufriendo la mayoría de los cerros que rodean al Distrito Turístico e Histórico de Santa Marta, por el mal uso que se les vienen dando por parte de los actuales habitantes.

Los sitios de asentamiento escogidos por los taironas para la construcción de sus viviendas, poseen un complejo sistema constructivo y de comunicación, que fue jerarquizado de acuerdo con la importancia del asentamiento, logrando tener un mayor control en las áreas circunvecinas, identificándolas siempre con las condiciones topográficas y del medio.

RETOS

1. CREACIÓN DE ÁREA PLANAS

Los Taironas se vieron en la imperiosa necesidad de nivelar las áreas que iban a ser empleadas para

* Antropólogo Universidad de Antioquía. Profesor catedrático Universidad del Magdalena.



la construcción de sus poblados o lugares de ceremonias, excavando zonas inclinadas en su parte superior y rellenando la parte inferior, con piedras, y materiales sobrantes, de tal manera, que se observa con facilidad el gran dominio que tenían de los suelos, y drenajes de estos, dando así origen a terrazas donde antes solo existían pendientes.

Realizadas estas excavaciones, los pueblos Taironas asentados en las faldas de las montañas, aseguraban los rellenos con muros de contención de diferentes tipos y alturas, a los que hoy en día, se les denominan "sistemas de tierra armada". Estos muros tienen estabilidad por la acción de tensores (en el caso de los Taironas son piedras de lajas metamórficas) que actúan por fricción dentro del suelo contenido.

Los muros de contención, están contruidos con sillares o piedras elaboradas de tamaño casi homogéneo, formando trabas para dar origen a plataformas de diferentes áreas. Como se menciona en el párrafo anterior, estos muros presentan diferentes alturas, formas y niveles que corresponden a escalonamientos en la pendiente. Cuando la pendiente era muy pronunciada construían muros casi perpendiculares logrados con tensores.

La forma de utilización de las lajas metamórficas, en la construcción de los muros, demuestra el conocimiento sobre los sistemas de contención, así como la organización para emplear efectivamente una gran fuerza de trabajo para extraer y transportar el material lítico, nos comprueban la capacidad de programación y empleo de recursos.

2. MUROS DE CONTENCIÓN

Al caminar desprevenidamente, por alguna parte, tanto de la vertiente Norte como Occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta y como la parte del litoral, especialmente en las estribaciones de la Sierra (partes semiplanas) y sin ningún conocimiento en relación con sistemas de contención de suelos, nos encontramos con grandes cantidades de piedras que a primera vista no nos dicen absolutamente nada, pero si observamos con detenimiento la funcionalidad de aquellas estructuras líticas llegamos a la conclusión de que los Taironas tenían conocimientos avanzados de ingeniería, sin poseer, aparentemente conocimientos de cálculos, geometría, matemáticas, geología y otras ciencias necesaria para poder crear estas sofisticadas obras de ingenierías.

Además si miramos ya detenidamente, todo el conjunto, nos encontramos con sofisticados basamentos de viviendas, avenidas, calles y caminos tanto principales, como secundarios, basamentos de lugares de reunión entre otros, que demuestran que también fueron grandes arquitectos y urbanistas.

Los muros, como lo hemos observado por medio de excavaciones, constan de una fase exterior compuesta de lajas superpuestas con espesores relativamente pequeños combinadas con lajas largas que penetran dentro del relleno; estas últimas son las que producen la estabilidad global del muro actuando como tensores.

Al realizar una analogía con los sistemas de contención usados hoy en día, se puede afirmar que los antiguos habitantes de la Sierra Nevada, aplicaron el sistema de "tierra armada" para sus contenciones bajas. Lastimosamente, este conocimiento no fue adquirido por los actuales grupos indígenas que viven en el macizo montañoso y se ha desconocido por la población que en la actualidad construye sin ninguna planificación y control en los cerros circunvecinos del área metropolitana.

El sistema de "tierra armada" es considerado como una "nueva tecnología" en el dominio de la mecánica de suelos y más específicamente en el campo de la contención de tierras.

