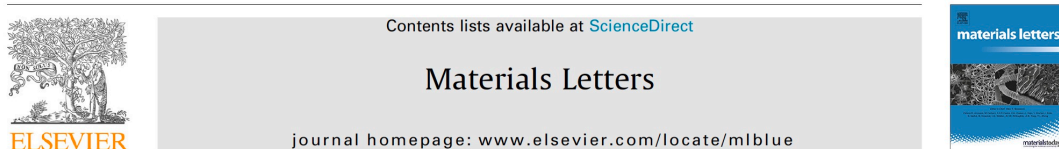


Transcripción de la video-conferencia del
Profesor. J. Davidovits,
Geopolymer Camp 2018, Saint-Quentin, Francia,
sesión *Antigua Tecnologías*, 10 de julio de 2018.

“Los Megalitos de Tiwanaku / Pumapunku son Geopolímeros Artificiales”

Esta investigación se describe en 2 artículos científicos recientemente publicados en revistas científicas internacionales:

Materials Letters, on line October 8, 2018: **arenisca roja artificial**



Materials Letters 235 (2019) 120–124

<https://doi.org/10.1016/j.matlet.2018.10.033>
0167-577X/© 2018 Elsevier B.V. All rights reserved.

Ancient geopolymer in south-American monument. SEM and petrographic evidence

Joseph Davidovits^{a,*}, Luis Huaman^b, Ralph Davidovits^c

^a Geopolymer Institute, 02100 Saint-Quentin, France

^b Escuela Profesional de Geología, U.N.S.A., and CITEM, U.C.S.P., Arequipa, Peru

^c MAG (Matériaux avancés en géopolymères), LTI-EA 3899, Université de Picardie Jules Verne, 02100 Saint-Quentin, France

ARTICLE INFO

Article history:
Received 25 April 2018
Received in revised form 20 August 2018
Accepted 6 October 2018
Available online 8 October 2018

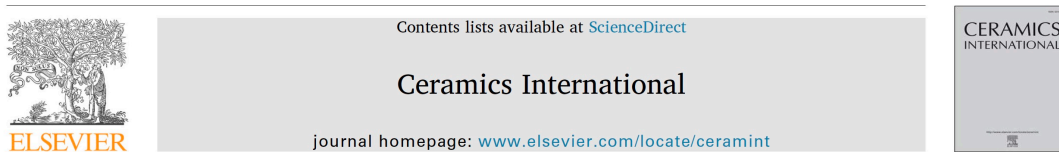
Keywords:
Geopolymer
Grain boundaries
Microstructure

ABSTRACT

The make-up of the sandstone megalithic blocks, weighing between 130 and 180 tonnes each, from Pumapunku -Tiwanaku, Bolivia, was compared with three geological sandstone sites from the area. The SEM/EDS, XRD and thin section results suggest that the sandstone megalithic blocks consist of sandstone grains from the Kallamarka geological site, cemented with an amorphous ferro-sialate geopolymer matrix formed by human intervention, by the addition of extra alkaline salt (natron) from the Laguna Cachi in the Altiplano, Bolivia.

© 2018 Elsevier B.V. All rights reserved.

Ceramics International, on line January 4, 2019: **andesita gris artificial**



Please cite this article as: Davidovits, J., *Ceramics International*, <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.01.024>

Ancient organo-mineral geopolymer in South-American Monuments:
Organic matter in andesite stone. SEM and petrographic evidence

Joseph Davidovits^{a,*}, Luis Huaman^b, Ralph Davidovits^c

^a Geopolymer Institute, 02100 Saint-Quentin, France

^b Escuela Profesional de Geología, U.N.S.A., and CITEM, U.C.S.P., Arequipa, Peru

^c MAG (Matériaux avancés en géopolymères), LTI, Université de Picardie Jules Verne, 02100 Saint-Quentin, France

ARTICLE INFO

Keywords:
Geopolymer
Carbon
Precursors: organic
Structural applications

ABSTRACT

A recent study has shown the presence of artificial construction materials in pre-Columbian monuments at Pumapunku-Tiwanaku, Bolivia. In addition to ancient geopolymer sandstone-concrete megalithic slabs, the Pumapunku site contains puzzling “H” structures made of andesitic volcanic stone. The SEM study of this gray andesite shows the presence of organic matter: carbon, nitrogen, and minerals: Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca. Organic matter is very unusual, if not impossible in a solid volcanic stone and suggests ceramic-like man-made stone. Our research demonstrates that these architectural components manufactured 1400 years ago (ca. CE 600) were fashioned with a type of organo-mineral precursor.

Ceramics International 45 (2019) 7385–7389.



Como citar este artículo:

J. Davidovits, L. Huaman, R. Davidovits, et al., (2019), Geopolímeros Antiguos en Monumentos Sudamericanos Construido 600 d.C. *Archaeological Paper #K-esp, Tiwanaku, Geopolymer Institute Library, www.geopolymer.org*

El video de la conferencia

**“Los Megalitos de Tiwanaku / Pumapunku son Geopolímeros Artificiales”
está disponible en Geopolymer Institute:**

<https://www.geopolymer.org/archaeology/tiahuanaco-monuments-tiwanaku-pumapunku-bolivia/>

en Youtube:

<https://youtu.be/ULpenmcHORA>

Geopolímeros Antiguos en Monumentos Sudamericanos Construido 600 d.C.

Primeros resultados para Tiwanaku / Pumapunku, Bolivia.

Prof. Joseph Davidovits

Programa cooperativo de investigación entre el
Institut Geopolymère (Geopolymer Institute), Saint-Quentin, Francia
y la Universidad Católica San Pablo en Arequipa, Perú.

Aquí tienen un mapa del Altiplano con Cusco, el Lago Titicaca y Tiahuanaco, Puma Punku. Estamos a 3850 metros sobre el nivel del mar. En Tiwanaku se encuentra la famosa Puerta del Sol. No trataré de ella. Voy a detenerme en el templo de Pumapunku, que está cerca, y está constituido de un grupo de bloques megalíticos, el más grande en el continente americano. La aparición de la civilización en los Andes es muy temprana. Tiahuanaco se origina desde el año 300 y se prolonga hasta el año 1000 d.C., pero los monumentos fueron construidos entre 600 y 700, y usados hasta el año 900. Tenemos los Nazcas, los Waríes en Cusco, y luego, 500 años después, llegaron los Incas.

Construido en 600 d.C., hace 1400 años, destruida en 900 d.C., o sea 500 años antes del imperio inca. La Puerta del Sol esta elaborada con andesita volcánica y el templo de Pumapunku con una roca arenisca roja, una roca sedimentaria. Si se mira desde arriba por Google Earth, se ve el pueblo de Tiahuanaco, ésta es la pronunciación en español, y tenemos a la derecha la localización de Tiwanaku, y a la izquierda,

cruzando la carretera, la localización de Pumapunku. Mirando a Pumapunku desde arriba, aparecen los megalitos de arenisca, número 1, número 2, número 3 y número 4. Ellos son 1, 2, 3, 4. Esto es lo que se descubre al penetrar en el sitio. No se ven edificios, todo está derribado, y los monumentos son los restos de las rocas yaciendo en el suelo. Desde arriba, vemos los grandes megalitos y descubrimos, gracias a nuestro estudio, que tenemos en este mismo sitio, la presencia de dos métodos geopolímericos: geopolímeros en medio alcalino para los megalitos de arenisca roja y geopolímeros en medio ácido para las estructuras de andesita.



