

**ACTIVIDAD GEODINAMICA EN LOS BALUARTES DEL**  
**PARQUE ARQUEOLOGICO DE SAQSAYWAMAN**  
**CUSCO.**

**Ing. José Ángel Bueno Galdo.**

Decano emérito de la facultad de Ingeniería Geológica y Geografía de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Consultas E -mail: [jbjanbug80@gmail.com](mailto:jbjanbug80@gmail.com)

Cusco, Octubre del 2012.

---

## **CONTENIDO.**

-INTRODUCCION.	P.1
-UBICACIÓN.	P.3
-IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.	P.3
-OBJETO DEL ESTUDIO.	P.4
-LITOLOGIA EN LA ZONA DE INFLUENCIA.	P.5
-ESTRATIGRAFIA DE LA ZONA DE ESTUDIO.	P.6
-AREA DE TRABAJO.	P.7
-UBICACIÓN GEOLOGICA DEL AREA DE ESTUDIOS.	P.8
-CARACTERISTICAS INGENIERO GEOLOGICAS DE LA CALIZA.	P.8
-CARACTERISTICAS INGENIERO GEOLOGICAS DE LA DIORITA.	P.9
-ENTORNO INGENIERO GEOLOGICO DEL AREA.	P.10
-EL ENTORNO GEOLOGICO Y LOSW EVENTOS SISMICOS Y TECTONICOS.	P.11
-FUERZAS EXISTENTES EN LOS TRAMOS 9 Y 10.	P.14
-CONCLUSIONES GENERALES	P.23
-BIBLIOGRAFIA. (Por orden de consulta)	P.25

## ACTIVIDAD GEODINAMICA EN LOS BALUARTES DEL PARQUE ARQUEOLOGICO DE SAQSAYWAMAN-CUSCO.

Ing. José Ángel Bueno Galdo. Consultas-E-mail: [jbjanbug80@gmail.com](mailto:jbjanbug80@gmail.com)

Decano emérito de la facultad de Ingeniería Geológica y Geografía de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

### INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo, es producto de diagnósticos geológicos realizados en el año 2007, específicamente el mes de abril, fecha en la que la Fortaleza de Saqsaywaman o Baluartes, puso en manifiesto anomalías de órdenes geodinámicos, las cuales se verificaron y se indicó que los Baluartes del Parque Arqueológico de Saqsaywaman habían ingresado en una etapa muy seria de deterioro y colapsamiento de sus estructuras, las cuales terminarían en una serie de puntos físicos altamente inseguros, y por ende los Baluartes colapsarían en diversas zonas.

El año 2009, se evidencia la falta de mantenimiento y protección de los Baluartes y se cumple el diagnóstico de abril del 2007.



**Fuente: El diario del Cusco.**

Hoy en Día, Octubre del año 2102, encontramos que los Baluartes del Parque Arqueológico de Saqsaywaman, siguen colapsando.



**Foto: J. Angel Bueno G. Nov. 2011.**

**Se puede apreciar que el primer colapsamiento del año 2009, no se ha restituido.**

Existen otros puntos, que ya se consideran en situación crítica:



**Fotos: J. Angel Bueno Galdo.**

Visto esta problemática de continuidad de abandono de un legado Inca, tal vez único en el mundo, es mi intención publicar este documento como base de futuros estudios que realmente supere los riesgos físicos de los Baluartes.

### **UBICACIÓN.**

El parque Arqueológico de Saqsaywaman, se ubica al norte de la ciudad del Cusco, a una distancia de dos kilómetros. Las coordenadas son las siguientes:

Latitud Sur 13° 30' 54"

Longitud Oeste 71° 59' 6".

Algunos autores, a la pequeña llanura donde se encuentra emplazada en especial la Fortaleza o los Baluartes, la han denominado como "Meseta", la cual tiene una altitud entre 3500 a 3800 m.

### **IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.**

Los Baluartes del "Parque Arqueológico de Saqsaywaman" son un patrimonio legado, que tiene probablemente más de 700 años, los mismos que han sido construidos en la época Inca del Tawantinsuyo, que además presenta un diseño arquitectónico y de arte sin par en el mundo conocido de hoy, que por otro lado muestra la capacidad de razonamiento e inteligencia creativa de los hombres que construyeron el Tawantinsuyo (Cultura Inca), así como se deduce habilidades, dedicación y destreza de sus constructores, con una gran capacidad de diseño y planificación de sus amautas; dentro de este aporte, los Incas construyeron entre muchas obras, los "Baluartes" que hoy se pueden apreciar en el Parque Arqueológico de Saqsaywaman, a dos kilómetros de distancia de la Ciudad Imperial El Cusco.

Los baluartes del "Parque Arqueológico de Saqsaywaman (PAS)", posee rasgos extraordinarios arquitectónicos y estructurales, los cuales se mantienen en pie, a pesar de carecer de vigas y columnas, como también carecen de estructuras metálicas (acero) y otros (madera), sin embargo poseen y aún mantienen su estabilidad y seguridad física (Ambas en proceso de debilitamiento); Sin embargo, los baluartes, son un enigma estructural, arquitectónico y su proceso constructivo, continúa en claro desconocimiento, para la gran mayoría de los investigadores.



**Baluartes del “Parque Arqueológico de Saqsaywaman”-Cusco**

**Foto: J.A.Bueno G.**

Sin embargo, desde la destrucción parcial por los conquistadores Europeos, de su abandono en toda la época Colonial, de la indiferencia de la República y de la continuidad actual de todas estas actitudes, los **Baluartes** han ingresado a un proceso de **debilitación estructural** y a ingresado a un **deterioro arquitectónico**, a los cuales se ha sumado el elemento aún más peligroso, la **inseguridad física** de los Baluartes, por lo que se puede afirmar categóricamente que en la actualidad : **“es un patrimonio no sostenible”**.

Este proceso de pérdida de la cualidad más importante de una estructura (la seguridad física), señala e indica claramente, que los Baluartes del Parque Arqueológico de Saqsaywaman, se encuentran en un ambiente de destrucción por eventos probablemente naturales como antropomórficos aún no tipificados, los cuales se están intensificando.

Finalmente, la presente investigación, pretende encontrar y tipificar parte de dichos eventos y procesos naturales geomorfológicos, geodinámicas externos, etc.), como posibles generadores de la inestabilidad e inseguridad física de los Baluartes del Parque Arqueológico de Saqsaywaman.

### **OBJETO DEL ESTUDIO:**

El objeto principal de este estudio geológico, es la identificación de los fenómenos ingeniero geológicos (geomecánicos, hidrogeológicos, geomorfológicos, alteraciones geoquímicas, etc.), que están actuando en toda la estructura de la fortaleza de Saqsaywaman y en especial atención en los tramos 9 y 10, del tercer Baluarte, con la finalidad de poder conseguir una base, para estudios mas detallados, y lograr proponer una estrategia para poder mitigar el colapsamiento y probable pérdida de tan valioso legado de los Incas.