Ha sido utilizado dentro de un amplio panorama de aplicaciones en la construcción de muros de carreteras y autopistas, estribos de puentes, obras

hidráulicas, muros de contención en urbanizaciones, canalizaciones, obras industriales, grandes silos para almacenamiento de granos y minerales.

El diseño de la tierra armada, está basado en la hipótesis de que exista un estado activo de tensiones según Rankinet, en el macizo armado. Los esfuerzos que se originan dentro de la masa de relleno como consecuencia de su propio peso, de la acción de las sobrecargas y los empujes, se transmiten a las armaduras por razonamientos, estas tensiones actúan a todo lo largo de la armadura de forma variable y permiten calcular la sección necesaria para equilibrar dichos esfuerzos.

En 1991, se tuvo la oportunidad de trabajar con uno de los mejores ingenieros del país, especialista en suelos (Ingeniero, Roberto Maldonado G), e investigar algunos muros de contención, en el asentamiento arqueológico de "Ciudad Antigua", vertiente Occidental de la Sierra Nevada y propiedad de la Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta, uno de los cuatro muros investigados posee una altura de 6.7 m de altura, allí se realizó un corte vertical en la parte central del muro y al someterlo a pruebas de resistencia se obtuvo que tenía una capacidad de 44.89 kilos/



Foto 1

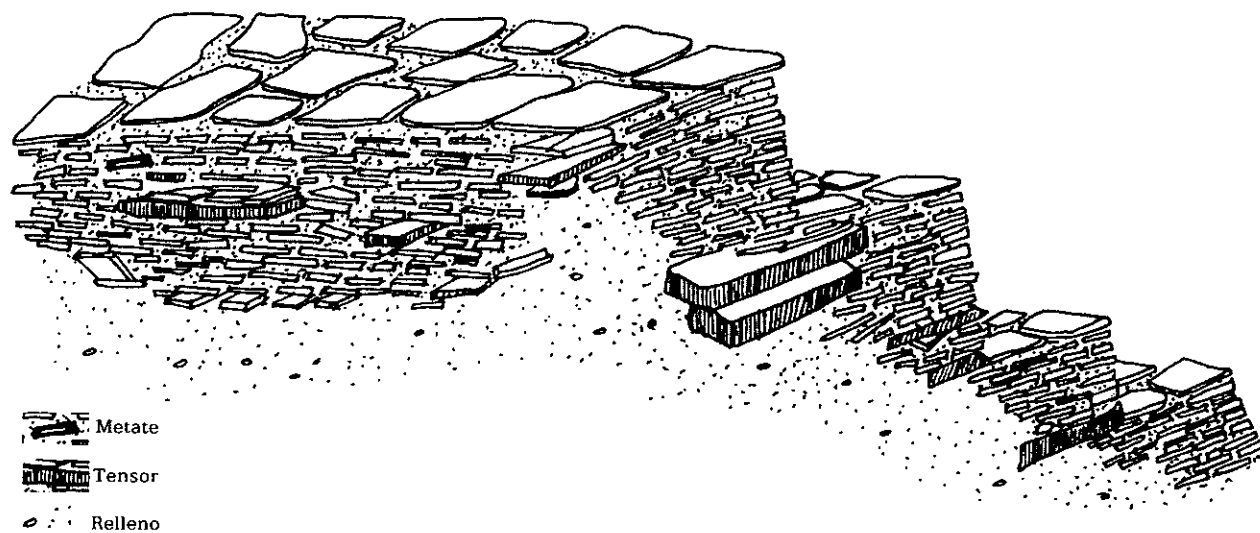


Gráfico. Conformación interna de un muro de contención Tairona, Ciudad Antigua

cm², indispensables para poder contener el volumen de relleno que soporta.

EL CORTE

El corte se realizó en la parte superior del basamento, en el cual se observaba un gran enlosado con lajas superpuestas y traslapadas, que desempeñan el papel de "pavimento" de la terraza. El peso de estas lajas actúa sobre el muro externo conformado por bloques provenientes de la explotación de rocas metamórficas foliadas colocadas en hileras y con cierto "trabe". El peso del enlosado superior sumado al peso de los bloques que conforman el muro vertical, genera fricción entre bloque y bloque que toma esfuerzos horizontales provenientes de la acción de contener los suelos de relleno para formar la terraza (foto N°1).