1. Pumapunku, los megalitos de arenisca roja (0:03:50).

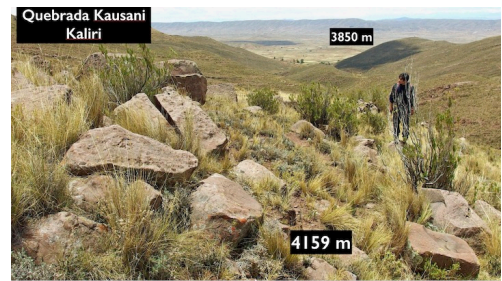
Tenemos las cuatro bloques grandes, número 1, número 2, número 3, número 4. La número 1 pesa 130 toneladas. Es un monstruo. La número 2, 180 toneladas. Casi alcanzan los 7 u 8 metros de ancho. El bloque número 3 está roto y una parte ha desaparecido. El bloque número 4 también está roto y ha pesado 150 toneladas. Los bloques fueron quebrados muy poco tiempo después de su construcción por un terremoto y se repararon con una especie de grapa hecha con metal, que suponemos era cobre. Allí se extraía el cobre o el bronce. Así era el lugar. Esto es una reconstrucción tentativa. Pueden ver en rojo los 4 megalitos de arenisca. Este es un templo muy pequeño en una amplia terraza de 4 niveles, y tenemos, en este pequeño templo, las plataformas número 1, número 2, número 3 y número 4.

1.1 Procedencia geológica de estos gigantescos bloques de arenisca (0:05:18).

En 1970, el gobierno boliviano inició un estudio científico para determinar la procedencia geológica de estos gigantescos bloques de arenisca. Tenemos el informe, redactado en español, titulado: "Procedencia de las areniscas utilizadas en el templo precolombino de Pumapunku". Ellos habían

seleccionado 6 diferentes localizaciones para la arenisca que distan de Tiahuanaco, entre 8 kilómetros y 11 kilómetros. Seleccionaron un lugar y declararon "esto es el lugar de donde llegan las rocas". El sitio número 1 y el número 2 están cerca, y también podrían ser escogidos. En 2017, usamos este dato para comenzar nuestra investigación y agregamos un tercer sitio, el número 3, Kallamarca. ¿Por qué? Porque hay registros arqueológicos en Kallamarca, en el pueblo de Kallamarca, que indican que el pueblo se mantenía activo en aquel momento, en tiempo de la construcción. Pues en mi opinión, estaba claro que las actividades humanas y un muy bien definido pueblo, se relacionaban con la extracción de rocas. Esto es lo que vemos desde Google Earth. Tenemos a Pumapunku a la izquierda, al nivel del Altiplano a 3820 metros, y luego, al sur, las diversas colinas y montañas donde se encuentran las fuentes de arenisca. Número 1, Quebrada Kausani, número 2, Cerro Amarillani, y número 3, Kallamarca.

1.1. Quebrada Kausani (0:07:33). Tuvimos que subir 300 metros hasta la meseta detrás del árbol. Así era en 1970. Así es ahora en 2017, tuvimos que subir a lo alto detrás del árbol para llegar al sitio seleccionado por los arqueólogos bolivianos. Aquí tienen el rastreo por GPS de nuestro ascenso hasta el sitio. Comenzamos a partir de 3850 metros y alcanzamos los 4159 metros. Así que subimos por la Quebrada Kausani, y la arqueología oficial sostiene, que usaron el empinado camino de llamas para arrastrar sus 150 toneladas de megalitos hacia el valle. Difícil de creer. Cuando se llega a la meseta se ven bloques de arenisca de forma cuadrangular. Así se comprende la razón por la cual fue elegido como sitio por estudio científico en 1970, pero no se encuentra ningún bloque masivo. Son bloques pequeños. Los arqueólogos estadounidenses afirman que estos son los restos de la actividad humana de extracción. Los arqueólogos bolivianos dicen que no. No es esto. En 1970, y esto es lo que tenemos hoy en 2017, escribieron: "proceso típico de desintegración por meteorización mecánica (...) no había verdaderas canteras de arenisca utilizadas por los tiwanacotas, tales como las minas a cielo abierto, de extracción o de galerías, pero en su lugar hubieron bloques separados por diáclasmamiento". Esto es un fenómeno geológico natural. En consecuencia ocurre que ciertos bloques resulten cuadrangulares, sin más significación. Entonces, el segundo sitio, **Cerro Amarillani**, más fácil de alcanzar con carro por la carretera. La formación geológica es similar. Tenemos bloques.



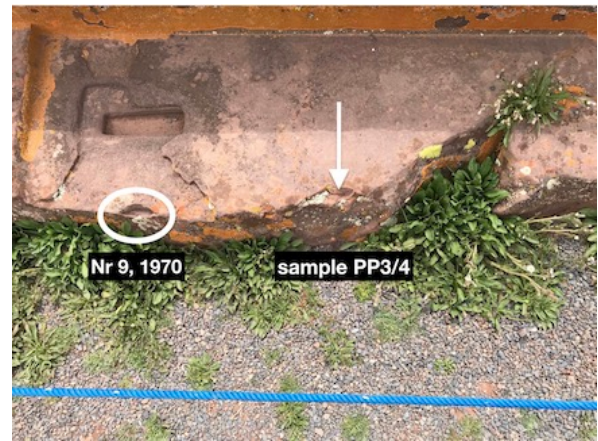
1.2. Kallamarca: arenisca meteorizada (0:10:11). El tercer sitio, es totalmente distinto. Comienza en el pueblo de Kallamarca y desemboca en el sitio que consideramos la verdadera fuente. Callamarca, en la ortografía en español, y Kallamarca con "k" es una ortografía en el idioma local. Así que esto es la carretera que lleva al pueblo de Kallamarca, y aquí está la entrada de este pueblo. Es algo particular para este pueblo. Eso no se ve en otra parte y da que pensar que el pueblo tuvo más importancia en el pasado. Al llegar se descubre que todo está increíblemente limpio; el pavimento de ladrillos, y es lo mismo para el resto. Este pueblo conoció algo, una actividad particular. Luego continuamos nuestro viaje. Salimos de la aldea y seguimos subiendo por el camino de tierra, y llegaremos al sitio que ha sido seleccionado por nuestro geólogo. Hay bloques intemperizados, pero lo más interesante es que tenemos una característica particular que es una capa de arcilla caolinítica de arenisca meteorizada, buena para la reacción de geopolímeros, entre los bloques cuadrangulares.

Y nuestro geólogo hizo esta experimentación. "Como se puede ver, se puede tomar una herramienta muy simple, descomponerlos, y pueden ver, esto podría ser un buen material para (...) y no puedes romper el que es duro. El duro, no tiene el mismo sonido. Este otro proviene de ahí. Y ahora sí que es muy fácil. Pueden ver lo que encontramos aquí. Incluso se descompone con las manos. Es muy fácil".