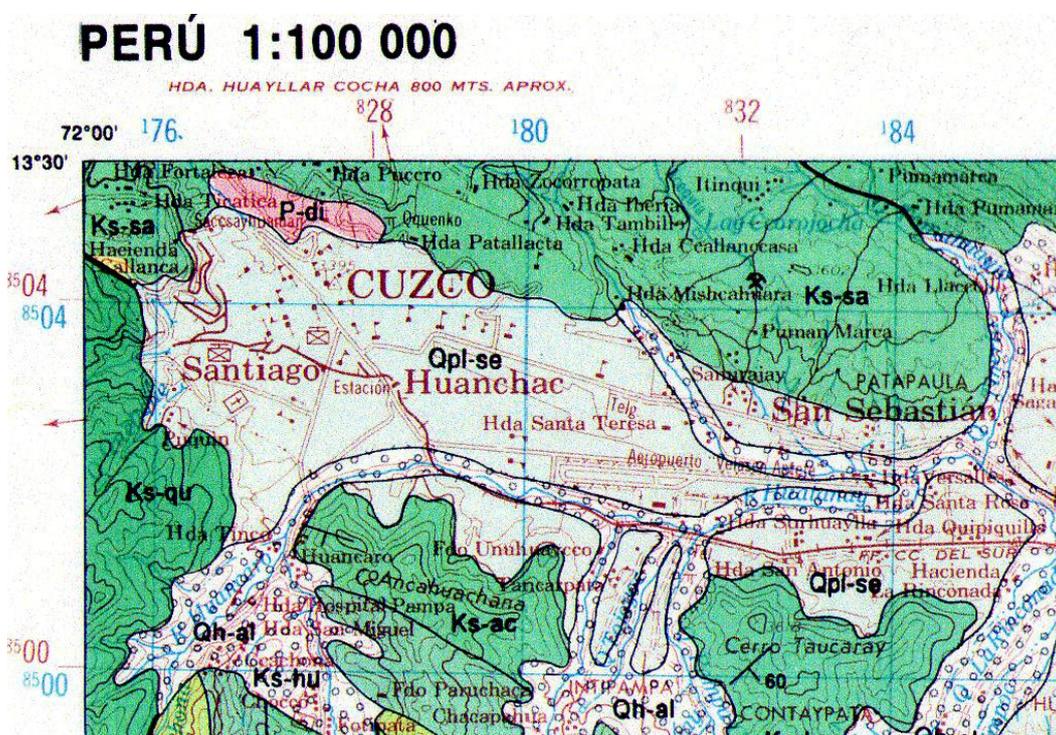
## LITOLOGIA EN LA ZONA DE INLUENCIA.

Al verificar la litología presente en el área de fundación de los Baluartes, se ha encontrado dos tipos de rocas:

-Uno de origen Marino sedimentario (Calizas), y una segunda roca de origen ígneo (Diorita).

Estos resultados han sido contractados con los resultados que se tienen en los informes del INGEMMET (Bol. N° 52, GEOLOGÍA DE LOS CUADRANGULOS DE CUZCO Y LIVITACA, serie A. y el Bol. N° 136, MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOLOGICO DEL PERU).

A pesar de que ambos estudios han sido realizadas a escalas pequeñas, son coincidentes con nuestras exploraciones de campo a escala mayor.



Fuente: Geología de los cuadrángulos de Cuzco Livitaca-INGEMMET

Además dentro del área que es ocupada por la Diorita, se ha verificado la existencia de “sombreros” de Calizas y pequeños afloramientos de “brechas” compuestas de calizas y con una matriz cementante diorítico.



**“Sombreros” de roca caliza-Saqsaywaman. Foto: J. Angel Bueno Galdo.**



**Brecha Caliza-Diorita-Saqsaywaman. Foto: J. Angel Bueno Galdo.**

### **ESTRATIGRAFÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO.**

Conforme a los análisis de los componentes estructurales y de la distribución espacial encontrada por las exploraciones en campo, resumimos que las calizas aflorantes se han formado en un ambiente geológico de mayor antigüedad que las ígneas dioríticas; por lo que se concluye que estas rocas de origen magmático, rompen e intruyen a las calizas sedimentarias pre existentes, conocidas como formación Yuncaypata.

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
CENozoico	CUATERNARIO	HOLOCENO		
		PLEISTOCENO		
		OLIGOCENO		
	PALEOGENO	EOCENO		BATOLITO DE APURÍMAC P-gdfo
		PALEOCENO		PLUTÓN DE ACOMAYO P-di P-grgd
MESozoico	CRETÁCEO	SUPERIOR	Formación Sangarará Ke-sa	
			Formación Acomayo Ke-ab	
		INFERIOR	Ki-tu	
	PALEOZOICO	SUPERIOR	Ps-mi	
		INFERIOR	Pi-co	
PALEOZOICO	DEVÓNICO	D-ca		
	SILÚRICO	SD-ur		

Fuente: Geología de los cuadrángulos Cuzco Livitaca: INGEMMET

Como resultado final, las calizas son atrapadas por la intrusión magmática formando brechas y sombreros de calizas.

### AREA DE TRABAJO:

La exploración ingeniero geológico del entorno, está centrada en los tramos 9 y 10 del tercer Baluarte, debido a que representan los puntos más críticos relacionadas con la pérdida de estabilidad, sin perder la vista del conjunto total geológico que abarca el área total de los Baluartes; buscando una interpretación del comportamiento de las estructuras geológicas y las respuestas estructurales civiles en el sector.



Foto: J. Angel Bueno Galdo-2007

Punto crítico de mayor inestabilidad

## **UBICACIÓN GEOLOGICA DEL AREA DE ESTUDIOS:**

El área de estudios del entorno ingeniero geológico, se enmarca dentro de rocas sedimentarias marinas, representada por la Caliza y rocas de origen ígneo intrusivo, representada por la Diorita; emplazadas en la llamada “Meseta de Saqsaywaman”, sobre las cuales se fundaron, entre otros, los Baluartes del Parque Arqueológico de Saqsaywaman.



**Fotos: J. Angel Bueno Galdo**

## **CARACTERÍSTICAS INGENIERO GEOLOGICAS DE LA CALIZA:**

La roca Caliza emplazada en el área, clasificada genéticamente de origen sedimentario marino, es una roca que entre sus principales características ingeniero geológicas es de ser:

**A.-**Compacta,

**B.-**dura,

**C.-**heterogeneidad estratiforme, pero que presenta diaclasamiento por temperaturas posteriores a la que ha sido sometida en los tiempos históricos geológicos y como también al tectonismo.

**D.-**solubilidad débil en el agua, se encuentra silisificada.

**E.-**Con resistencia geomecánica y estabilidad entre media a alta,

**F.-** Es una roca compacta, densa y sólida.

**G.-**Posee una condición criptocristalina en su estructura geoquímica, por lo que es prácticamente impermeable al agua, de ahí que muestra su durabilidad al clima al que está expuesta constantemente, en el área del Parque Arqueológico.

Es importante señalar, que si bien es cierto que puede existir una permeabilidad secundaria, esta es producto principalmente del tectonismo que a sufrido y que ha fracturado y triturado la caliza y muy poco o casi nada a fenómenos de disolución con agua.

Por otro lado, se observa que la caliza luego de su fracturamiento y trituración por tectonismo, ha tenido rellenos de minerales por fenómenos hidrotermales, las cuales han sellado zonas de fallamientos y trituramientos en general, con minerales de calcita en la mayoría de los casos.

Estas características ingeniero geológicas que presenta la caliza de Saqsaywaman, nos indica que va ha mantener por tiempo probablemente indefinido, sus propiedades de estabilidad estructural y geomecánica, es decir su alteración geoquímica ha de ser débil, sobre todo en agua; haciendo la salvedad en caso ocurriese cambios en la acides de las aguas que ahí llegan.

### **CARACTERISTICAS INGENIERO GEOLOGICAS DE LA DIORITA.**

La Diorita emplazada en el área, se clasifica, como una roca magmática intrusiva, es decir genéticamente se origina de un fenómeno ígneo.

Esta diorita, tiene entre sus principales características ingeniero geológicas las siguientes:

**A.-** Es compacta en estado fresco; sin embargo en todos los afloramientos observados tanto dentro del área del Parque, se ha encontrado que la diorita ha sufrido una alta intensidad tectónica que ha triturado fuertemente la roca, y que además, estando expuesta al agua, esta por sus componentes mineralógicos dentro de procesos de meteorización y alteraciones geoquímicas sus propiedades geomecánicas, están siendo eliminadas; esto quiere decir que la descomposición de la Diorita está produciendo residuos insolubles como el cuarzo y minerales secundarios como arcillas, óxidos y carbonatos.