A continuar el corte hacia la zapata, nos encontramos que se aumentan los esfuerzos horizontales sobre los bloques de piedra hasta el punto en que el sistema deja de ser estable, es aquí, donde se hace necesario introducir un nuevo elemento de resistencia a las fuerzas laterales de conten-

ción. Estos elementos son los famosos *tensores* contruidos por medio de lajas que penetran dentro del relleno, transfiriendo por fricción contra el suelo de relleno, los esfuerzos de contención.

Así se conforman unidades de resistencia a los esfuerzos de contención constituidas por un tensor en la parte superior y otro en la parte inferior con un muro vertical entre tensores. Todo este sistema transfiere los esfuerzos a los elementos vecinos por medio de la fricción que se genera por las capas verticales provenientes de los enlosados y del peso propio de los elementos que se encuentran por encima del punto considerado.

Los Kogi, actuales indígenas que habitan la Sierra Nevada lo llaman "**Sandicama**", lo cual podría traducirse a "**Protectores del Muro**". La ingeniería del siglo XX en los últimos años ha desarrollado sistemas de anclaje para los muros de contención en forma de tensores o mediante el empleo de materiales bituminosos que recuerdan los muros prehispánicos de la Sierra Nevada de Santa Marta.

Después de analizar la construcción de los muros Taironas y los actuales sistemas de contención, por medio de sistema de tierra armada, podemos





concluir que los antiguos habitantes del macizo montañoso eran, sin lugar a duda unos genios, lamentablemente estos pueblos fueron asediados por la Conquista.

En Ciudad Antigua, en una de las terrazas excavadas, se halló dentro de una vasija restos óseos, pertenecientes a un niño de escasa edad, la urna funeraria, era de forma cilíndrica y estaba elaborada en cerámica correspondiente al tipo crema fina, perteneciente a la fase Tairona Tardío.

La urna funeraria, estaba colocada en un pequeño orificio tallado en una roca, ubicada dentro del interior del basamento de la vivienda y dentro de ella se recuperó una pequeña cuenta de collar, carbón y restos óseos, en bastante estado de descomposición, debido a la alta humedad de los suelos, al analizar y estudiar los pequeños fragmentos de los restos óseos, se pudo confirmar, que correspondían a un niño de escasa edad .

La fecha obtenida de la muestra de carbón hallada asociada al entierro es de $450 \pm 70 \text{ Beta} = 57847$, cronología que lo ubica en el período Tairona Tardío.

BIBLIOGRAFÍA

- Campo Mier, Enrique Alfredo; Maldonado Guilfoyle, Roberto. 1992. Proyecto de investigación sobre tecnología de contención, vivienda campesina e impacto en el entorno (I etapa); componente "Antigua, una muestra de ingeniería temprana en la Sierra Nevada de Santa Marta: Santafé de Bogotá; Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta.
- _____. 1995. La Ingeniería Tairona, en *Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad La Gran Colombia*, año 1 volumen # 1 julio, agosto, septiembre, Santafé de Bogotá.
- _____. 1995. ¿Fueron los Taironas a la universidad?. En *Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad La Gran Colombia*, año 1 volumen # 2 octubre-diciembre, Santafé de Bogotá.
- Campo Mier, Enrique Alfredo; Maldonado Guilfoyle, Roberto, Valderrama Andrade, Bernardo. 1992. Proyecto de investigación sobre tecnología de contención, vivienda campesina e impacto en el entorno (II etapa); componente "Aplicación de elementos constructivos Taironas en el mejoramiento de vivienda, Sierra Nevada de Santa Marta: Santafé de Bogotá; Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta.
- Terzaghi, Karl. 1948. *Soil Mechanics in Engineering*. Jhon Wiley & Sons, New York.
- Kerisel, Jean. 1985. *The History of Geotechnical Engineering up until 1,700*. Proceedings of the eleventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, San Francisco.G