1.3 Muestra del monumento (0:12:54).

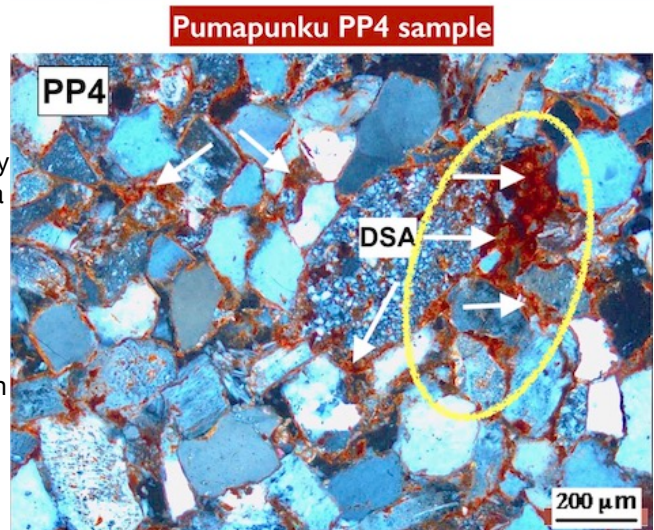
Entonces, podríamos comenzar nuestra investigación. Hemos tomado una muestra del monumento, de la plataforma número 2. Aquí donde está la flecha. Se toma de un lugar antiguo y fracturado en la década de 1970, en el borde de la losa. Esta muy cerca del lugar donde los arqueólogos bolivianos seleccionaron y estudiaron varios fragmentos en la década de 1970. Consulte la muestra que esta etiquetada Nr. 9 (círculo). Entonces, podemos comparar nuestra investigation con lo que ellos habían estudiado.



1.2 Investigaciones científicas: secciones delgadas, microscopio óptico. Radiografía de difracción X, SEM/EDS, microscopio electrónico de barrido (0:13:25).

1.2.1 Microscopio óptico: una cantidad muy importante de aglutinante (0:13:39).

Empezamos con una sección delgada. Vamos a comparar el tamaño de los granos de la arenisca. La arenisca está hecha de cuarzo, de feldspatos y de una parte muy diminuta de arcilla. Para la primera fuente en Quebrada Kausani, que se encuentra a 4100 metros de altura, Amarillani, el segundo, de muy fácil acceso, la tercera, Kallamarka y nuestra muestra del monumento. Comparamos la dimensión de los cristales del cuarzo y los feldspatos. Es obvio que en la primera, Kausani, es demasiado fino. No corresponde con la muestra del monumento. La segunda, Amarillani, es demasiado grande. Los granos son demasiado grandes. Tampoco encaja con la muestra del monumento. Kallamarka parece coincidir y debería ser la fuente del material.



Y si miramos con precisión la muestra Pumapunku del monumento (luz polarizante), entonces tenemos los diversos agregados y el "DSA" que significa "agregado de arenisca desagregada". Es un agregado natural de arenisca que debe ser recubierto con un revestimiento muy delgado como los otros, pero es una matriz muy espesa y fluida, lo que no es habitual para una arenisca, lo que respalda la idea de una arenisca geopolimérica artificial. Presenta una cantidad muy importante de aglutinante.

1.2.2. Analítica química: el doble de sodio (0:15:45).

Tenemos las composiciones químicas de la roca geológica y de las rocas monumentales con el EDS. Así tenemos, para Kausani, Amarillani, Kallamarka y Pumapunku, sodio, magnesio, aluminio, silicio, potasio, hierro. Podemos decir que prácticamente todos los ingredientes (magnesio, aluminio, silicio, potasio, hierro), aparecen en las mismas proporciones. Por lo tanto, nuestra muestra pertenece al mismo evento geológico. Así es como los geólogos lo explican. Sin embargo, si comparamos el contenido de sodio, vemos que para el monumento, tenemos el doble de sodio. Lo que constituye tres o cuatro veces el contenido de la muestra de Amarillani, y prácticamente dos veces el de Kausani. Entonces, si aceptamos la idea de que Kallamarka fue la fuente del material para hacer esta roca megalítica, tenemos que buscar el sodio procedente de otro lugar y que ha sido agregado, y buscar los elementos químicos.

Chemical composition (EDS)

| SEM/EDS at.% | Kausani KAU | Amarillani AMA | Kalla Marka MAR | Pumapunku PP4-global |
|--------------|-------------|----------------|-----------------|----------------------|
| Na | 6.67 | 1.56 | 5.10 | 9.95 |
| Mg | 2.70 | 2.08 | 1.43 | 1.93 |
| Al | 17.18 | 13.38 | 18.48 | 16.21 |
| Si | 66.05 | 70.09 | 58.33 | 63.66 |
| K | 2.67 | 3.78 | 3.51 | 3.70 |
| Fe | 4.73 | 6.89 | 4.32 | 4.44 |

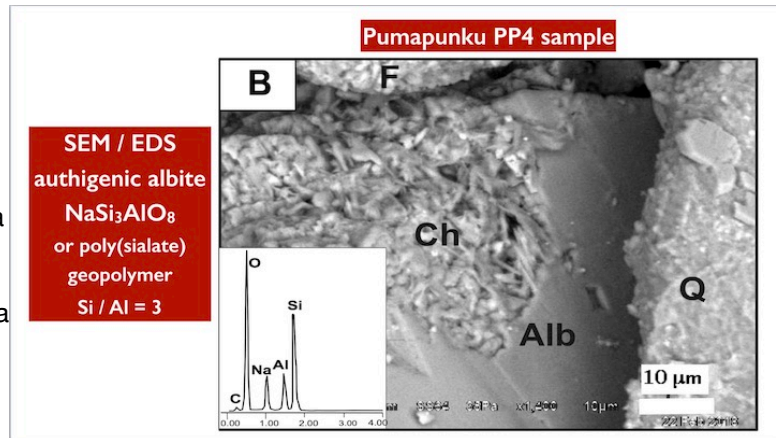
1.2.3 ¿Podemos encontrar los elementos químicos?

Laguna Cachi (0:17:15). ¿Dónde explotaron los elementos químicos para los megalitos de arenisca roja? Deberíamos tener un geopolímero de polisialato de sodio en medio alcalino. Entonces tenemos que buscar natrón; carbonato de sodio. El carbonato de sodio era y sigue siendo hoy extraído del lago llamado Laguna Cachi; un lago pequeño que se encuentra al sur del gran Salar de Uyuni, en el Altiplano. Caravanas iban y venían, casi a diario, desde Tiwanaku hacia el sur. Esta civilización es famosa por sus caravanas de llamas que lo llevaban todo. La caravanas iban de Tiwanaku a San Pedro de Atacama. Estamos a 3800 metros de altura y San Pedro De Atacama está a 750 kilómetros de Tiwanaku. Tenemos huellas archeológicas que muestran que había tránsito de caravanas de llamas. El camino llega a la Laguna Cachi, que está cerca, al sur de Salar Uyuni. Esta es la Laguna Cachi vista desde arriba y la Laguna Cachi desde la vista del suelo. El camino de la caravana de llamas pasa por Laguna Cachi y la carretera moderna también la atraviesa.