**B.-**Dura en estado fresco, y fácilmente frágil en proceso de alteración geoquímica (meteorización), dando como resultado sub productos como arcilla y arenas cuarzosas, y feldespáticas.

**C.-** Su heterogeneidad es masiva, de elevada resistencia geomecánica, tal como se observa en el sector del rodadero; señalando que esta propiedad disminuye si la roca se encuentra en proceso de descomposición geoquímica, tal como se observa en algunos puntos (P.E.: en los cortes de la pista de la circunvalación Cusco-Saqsaywaman).

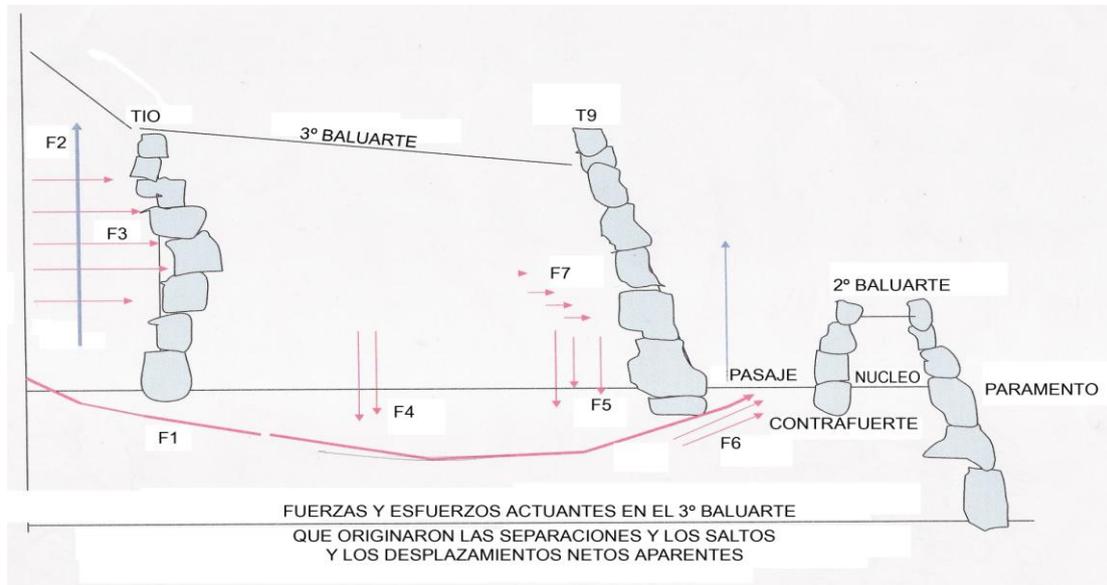
La diorita emplazada, cuando está expuesta al agua, se altera químicamente, dando como resultado una especie de “descascamiento”, capa por capa, otorgando al resto del cuerpo una volumetría en forma de bolas, como se aprecia en las rocas de la calle jatun rumioc en cusco, y en la pista de circunvalación Cusco-saqsaywaman; en si es un proceso esferoidal de desintegración.

**D.-**Su constitución cristalina de la diorita, se observa que es granulada y de tamaños prácticamente uniformes, propiedad que se mostrará en la formación de arenas y arcillas homogéneas, cuando se descompone la roca.

E.- Su permeabilidad se encuentra elevada, por cuando esta roca al igual que la caliza, ha pasado por acciones sísmicas y tectonismos geológicos.

### **ENTORNO INGENIERO GEOLOGICO DEL AREA:**

Las observaciones sobre la geomecánica que se tiene actuando en el talud vinculado al tramo nueve y 10 del tercer Baluarte, son indudablemente



**Diseño e Interpretación: J. Angel Bueno Galdo.**

Complejos, debido a que estos encierran una variedad grande de características y propiedades que con la presencia de fenómenos estructurales geológicos, sísmicos, geomorfológicos e hidrogeológicos, van variando dichas características, en unos casos otorgando propiedades físico mecánicas y en otros restando o disminuyendo estas como es el caso del talud, así como del propio núcleo, sectores donde las estructuras del Baluarte se sitúa.

El esquema que se muestra, esquematiza el tramo diez, desde una perspectiva lateral donde se aprecia el bandeamiento del paramento, igualmente, desde un ángulo frontal, se aprecia el contrafuerte del tramo nueve, tramo que se ha deslizado en un plano de rotacional, llegando la parte final del evento geodinámico a alcanzar al contramuro del segundo Baluarte, contramuro que es levantado hacia arriba por el final flujo de fuerzas rotacionales que concluyen en un basculamiento, sin duda alguna el tramo nueve y diez y el contramuro del paramento del segundo Baluarte, son los afectados.

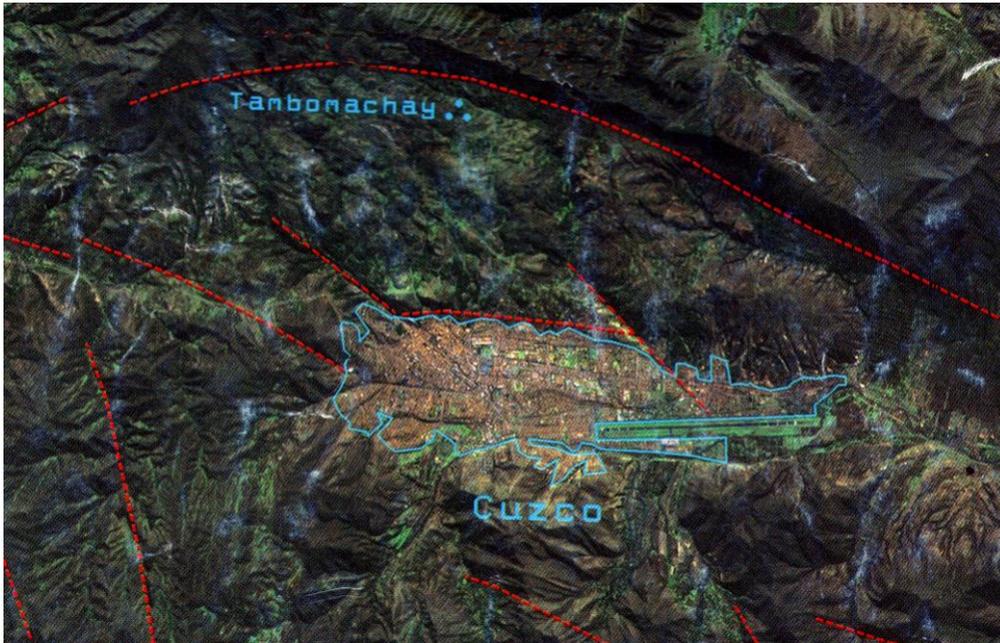
## **EL ENTORNO GEOLOGICO Y LOS EVENTOS SÍSMICOS Y TECTÓNICOS:**

Por su ubicación geográfica, como por su ubicación geológica, la meseta del Saqsaywaman, independientemente a las obras civiles que ella alberga, al igual que la ciudad del Cusco, geohistóricamente a soportado un sin número de vibraciones sísmicas, estas ondas sísmicas y estos flujos de fuerza tectónicas, son los responsables del fracturamiento de las rocas calizas y dioritas, entre otros fenómenos geológicos.

Una vez fundada las construcciones antepasadas en la meseta, sin duda alguna han seguido siendo afectadas por los sismos de origen diverso y tectónicamente por la placa de Nazca, dado que su actividad es vigente; la diferencia estriba que estas ondas y flujos de fuerzas tectónicas, una vez establecidas las obras civiles, son transmitidas a las obras, entre ellas a los Baluartes, lo que significa que las obras a lo largo del tiempo de su existencia, van adaptándose a los cambios del medio rocoso y de los suelos donde se han fundado, aunque estos cambios sean percibidos después de varias generaciones, estos pueden haber llegado a los límites de soportabilidad y pueden ingresar a la etapa de colapsamiento.