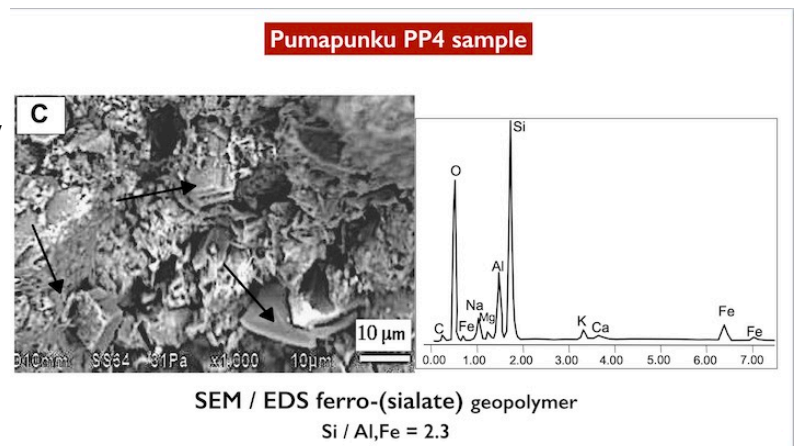


1.2.4 Microscopio electrónico SEM: auto-cristalización de albita y ferro-sialato geopolímero (0:19:12).

Así que hemos utilizado un microscopio electrónico de barrido SEM. Tenemos debajo del grano de feldespato, "F", los granos de cuarzo, "Q". Encontramos 'Alb' para albita, el chlorita. Pero lo que encontramos es una albita muy especial, llamada por los geólogos "albita autigénica". Algo que se forma después de la consolidación de la arenisca. Imaginen la arenisca; la arena se deposita en el fondo del océano y comienza a endurecerse por la compresión, y así sucesivamente. Después de 1 o 2 millones de años, el agua algo alcalina se infiltra en la arenisca. Y, debido a las inclusiones de la pequeña cantidad de álcali de sodio, se obtiene la formación, una cristalización, de albita que es un silicoaluminato de sodio con Si/Al=3. Existe geológicamente. Por lo general, suelen ser cristales grandes. Aquí tenemos una capa uniforme muy delgada. Podría ser el resultado de la cristalización de un geopolímero de polisialato, Si/Al=3. Tenemos una concentración más alta del ingrediente y la cristalización, la formación de esta albita autigénica podría haber ocurrido durante los 1400 años de enterramiento arqueológico. Eso es evidente. El problema es que, hasta ahora, no podemos marcar la diferencia entre la albita geológica o la albita de geopolímero. Esto es por EDS, Si, Al, Na, es la relación Si/Al=3, pura, el resultado de una auto-cristalización.



Si miramos en otra parte bajo el microscopio electrónico, descubrimos otras estructuras extrañas que también son autigénicas. Son estructuras que se han cristalizado durante mucho tiempo, y para nosotros durante el tiempo después de su construcción. Bajo el espectro EDS, obtenemos una gran cantidad de sílice, aluminio, sodio y hierro. A la derecha, una gran cantidad de hierro. Para nosotros es un geopolímero de ferro-sialato. El hierro toma el lugar del aluminio y tenemos una relación Si/Al,Fe=2.3.



1.3 Primera conclusión: concreto geopolimérico de 1400 años de edad (0:22:20).

La sección delgada de una muestra tomada en las losas de arenisca roja de Pumapunku presenta límites de granos hechos de espesa matriz fluida de ferro-sialato rojo. Hasta donde sabemos, esta característica es muy poco común en la arenisca geológicamente formada. Es un "unicum" y es compatible con la idea de arenisca artificial con concreto geopolimérico. Recuerden que son enormes megalitos. No pueden ser transportados. Pues para nosotros es evidente que es un tipo de concreto geopolimero.

Los análisis complementarios SEM/EDS para sodio, magnesio, aluminio, silicio, potasio, calcio, hierro y XRD sugiere que el sitio de Kallamarka es la fuente de los bloques megalíticos de Pumapunku. Para hacer su concreto geopolimérico de arenisca, los constructores pueden haber transportado arenisca caolínica finamente erosionadas, desde el sitio Kallamarka. Agregaron elementos forasteros exógenos, como el natrón extraído de la Laguna Cachi, un pequeño lago ubicado al sur del gran Salar De Uyuni, en el Altiplano. Los bloques megalíticos de entre 130 y 180 toneladas hechas de un geopolimero antiguo fueron moldeadas hace 1400 años. Tenemos bloques, bloques de concreto. Tenemos bloques de concreto, y no pequeñas rocas cuadrangulares que hombres hubieran arrastrado hacia abajo. Esto es imposible de arrastrar pero posible de fabricar. El resultado de este estudio se encuentra en revisión de publicación en *Materials Letters* "Geopolímeros antiguos en Monumentos sudamericano. XRD, SEM y prueba petrográfica". Estos son los autores, y esperamos que se publique muy pronto. Así que tenemos a Pumapunku, las terrazas de arenisca de 1400 años de edad.

2. Pumapunku: las estructuras volcánicas de andesita gris (0:25:11)

Ahora, vamos a encontrar un geopolimero en medio ácido para las estructuras volcánicas de andesita gris. El medio ácido obtenido por la reacción con ácidos carboxílicos y el geopolimero de andesita a base de fosfato.

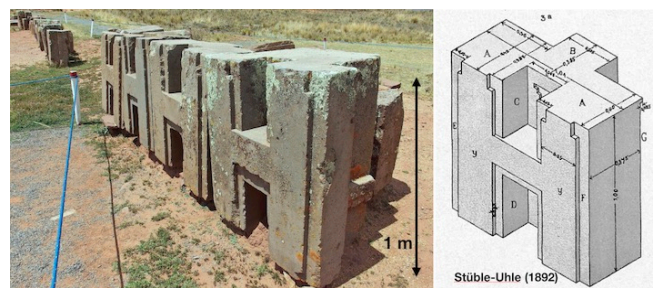
2.1 Características desconcertantes (0:25:42)

Esta parte del templo Pumapunku fue construida 100 años más tarde. Estos son los elementos estructurales que han sido añadidos. En mi opinión se parecen más a esculturas que podrían haber sido añadidas por otro grupo. Están hechos de rocas volcánicas de andesita y tienen unas características desconcertantes; 1 metro de altura, cortes en relieve muy precisos. ¿Cómo estos cortes tan perfectos pudieron ser realizados con una sencilla herramienta de piedra?



2.1.1 Corte perfecto de 90° muy liso (0:26:30). Esto habla por sí mismo. ¿Cómo se puede ejecutar sin herramienta? Por supuesto, tenían martillos.

Tenían herramientas de piedra. ¡Háganlo ustedes! Otra característica aún más extravagante: esta piedra contiene 20 agujeros perforados con precisión, de 30 centímetros de profundidad dentro de esta roca dura. Los mismos expertos en arqueomanía que afirman que esto fue hecho por una civilización antigua de 30000 o 60000 años ni siquiera tienen la herramienta para replicarlo. Recuerden que la dureza de Mohs es de 6 a 7, como el cuarzo, y no tienen herramientas.



H structures, 1 meter high andesite stone, Mohs hardness ca. 6-7 (7=quartz), density $d=2.58$ kg/l.

2.1.2 arqueólogo dice que no sabemos (0:27:49).

Entonces, les leo una descripción de un experto. El experto es Jean-Pierre Protzen de la Universidad de California en Berkeley y estudió la arquitectura cuzqueña. Y aquí, él escribe quién enseñó las técnicas de albañería a los Incas que trabajaron 500 años después. "Una comparación entre Tiwanaku con las técnicas Incas de talla de piedra". Publicado en 1997, en *Journal of Society of Architectural Historians*. (Who taught the Inca Stonemasons Their Skills? A Comparison of Tiahuanaco and Inca Cutting

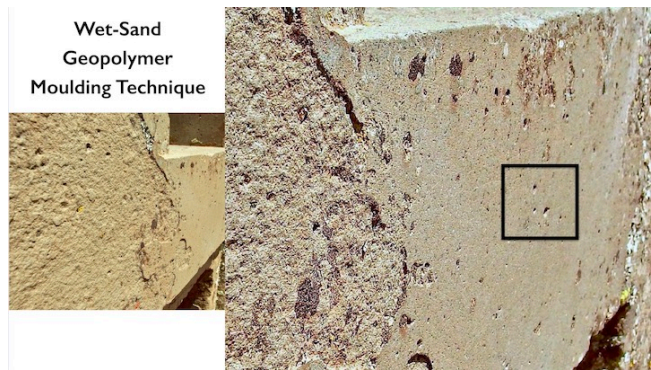
Stone Masonry. by Jean-Pierre Protzen and Stella Nair, *Journal of the Society of Architectural Historians*, Vol. 56, No. 2, Jun., 1997, pp. 146-167). Leo: "para obtener los acabados lisos, las caras perfectamente planas, y los exactos ángulos rectos entrantes y salientes de rocas finamente labradas, se valieron de técnicas que los Incas desconocían y que nosotros, por el momento, desconocemos". Entonces, tenemos aquí un arqueólogo que dice que no sabemos.

Es la primera vez que me encuentro con un arqueólogo que dice : "No sé". "Los precisos y nítidos 90° ángulos rectos entrantes observados en varios motivos decorativos probablemente no fueron hechos a martillo de piedra. No importa la precisión de la punta del martillo porque nunca podrá producir ángulos entrantes tan rectos como los vistos en la roca de Tiwanaku / Pumapunku. En la mampostería Inca, todos los ángulos entrantes presentan tallas redondeadas, típicas de la técnica del martilleo. Las herramientas de construcción de los tiahuanacos, con quizás la posible excepción de los martillos, permanecen esencialmente desconocidas y aún por descubrir". Recuerden que se trata de un experto.

2.1.3 La técnica geopolímera (0:30:00). Para nosotros, del mundo geopolímero, es evidente que resulta de la técnica geopolímera de moldeado de arena húmeda. Aquí tenemos todas las características de un artefacto que se obtuvo machacando arena húmeda en un molde. Así se obtiene una superficie muy, muy precisa, muy limpia, muy plana y en la superficie, se ven burbujas pequeñas, burbujas de aire semi esféricas que se sitúan contra el molde. Está claro, no hay problema.

¿Dónde están las fuentes de esta roca volcánica de andesita? Para arenisca, para los megalitos, nos hemos apoyado en un estudio petrográfico llevado a cabo en la década de los años 1970, pero no tenemos nada equivalente para la piedra volcánica.

¿Por qué? Tienen aquí el mapa, Tiwanaku y, debajo de varios sitios que estudiamos, las fuentes de arenisca. Según los viajeros, la fuente de los monumentos debería ser el volcán Cerra Khapia. Pero, está ubicado en Perú, más allá de la frontera y, en aquella época, en 1970, los arqueólogos bolivianos no pudieron, no fueron autorizados a cruzar la frontera. Entonces no hicieron análisis petrográfico de la roca geológica y a los peruanos no les importó. Entonces, no hay.



2.2 Investigaciones científicas: secciones delgadas, microscopio óptico, SEM/EDS, microscopio electrónico de barrido (0:32:08).

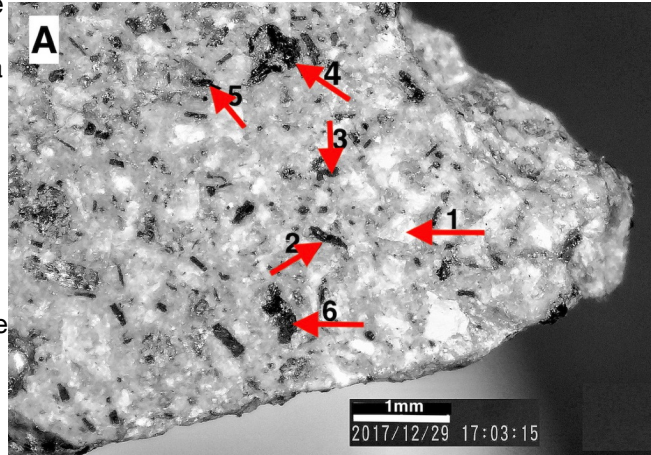


Las muestras PP1 A y B

Comenzamos nuestra investigación científica con lo que teníamos. Hicimos secciones delgadas, trabajamos esencialmente con un microscopio electrónico de barrido, y conseguimos obtener buenas muestras. Porque en el sitio, yacen muchos escombros que no forman parte de los monumentos y, al elegir cuidadosamente esos restos (de hecho son piezas de piedras monumentales con una superficie característica muy plana), fuimos capaces de tener nuestras muestras. La muestra PP1. Tomamos la muestra PP2, y aquí es donde hemos tomado nuestra muestra PP5 en la superficie del bloque recostado. Las más importantes son las muestras PP1 A y B. Rompimos algunas pedazos para el análisis SEM. Observen la superficie perfecta de la muestra.

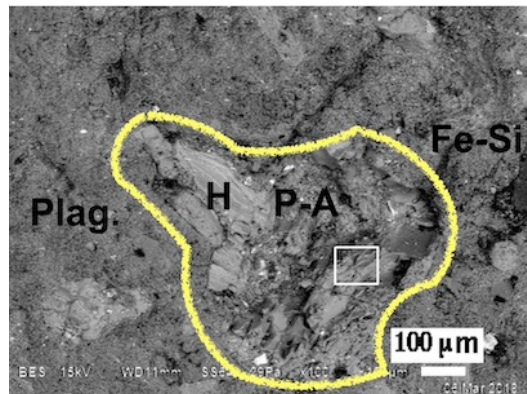
2.2.1 Esto es lo que se ve con el microscopio óptico (0:33:15).