Dentro de este marco conceptual, en mi opinión, la estructura que se estudia ha ido modificando su comportamiento físico mecánico, como respuesta a las fuerzas de vibraciones sísmicas y a los flujos de fuerzas tectónicas, este adecuamiento ha sido y continúa siendo bastante lento y resistente; es decir el Baluarte está respondiendo muy adecuadamente a la sismicidad de la zona, a las ondas sísmicas de otros focos y a la tectónica de placas que afecta a América del sur, dado que no existe evidencias físicas que nos indique lo contrario.

Finalmente, al respecto debo indicar, que no hay o existe un patrón definitivo que puede mantenerse como característica sismo resistente, ya que una zona geológica puede variar por motivos varios, su sismicidad, así como los focos sísmicos pueden igualmente coincidir con el área geográfica en si hipocentro o en su epicentro, así como puede variar el grado sísmico como los ángulos de las ondas respecto a la obras ahí existentes.



**Las líneas entrecortadas rojas, son fallas cercanas a los Baluartes del Parque Arqueológico de Saqsaywaman.**

**Fuentes: CNES- SPOT IMAGE y GDTA-(1990) (Spot 2.HRV2-KJ 659.377).-REGION CUSCO.**

La zona de estudio ha sido afectada por un buen número de eventos sísmicos, posteriores a la construcción de los Baluartes; (sin lugar a duda ha debido existir muchos eventos tectónicos).

Los eventos sísmicos que se tiene registrado con referencia a la ciudad del Cusco, y por ende a la fortaleza de Saqsaywaman, son los siguientes (relevantes):

-Abril 1986-	5.2	Richter.	
-Junio 1980 -	IV	MM.	(Mercalli-Modificada)
-Mayo 1965 -	V-VI	MM.	
-Nov. 1961 -	VI	MM.	
-Marzo 1954 -	IV	MM.	
-Agosto 1952 -	IV	MM.	
-Febrero 1952 -	V	MM.	
-Mayo 1950 -	VII	MM.	
-Set. 1941-	VI-VII	MM.	

El efecto principal a que se han sometido los Baluartes de la fortaleza de Saqsaywaman es sin duda alguna la “vibración” y como consecuencia de las mismas, existe como resultado una serie de elementos que muestran el deterioro de las estructuras civiles (estos elementos no han sido monitoreados, ni lo son actualmente), las cuales son las rupturas de líticos, asentamientos, etc. Algunos “estudiosos” atribuyen el origen del sismo de 1986, a un movimiento del sistema de fallas de Tambomachay, pero que en mi concepto no está claro dicha posibilidad.

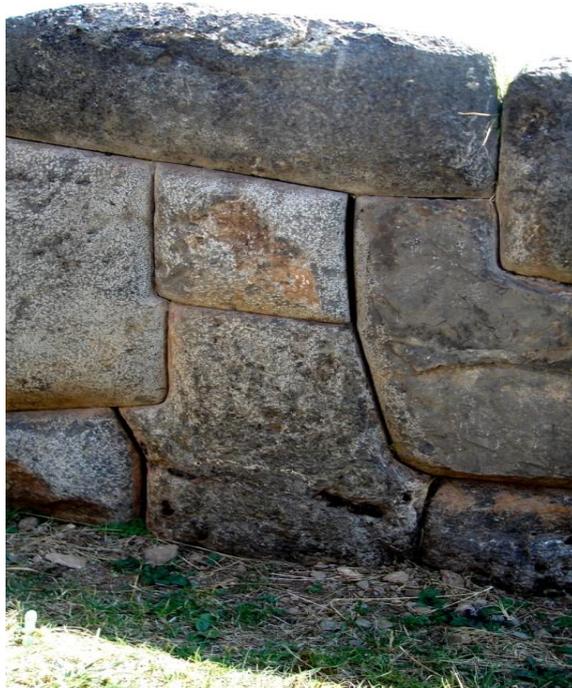


**¿Ruptura por vibración?**

**Foto: J. Angel Bueno Galdo.**



**¿Ruptura por vibración? Foto: J. Angel Bueno Galdo.**



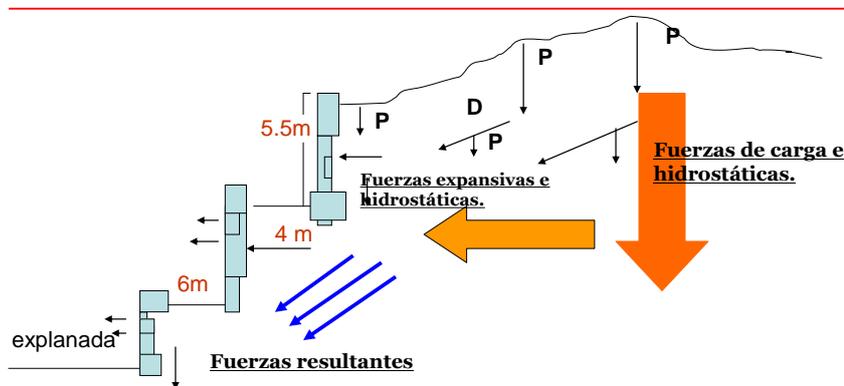
**Asentamiento y separación de líticos. foto: J. Angel Bueno Galdo.**

La importancia del tectonismo radica como un fenómeno que se califica dentro de los riesgos sísmicos al que continuamente se somete los Baluartes de la Fortaleza de Saqsaywaman, y por ende existe vulnerabilidad expresada en los daños que presenta la estructura patrimonial, las cuales se incrementará con la posible presencia de eventos tectónicos y sísmicos.

### **FUERZAS EXISTENTES EN LOS TRAMO 9 Y 10:**

En el talud que enmarca el tramo nueve y diez del tercer Baluarte, se tiene la existencia de las fuerzas que se señalan en el siguiente esquema:

### **TRAMO 9 y 10 DEL TERCER BALUARTE**



**Mecanismo de asentamientos, desplomes, de los líticos y la generación de planos de deslizamientos traslacionales así como gravitacionales y basculamientos.**

**Interpretación: J. Angel Bueno Galdo.**

Indudablemente, las fuerzas de carga y las expansivas son las de mayor presencia y permanencia en el talud, incrementando estas su accionar en cuanto el sistema del talud o medio geomecánico, recibe volúmenes de agua, sustancialmente por precipitaciones pluviales, por cuanto una de las características de los macizos rocosos, es reducir su resistencia, generando presiones en el interior de la misma, que luego son trasladadas a las estructuras fundadas en el, es decir, traslada el incremento de las fuerzas al paramento en el sector nueve y diez.

El resultado o la respuesta del paramento, al exceder su resistencia, es generar fracturas, bandeamientos, hundimientos, desplazamientos verticales, diagonales, horizontales; y como consecuencia final la desestabilización del paramento, como se observa en la tomas fotográficas del paramento en el tramo décimo.

**Paramento tramo 10 del tercer Baluarte**



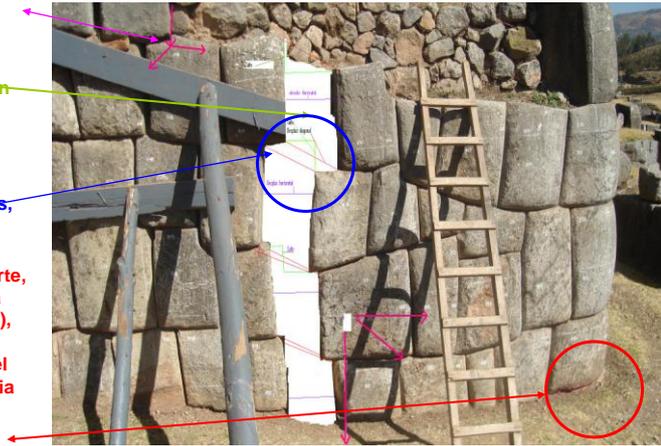
- 1.-Bandeamiento del paramento, debido a la acción de fuerzas del talud.
- 2.-Detalles del desplazamiento vertical, separación de líticos de la estructura y formación de vacíos o cavidades.

**Fotos e interpretación: J. Angel Bueno Galdo.**

Como las fuerzas de carga, y las expansivas siguen actuando e incrementan el tamaño de las mismas, el talud por exceso de humedad o por falla, genera un plano de deslizamiento, que para el caso ha sido del tipo rotacional, movimiento que se observa claramente en el contrafuerte del tramo nueve del tercer baluarte.

## Contrafuerte del Tramo 9 del tercer Baluarte.

- 1.-Ejes de fuerzas (verticales, horizontales y diagonales).
- 2.-sector de separación del contrafuerte (en blanco).
- 3.-Ejes de desplazamientos verticales, horizontales, diagonales, saltos.
- 4.-espejo que señala rotación del contrafuerte, este se desplaza hacia atrás (a favor del talud), debido a posible presencia de roca en el subsuelo y la existencia del segundo Baluarte.



Fotos e interpretación: J. Angel Bueno Galdo.

El contrafuerte, ha sido incluso fracturado casi al medio de su estructura, por el giro que hace el desplazamiento; incluye obviamente todos los otros desplazamientos, por cuanto las fuerzas expansivas continúan su accionar, de ahí que se puede ver el bandeamiento del contrafuerte y los desplazamientos en varias direcciones.

### Sector 9, contrafuerte del Paramento; problemas de:

-Bandeamiento.

-Deslizamientos longitudinales.

-Fractura del lítico por sobre esfuerzo.



Foto-interpretación: J. Angel Bueno G.

Dado que el talud mantiene el accionar de sus fuerzas geomecánicas y estas incrementan su tamaño en cuando existe infiltraciones de aguas pluviales, el flujo pendiente abajo por el plano de deslizamiento rotacional, concluye en un basculamiento, debido a que encuentra fuerzas contrarias, que deben ser en parte por la misma roca niveles abajo, y por el propio segundo Baluarte, pero que sin embargo llega a levantar o deslizar hacia arriba el contramuro del segundo Baluarte, tal como se aprecia en la toma siguiente.

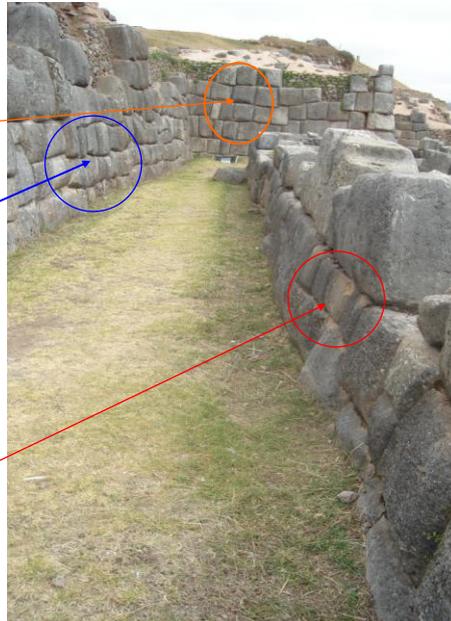
Incluso, con un poco de observación se ve al fondo de la toma, el que sería el tramo ocho del tercer baluarte, que igualmente está afectada, aunque, este tramo debela otras características, se encuentra igualmente en proceso de desestabilización.

### **Inclinación del contramuro del segundo Baluarte.**

1.-Contrafuerte tramo 8 del tercer Baluarte.

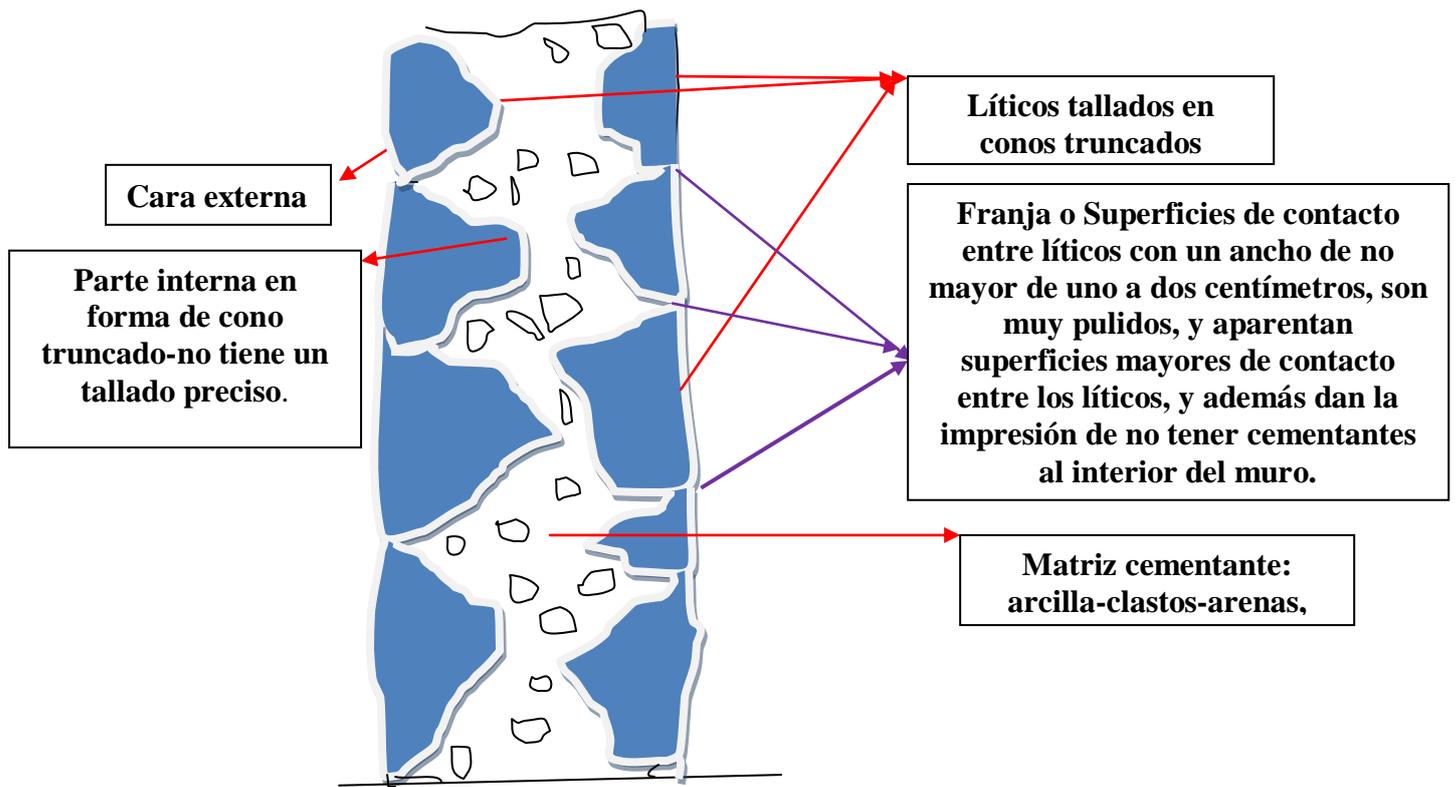
2.-Paramento del tercer Baluarte, tramo 9.

3.-Contramuro del segundo Baluarte, que muestra una notoria inclinación, efecto de un desplazamiento rotacional en el talud.



**Foto e interpretación: J. Angel Bueno Galdo.**

## Descubriendo la tecnología constructiva de los Incas.



Esta tecnología constructiva de los muros Incas, se la ofrezco a todos los interesados en tratar de explicar ¿cómo? Los Incas construían, y claro está, ahora le va a parecer sencillo, que mejor, así podrá reconstruir todo lo que hasta ahora no se pudo o no se puede, a mí me ha costado algunos años entender esta tecnología y realmente es sabia.