Cuando lo examiné por primera vez en el microscopio óptico, me quedé atónito. Nadie había observado con un microscopio óptico la superficie de estos artefactos únicos. ¡Era extraño! Afirman que fue fabricado por extraterrestres, entre otras cosas. No hay marcas de herramientas, nada. Pero no se tomaron el tiempo de examinar las bajo el microscopio óptico. Lo que tienen aquí, en blanco son los cristales de plagioclasa y, en el medio, hay agujeros, agujeros, agujeros, de diferentes colores. Es una superficie que es muy plana, uniforme, nivelada, pero llena de agujeros. Esto es PP5, tenemos la plagioclasa blanca y, entre los cristales, agujeros de 0.2 a 0.5 mm de profundidad con bordes visibles. Y dentro, vemos cristales de algún material. Si miramos en la sección transversal, se ven en la superficie agujeros de hasta 0.5 milímetros de profundidad. Pero en otra sección transversal, aparecen dentro. Se trata de algo típico de estos artefactos. Observamos ahora la sección delgada, hermosa bajo la luz polarizada, aún más que la arenisca. Verán ustedes en blanco los minúsculos cristales de feldespato plagioclasa. Luego grandes cristales minerales de Anfíbol. Piroxeno. Y tenemos muchos puntos negros. Son sustancias amorfas. En el microscopio electrónico, en una escala de 5 micras, la imagen de la muestra PP1, solo muestra los pequeños cristales. Si hacemos el análisis EDS, encontramos que es feldespato, plagioclasa. Ahora continuamos nuestra investigación. Más interesante que observar la superficie es mirar dentro de los agujeros. ¿Qué hay dentro? tenemos nuestros puntos 1, 2, 3, 4, 5 y luego 6, 7. Me voy a enfocar en el punto número 4. Enfoque en el punto número 4 e incremento del aumento.



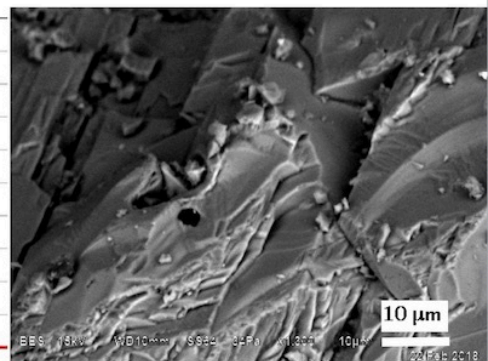
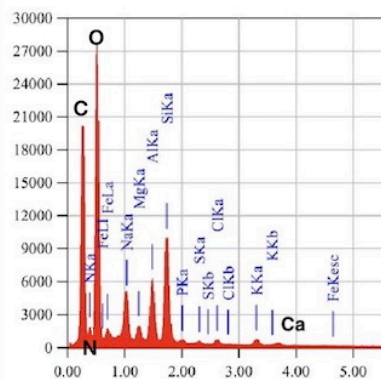
2.2.2 Microscopio electrónico SEM: una materia orgánica en una roca volcánica (0:36:28).

Entonces tenemos en negro el agujero rodeado de cristales de feldespato, en realidad, está hecho de varios minerales diferentes. Si comparamos esta imagen del microscopio con la imagen SEM, tenemos exactamente lo mismo. Entonces, verán a la izquierda la plagioclasa, es el cuerpo blanco. "H" para hornblenda; un cristal. "P-A" para piroxeno-augita. "Fe-Si" es para ferro silicato y en medio de eso, tenemos algo que no corresponde con ningún mineral clasificado desde el microscopio óptico.



Vamos a enfocarnos en eso y tener una gran sorpresa. De hecho damos con un elemento totalmente amorfo que se parece a caucho, goma, a cualquier cosa. Realizamos EDS. Tenemos una gran cantidad de carbono. Nitrógeno, no podemos medir el nitrógeno cuantitativamente. Pero cualitativamente, podemos ver que hay nitrógeno. Entonces podría ser una materia orgánica de amonio. Así que tenemos una materia orgánica en una roca volcánica, lo que va en contra de la naturaleza. Entonces, fue hecho por el hombre.

Organic matter (binder ?) in a volcanic rock Point 4



Se podría objetar que, siendo un punto de la superficie, lo que medimos, es el resultado de la contaminación superficial. Luego, para hacer frente a este argumento, fuimos adentro. Entonces, ustedes pueden ver el portaobjeto que recibe la muestra. Y entramos y escogimos varios puntos. Punto número 1. El feldespatos rodea el sistema negro. Tenemos, encima de la superficie negra un elemento cristalino. Hemos analizado "A" y "C". Es plagioclasa. Hemos analizado el número "B" que está debajo. Es orgánico. Entonces, tenemos feldespatos plagioclasa en la parte superior de una materia orgánica. Esto está dentro de la piedra. Otro punto. Tenemos una superficie muy lisa que podría ser la superficie de un aglutinante. Y tenemos la mancha oscura. Nos enfocamos en la mancha oscura. Orgánico, nitrógeno y carbono. Punto número 3. Tenemos el mismo nitrógeno y carbono y otros elementos.

2.3 ¿Cuál es la química empleada? ácidos carboxílicos (0:40:14).

Todos estarán de acuerdo con el hecho de que esta materia orgánica sugiere la presencia de una roca artificial. ¿Cuál es la química empleada? No es geopolímero basado en polisialato como para los megalitos de arenisca roja. El medio no es alcalino. Si no es un medio alcalino, ¿será entonces un medio ácido?. Sí, es un medio ácido si nos referimos a las antiguas leyendas que la arqueología no toma en cuenta: "(.) una substancia de origen vegetal capaz de ablandar las piedras".... Eso es lo que cuentan los indígenas suramericanos.

2.3.1 Una sustancia de origen vegetal capaz de ablandar las piedras (0:41:13).

"¡Ablandar piedras! ¡Una locura!". Hace 40 años, conocí a un antropólogo peruano y decidimos hacer nuestra primera presentación en una conferencia de arqueometría en Nueva York (luego hicimos una segunda en 1982), titulada: "*Fabricación de Objetos de Piedra por Síntesis Geopolimérica en la civilización preincaica de Huanka en Perú*". Ahora se admite que la civilización Tihuanaco procede de la civilización Huanka preincaica que fue revelada por una extraordinaria habilidad para fabricar objetos en piedras. Un descubrimiento etnológico reciente muestra que algunos hechiceros de la tradición Huanka no usan herramientas para hacer sus pequeños objetos de piedra, pero todavía use una disolución química del material de piedra por extractos de plantas, ácidos carboxílicos. Un año después, hice un estudio científico con el laboratorio de farmacognosia en Grenoble: "La Desagregación de Materiales de Piedra con Ácidos Orgánicos de Extractos de Plantas, una Técnica Antigua y Universal." Entonces, estudiamos: ¿Qué tipo de ácidos obtenemos de las plantas? Y la conclusión fue que los agricultores precolombinos eran bastante capaces de producir grandes cantidades de ácido de plantas comunes en su región como: frutas, papas, maíz, ruibarbo, rumex, agave Americana (este es el cactus), ficus indica, oxalis pubescens. Sabemos que hay más ahora.

Entonces tendremos ácidos carboxílicos,

- ácido acético,
- ácido oxálico,
- ácido cítrico.

Esto funciona perfectamente con la piedra caliza. La caliza se desagrega con este ácido orgánico. ¡No hay problema! Muy fácil de probar. Cualquier roca que contenga caliza será desagregada pero no andesita volcánica. No funciona. Si es la química utilizada, es solo para fabricar un aglutinante que aglomere el material de roca no consolidado. Entonces, hay una clara diferencia entre piedra caliza y volcánica .