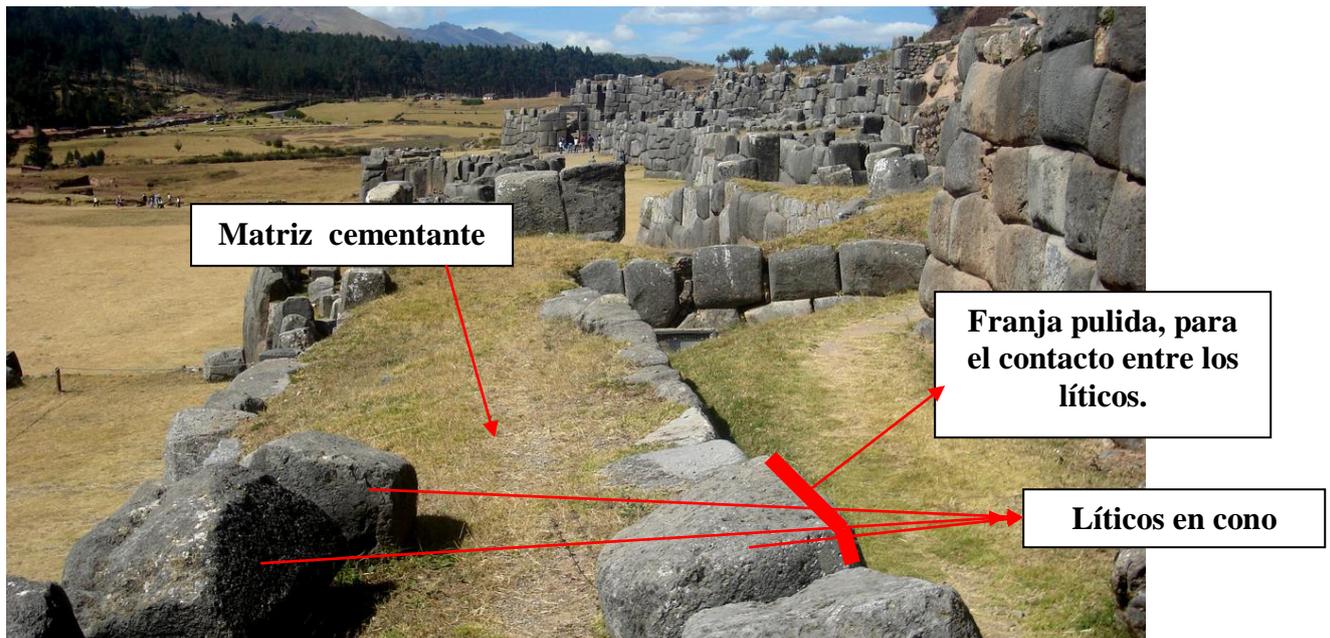
La tecnología constructiva Inca en cuanto se refiere a los Baluartes, es extraordinario, en sí se trata de calizas que han sido talladas tanto en sus formas externas, que es la parte visible (cara vista), tanto en sus franjas de contacto, de tal manera que el encaje de un lítico con otro se vean perfectos, estas superficies de contacto-apoyo, en la mayoría de los casos no supera los dos centímetros de ancho, pero si recorren todos los límites de los líticos (toda la longitud de contacto entre los líticos a su alrededor).



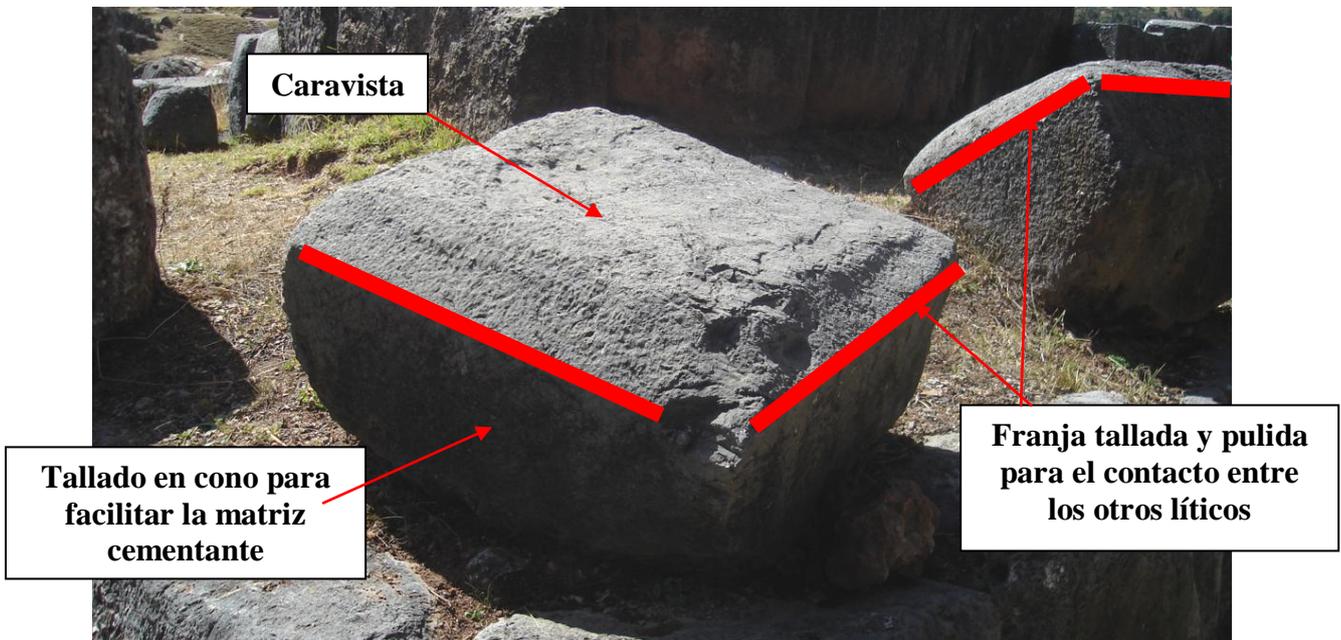
**Foto: J Angel Bueno Galdo. Las líneas rojas, marcan la longitud total de cada franja de contacto entre los líticos, se deduce también que cada lítico posee diferentes longitudes.**

A partir de estos puntos, sigue una talla grotesca en todo lítico, un cono que va a conformar la parte interna de cada muro, sin importar su tamaño y forma externa.

Este diseño, ha permitido tener espacios considerables entre líticos, las cuales han sido llenadas con una matriz cementante (como se muestra en el grafico anterior), compuesta de clastos, arena y arcillas; siendo cada lítico un cono “perfecto”. El amarre entre ellos ha sido excepcional, de ahí que la estructura se comporta como un todo, como si fuese un solo cuerpo, por lo que el comportamiento de estos muros frente a ondas sísmicas es ideal, y a la vez elimina la necesidad de columnas y vigas como elemento de su sostenimiento de los muros.