2.3.2 ¿Tenemos pistas arqueológicas que sugieren que esta idea no es una locura? (0:44:10)

Pruebas arqueológicas relativas al cultivo extensivo de maíz para una posible fabricación de vinagre (ácido acético)? Otro experto, especialista de la región, es estadounidense (los expertos son todos arqueólogos estadounidenses, cada uno está especializado en un tema), Paul Goldstein, Departamento de Antropología, Universidad de California. "De los comedores de estofados a los bebedores de maíz, la economía de la Chicha y Tiwanaku". **La Chicha** es una bebida local muy famosa. A veces contiene más o menos alcohol, pero se produce esencialmente a partir del maíz. Entonces, es una bebida de alcohol que puede usarse para sus actividades ceremoniales. Valle de Moquegua, sur de Perú. Se encuentra entre el Océano Pacífico y el sitio de Tiwanaku. "(...) Las colecciones de cerámica cambiaron por



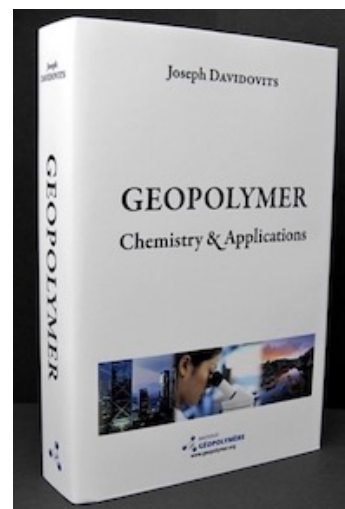
completo con la llegada y el asentamiento colonial de Tiwanaku después del año 600 dC, es decir cuando empezaron a construir los monumentos, y a establecer grandes enclaves en lugares del valle antes inhabitados". Entonces la gente de las alturas hizo enclaves en el valle, en lugares muy precisos.

2.3.3 "La economía de Chicha y Tiwanaku (0:45:59). (...) Cada comunidad también incluía al menos un complejo casero con numerosas tinajas de almacenamiento puestas en el piso, en las que fermentaba la chicha. (...) en asociación con grandes piedras que eran morteros, llamados Manos, y una profusión de azadas de piedra". Prosigue. "Esta prueba sugiere que el maíz fue almacenado y transformado más allá de las demandas del hogar, y se exportó en intercambios comerciales hacia las alturas de Tiwanaku. (...) Sin embargo, aún no está claro si esta producción excedentaria de maíz indica un sistema tributario del Estado central. (...) Un hogar, por ejemplo, tenía una capacidad de producción de 513 litros estimada suficiente para 171 personas". Para mí, es una industria. "El hecho de que hogares comunes en los Estados andinos (...) eran capaces de producir chicha en cantidades muy superiores a las necesidades del hogar podría explicar tres de los más aspectos desconcertantes del fenómeno Tiwanaku". Pero los autores no piensan con nuestro sistema, sino en la forma tradicional de usar Chicha. Para nosotros, esta producción excesiva no era para bebidas sino para la fabricación de rocas (fabricación de vinagre (ácido acético).

2.3.4 Podíamos desagregar, pero no podíamos endurecer (0:47:43). Así que varias personas trataron de descubrir el secreto de esta fabricación de rocas. Por ejemplo, se puede leer en Internet cosas que fueron publicadas en los años 1980. "Durante 14 años (es decir, antes de 1980), el padre Lira estudió la leyenda de los Andes antiguos y finalmente logró identificar el arbusto Jotcha como la planta que, después de ser mezclada y tratada con otras vegetales y sustancias, era capaz de convertir la piedra en barro. Los antiguos indios dominaban la técnica de la masificación", dice el padre Lira en uno de sus artículos (esto es la traducción en inglés de un artículo escrito en español), "ablandando las rocas que reducían a una masa blanda que podrían moldear con facilidad". El sacerdote realizó varios experimentos con el arbusto Jotcha y logro que una roca sólida se ablandara casi hasta ser líquida." No dice que se trataba de piedra caliza, pero tenía que ser caliza. "Sin embargo, no pudo endurecerla nuevamente". Así que no pudo endurecerlo de nuevo. "Así que consideró su experimento como un fracaso".

Esta fue la razón por la cual, hace 40 años, también nosotros nos detuvimos. Podíamos desagregar, pero no podíamos volver a aglomerar y endurecer otra vez. Tuve que esperar para obtener el conocimiento adecuado. Este conocimiento solo lo empezamos a tener hace 1 o 2 años. Objetivo de investigación: hemos desagregado, hemos de encontrar el endurecedor.

¿Cómo reconstituir? Las bases químicas se desarrollan en mi libro. capítulo 13: geopolímeros basados en fosfato, capítulo 14: geopolímeros orgánicos y minerales.



2.4 Objetivo de investigación: encontrar el endurecedor. ¿ (0:50:08)

Dónde podemos encontrar, allí, en la zona, los productos químicos que generarán esta reacción?. Para la piedra arenisca hemos encontrado el natrón para los grandes megalitos. Para la piedra de andesita volcánica, tenemos un aglutinante orgánico, en medio ácido, y estamos buscando para el endurecedor.

2.4.1 El guano (0:50:55) Llegué a esta idea loca porque, porque... debido a toda la información que no tengo tiempo de revelar aquí,... que debería ser el Guano que ha sido extraído de Ilo en el océano Pacífico. El Guano que se encuentra, que se usa comúnmente como fertilizante, y que era transportado por caravanas de llamas al altiplano. El Guano es un excelente fertilizante pero no es la razón por la que ellos lo transportaron a las tierras altas. La civilización Tiwanaku fue creada antes de que explotaran el guano. En Tiwanaku, habían desarrollado una agricultura muy especial. No necesitaban este tipo de fertilizante. Tenían su propio fertilizante allá arriba. Entonces, decir que el guano hubiera sido enviado al altiplano porque lo necesitaban como fertilizante para la agricultura, no tiene sentido. Esta civilización se desarrolló por sí misma.

Encontrar el endurecedor. Esto es el análisis que se llevó a cabo 150 años atrás en especímenes de guano peruano. Así que encontramos el ácido úrico, oxalato de amoníaco, muriato (esto es cloro, cloruro

de calcio), materia orgánica, fosfato de cal, fosfato de calcio, con algo de fosfato de magnesio, calcio oxalatos, oxalato de cal y agua. Y si agregamos algo del ácido carboxílico que hemos fabricado ya sea con maíz u con otras plantas, el oxalato de amonio se transformará en ácido oxálico, el ácido fosfórico se transformará a partir de fosfato de calcio. El fosfato de calcio con ácido acético produce ácido fosfórico. El oxalato de amonio con ácido acético produce ácido oxálico. Entonces tenemos nuestros ácidos que iniciarán la reacción química.