**Foto: J. Angel Bueno Galdo. La fotografía de una parte de los Baluartes del Parque Arqueológico de Saqsaywaman, muestra el cementante entre líticos, y se puede apreciar también el tallado cónico de los líticos así como una pequeña franja bien pulida en los bordes del lítico hacia la cara expuesta.**

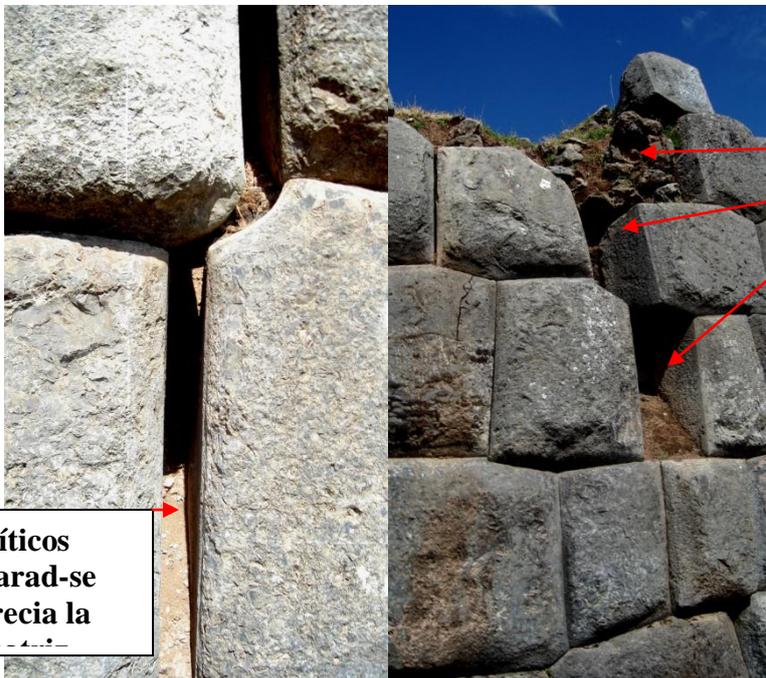


Este diseño optado por los Incas, es práctico, permite una construcción rápida de cualquier muro, (incluimos los muros Incas expuestos en la ciudad del Cusco, que a la vista todos tienen caras rectangulares a manera de ladrillos superpuestos.), una vez hecha la talla tanto de las franjas de contacto como la cara vista, eran encajados con mucha precisión y luego venía la matriz cementante, que lograba estabilizar cada lítico y todo a la vez una vez concluida la obra.

**Matriz cementante**



**Foto: J. Angel Bueno Galdo.**  
**Parte de un Baluarte, en la cual se observa que no existen columnas que mantengan la verticalidad.**



**Líticos separad-se aprecia la**

**Líticos perdidos-se aprecia la matriz cementante**

**Fotos: J. Angel Bueno Galdo. Pérdida de líticos y separación.**

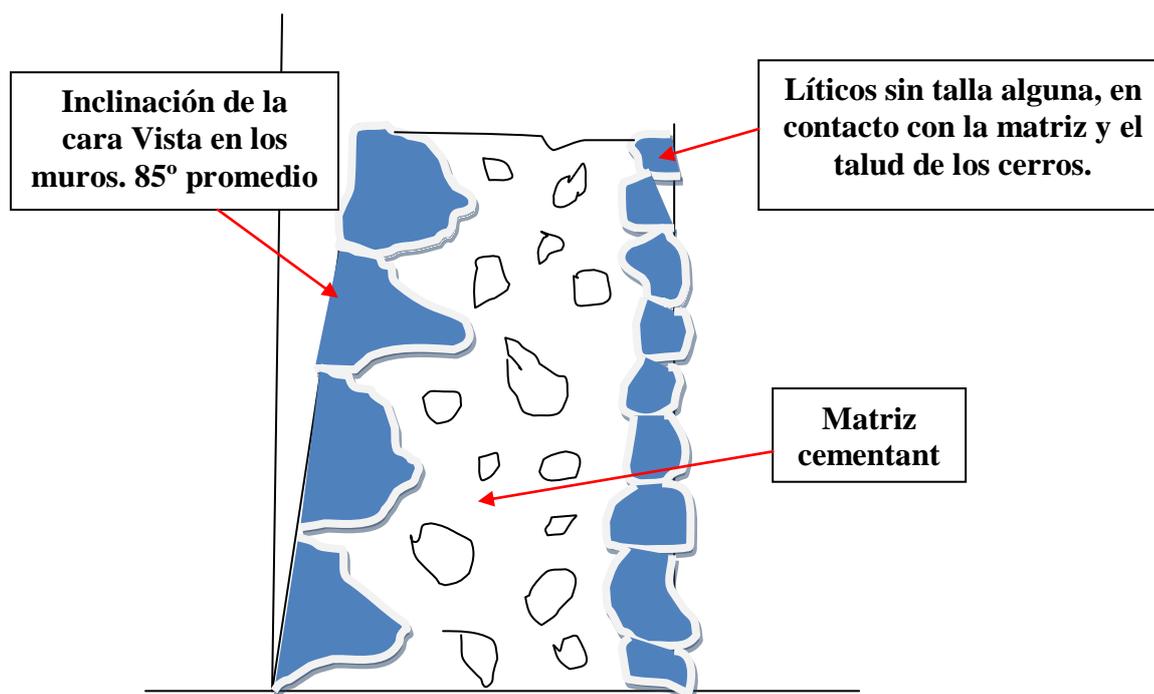
La separación de líticos y la pérdida de los mismos, se aprecian en las fotos anteriores; este fenómeno se da por cuanto la matriz ha perdido su capacidad de cementante, el fenómeno natural se ha incrementado en cuanto los Baluartes como otros muros Incas, han sido abandonados y por lo que se ve carecen de todo programa de mitigación y/o solución de estos fenómenos.

Un factor, en mi opinión, que produce esta separación de líticos y pérdida de los mismos es la presencia y accionar de las fuerzas hidrostáticas, que la matriz ha estado “absorbiendo” permanentemente, sobre todo en épocas de

precipitaciones pluviales, y a más de 500 años sin atención alguna, es incluso hasta milagroso que los Baluartes no hayan colapsado totalmente.

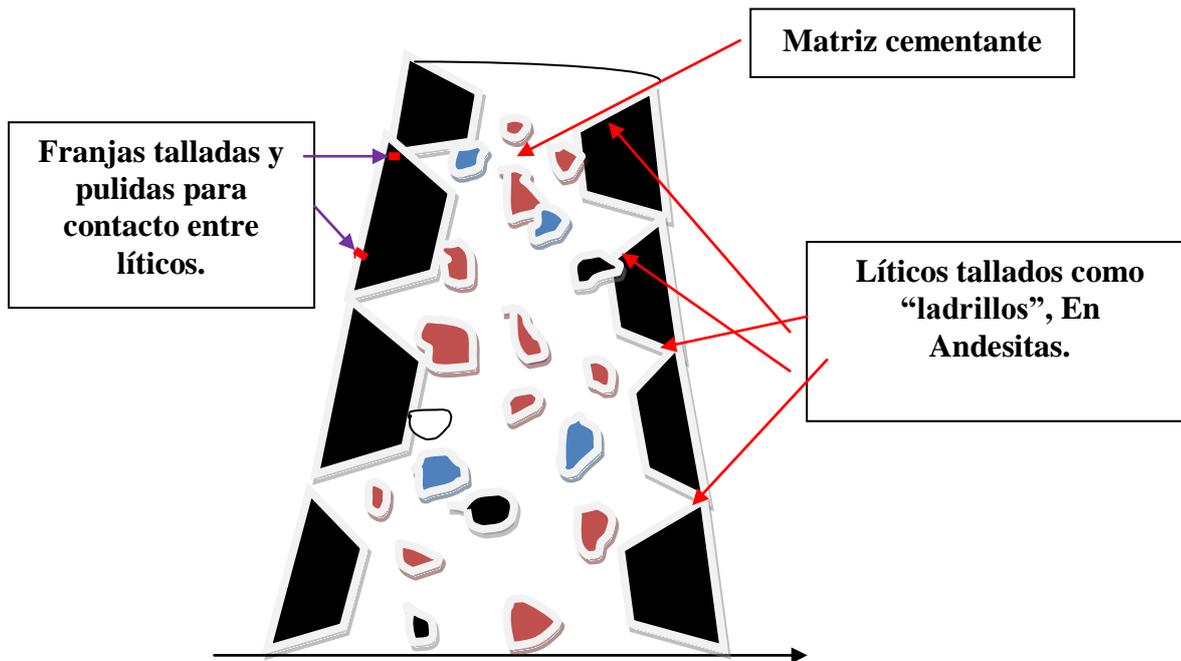
Una vez separados los líticos (incluso aún no visible), estos son empujados por las fuerza hidrostática y la masa propia de la matriz cementante, y lógicamente son fáciles de expulsarlos (a manera de una espinilla), ya que el ligante ha perdido su capacidad cementante; la presencia de “Bandeamiento”, es la expresión de las fuerzas hidrostáticas más la masa matriz cementante.