The fourth specimen (from South America), was analyzed by Mr. J. D. Smith, and contained per cent.—

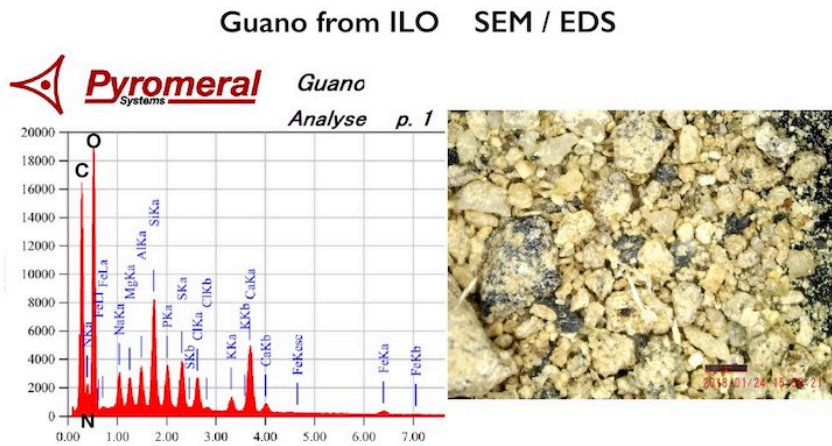
| | |
|--|-------|
| (4) Uric acid and urate of ammonia | 17.92 |
| Oxalate of ammonia | 7.40 |
| Muriate and phosphate of ditto | 8.80 |
| Organic matter | 8.76 |
| Phosphate of lime, with some phosphate of magnesia | 22.00 |
| Oxalate of lime | 2.56 |
| Sulphate of potash | 8.00 |
| Water | 22.00 |

2.4.2 ¿Existen algunos registros arqueológicos (0:53:34) de estas caravanas y negocio entre el guano de Ilo y Tiwanaku, subiendo desde el nivel del mar a 3800 metros de altura? Bueno, aquí hay un texto sobre las caravanas de guano entre Ilo, Moquegua y el Altiplano. Ha sido publicado en los Estudios de Arqueología en Leiden Universidad en los Países Bajos en 2005 por Willy Minkes. Leo: "el descanso". Está cerca de Ilo. "El Descanso" significa el 'lugar de descanso' en español. Este nombre se ha transmitido oralmente y remite al uso tradicional del sitio y lugar de descanso para las caravanas de llamas en su camino hacia el altiplano pasando por Moquegua. Este negocio [guano] parece haberse intensificado durante la fase Tiwanaku [Moquegua], posiblemente estimulado por la necesidad de más guano. (...) Los primeros documentos coloniales afirman que las caravanas de llamas transportaban este producto. La población costera [Ilo] recibía coca, lana de camélidos, carne seca, así como llamas como el transporte de guano."



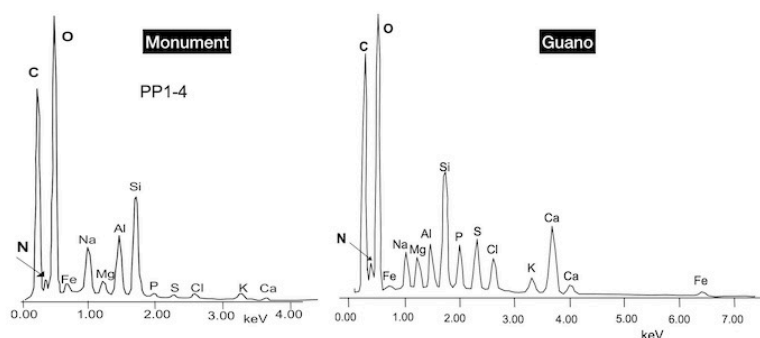
2.3.3 Ilo, el sitio de guano de Punta Coles (0:55:01).

Es una reserva natural. Aquí están las aves que hace el guano. Y tomamos una muestra del guano. Así es como se ve con el microscopio óptico. La escala es de 1 milímetro. Y bajo el microscopio electrónico y el análisis, así es cómo aparece. Carbono, nitrógeno y el resto. Entonces tenemos la materia orgánica de andesita volcánica. ¿Contiene guano, o restos de guano, o guano que no ha reaccionado?



Comparamos el espectro EDS del Monumento Pumapunku. Tenemos el carbono, nitrógeno, sodio, magnesio, aluminio, silicio, fósforo, azufre, cloro, potasio y calcio. ¿Cómo puede encontrarse cloro aquí? Aquí aparece el monumento. Aquí el guano: Carbono, nitrógeno, sodio, magnesio, aluminio, silicio, fosfato, sulfato, cloro, potasio, calcio y hierro. Tenemos los mismos componentes, pero, en la piedra, están diluidos. Lo cual es evidente, pero es la misma química.

Organic matter in volcanic andesite stone contains guano ?



2.4 Primera conclusión: andesita gris artificial (0:56:50).

El estudio SEM de una muestra tomada del monumento de andesita gris Pumapunku muestra la presencia de materia orgánica (podría ser el aglutinante). Tenemos carbono, nitrógeno y los mismos. Esta característica es muy inusual en una roca volcánica. Es un "unicum" y es compatible con la idea de andesita artificial con concreto geopolimérico. Para hacer que el concreto geopolimérico de andesita, los constructores pueden haber transportado toba volcánica no consolidada (del tamaño de la arena) desde el Cerro Khapia. Utilizaron una tecnología de geopolimérica en medio ácido que implica ácidos carboxílicos fabricados a partir de la biomasa local, que reaccionaron con un endurecedor a base de guano transportado por caravanas de llamas desde el área costera de Ilo a Tiwanaku. Los elementos arquitectónicos andesíticos de motivos finamente esculpidos están hechos de un geopolímero antiguo moldeado hace 1300 años.

3. Conclusion (0:58:15)

En resumen, tenemos rocas artificiales: megalitos de arenisca roja, un geopolímero alcalino, viejo de 1400 años, y estructuras de andesita gris, geopolímero ácido, de 1300 años de edad. Apoyándose en las antiguas leyendas con extracto de plantas capaces de ablandar las piedras.

¿Y después? (0:58:50) La Puerta del Sol es andesítica, que fecha del mismo período. ¿Es un geopolímero antiguo? ¿Y qué hay de los muros Cuzco, a 450 kilómetros al norte, serán del mismo material? ¿será andesítico o caliza? Veremos que son ambos. ¿Usaron el mismo método? No lo sabemos No lo hemos estudiado. Son solo preguntas. ¿Y luego? No tenemos ningún análisis actual para las presuntas fuentes geológicas en el volcán Cerro Khapia. Hay varios tipos de material andesítico, por lo que debe haber varios tipos de fuentes que debemos estudiar. Estos estudios deberían llevarse a cabo con nuestros geólogos peruanos.

Eso es la réplica que hicimos en el laboratorio, con una fórmula que usa productos químicos modernos. Funciona. ¡No hay ningún problema! Eso es la réplica blanca de un bloque de arenisca roja. Y la réplica blanca de un bloque de andesita volcánica con los mismos productos químicos, pero diferentes minerales de relleno. Entonces, llega la última diapositiva. Personalmente, me ha asombrado lo que descubrimos. Creo que es importante, es el comienzo de una investigación detallada muy complicada. Pero es la línea de base que tienen que seguir y les pido a nuestros amigos suramericanos que se pregunten: "¿Por qué no en Colombia? ¿Por qué no en México? ¿Por qué no en Perú? Y así sucesivamente. ¿Cómo comenzar los estudios introduciendo el conocimiento de las reacciones geopoliméricas?



El equipo en el sitio. El geólogo Luis Huaman, de Arequipa y Ralph Davidovits del Geopolymer Institute.

Gracias por su atención.

Prof. Dr. Joseph Davidovits. Geopolymer Camp, Saint-Quentin, France. 10/07/2018.