En cuanto a los Baluartes, estos presentan una inclinación promedio de 85 grados a la vertical, pero es evidente que el muro en sí no tiene esta inclinación con referencia al núcleo propio del muro Baluarte, creo yo, que esta inclinación le ha permitido a los constructores del Incanato, un control sobre el tamaño de los líticos en las partes superiores, es decir a medida que construían, tallaban líticos de menos peso y volumen; y mantener la fuerza de gravedad al centro del muro o Baluarte.



Bien ahora creo que sabemos que el trabajo más delicado en la técnica constructiva de los Incas ha sido el arte, la arquitectura y el tallado; particularmente aún no me he formado opinión alguna al respecto.

En base a todo lo dicho, los muros que conformaron la ciudad Inca, parte de los cuales se aprecian aún en la Ciudad Cusqueña, su interior se debe ver algo así:



Estos muros dentro de la ciudad del Cusco, se ven sólidos y estructuralmente bien concebidos, esto debe ser como resultado de que estos han pasado a ser parte de las nuevas estructuras, y evidentemente involuntariamente se las eliminado el ingreso de aguas pluviales a la matriz.

Bien entendida esta parte de la tecnología Inca, creo que ahora ya no se puede tener espacios nada técnicos para la recuperación total de los Baluartes y de otras construcciones Incas.

### **CONCLUSIONES GENERALES.**

**1.-**Las Rocas aflorantes en el sector de los Baluartes son de dos tipos: una de origen sedimentario marino denominada: Caliza, y otra más reciente de origen ígneo conocida como: Diorita.

**2.-**Ambas rocas aflorantes se encuentran totalmente disturbadas por efectos tectónicos, las que incluso han dado origen a sistemas de fallas.

**3.-**La roca Caliza, tiene sistemas de diaclasas no visibles, por lo menos en tres direcciones; estas juntas facilitan el fracturamiento de la caliza.

**4.-**La roca ígneo Diorita, se encuentra muy meteorizada, debido evidentemente a fenómenos geoquímicos de intemperismo por acción de absorción de agua,

proceso que permite su desintegración a arenas y arcillas amarillo verdosas; esta desintegración, conlleva a una pérdida paulatina de las propiedades físico mecánicas, que en unas zonas se encuentran más avanzadas y son irreversibles.

**5.-** Los baluartes del Parque Arqueológico de Saqsaywaman, se han fundado indistintamente sobre la caliza, la diorita y sobre material suelto.

**6.-** En el talud que vincula los tramos 9 y 10 en el tercer baluarte, se encuentran presentes fuerzas de: carga, expansivas, hidrostáticas; y en períodos de sismos, las fuerzas vibratorias.

**7.-** Con el incremento de las precipitaciones pluviales, las fuerzas hidrostáticas han de aumentar, por lo que se prevé un incremento riesgoso en la estabilidad de los tramos, y en general del conjunto total que representa los baluartes, por consiguiente ha de tomar condiciones de alta inestabilidad y por consiguiente de sostenibilidad, puntos que han de sumar un riesgo físico sin precedentes; podría producirse un colapsa miento generalizado de los baluartes.

**8.-** El incremento de la inseguridad física de los baluartes se agrava en cuanto el “cemento” utilizado para mantener estable los muros (baluartes), ha llegado a su fatiga y han ingresado a la pérdida de sus funciones como matriz cementante, por lo que es evidente la inestabilidad física de los baluartes en todos los puntos de la fortaleza de saqsaywaman.

**9.-** Así mismo, no es exclusivo para los tramos 9 y 10 la acción de fuerzas expansivas de origen hidrogeológico, sísmico y de carga, estas fuerzas están actuando a lo largo, ancho y altura de toda la estructura civil que representa los baluartes, y se adiciona la presencia de planos de deslizamientos del tipo rotatorio con bascula miento, lo que en síntesis es una geodinámica que genera desplazamientos en varias direcciones, bandeamientos, hundimientos, levantamientos verticales y finalmente una constante separación de los muros o baluartes de los taludes donde reposan; es obvio por ende, que todos estos procesos geodinámicos están generando el colapsa miento de los baluartes.

**10.-** Se observa en toda la estructura civil de los baluartes, un proceso continuo de separación entre líticos, las que varían de pocos milímetros hasta 42 centímetros.

**11.-** En la mayoría de los espacios producidos por separación entre líticos, estos se encuentran rellenos con material transportada, y de los materiales que están en proceso de destrucción que eran los componentes de la matriz cementante usada en la construcción de los baluartes; se han encontrado incluso vegetación. Estos mismos componentes ubicados como rellenos, generan fuerzas intersticiales ya que el componente de mayor frecuencia son arcillas.

**12.-** Muchos líticos están fracturados en sus ángulos superiores, esto debe ser como producto de fuerzas de carga, por las fuerzas de las acciones de desplazamiento rotatorio con bascula miento y probablemente por la vibración producida por ondas sísmicas.

**13.-**La pérdida de líticos de las estructuras, es generalizada, y se debe a que los líticos como unidades componentes de los baluartes, han sido tallados en conos truncados y al colapsa miento de la matriz cementante usada como ligante o cemento de estos líticos. Esta pérdida de líticos, es menor en sectores donde se supone existen otros elementos que traban o evitan la movilidad.

**14.-**Finalmente, los baluartes que conforman la fortaleza de Saqsaywaman, no han merecido un mantenimiento óptimo.

### **Bibliografía: (Por orden de consulta)**

Bol. N° 52, GEOLOGÍA DE LOS CUADRANGULOS DE CUZCO Y LIVITACA, serie A. y el Bol. N° 136, MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOLOGICO DEL PERU).

IMAGEN SATELITAL: CNES- SPOT IMAGE y GDTA-(1990) (Spot 2.HRV2-KJ 659.377).- REGION CUSCO.

Bueno G, J.A. (1999)-Origen de los sismos (terremotos). Edit. Sr. TORRECHHAYOC, Cusco.

Bueno G, J.A. (1980)-Ingeniería geológica. Edit. Andina, Cusco.

Bueno G, J. A. (2007)-“Recomendaciones sobre el área a intervenir- tramo 9 y 10 del tercer baluarte, Parque Arqueológico de Saqsaywaman-Cusco”. INC

Bueno G, J.A. (2007)-“Resultados de las observaciones ingeniero geológicas de los tramos 9 y 10 del tercer baluarte del Parque arqueológico de Saqsaywaman. INC

Bueno G, J.A- (2007)-Informe de la visita evaluativa sobre los fenómenos geológicos de inestabilidad de los muros del tercer baluarte del Parque Arqueológico de Saqsaywaman”. INC

Bueno G, J.A.- (1994)-Tecnología Geológica, UNSAAC-Consejo de Investigación-Cusco.

Gonzales de Vallejo, Ferrer, Ortuño & Oteo-(2004)-Ingeniería geológica. Edit. Prentice Hall, Madrid.

IIUR-(---)-Plan Maestro: Proyecto Parque Arqueológico Saqsaywaman. UNSAAC, Cusco.

INDECI-(2006)-Manual Básico Para La estimación del Riesgo, Lima, Perú.

INDECI-(2006)-Terminología de Defensa Civil, Lima- Perú.

León, Palacios, Vargas & Sánchez- (2000)-Memoria Explicativa del Mapa Geológico del Perú escala 1:1 000 000, INGEMMET, Boletín N° 136, Serie A: Carta Geológica Nacional.

Martínez A, J.A-(1979)-Mapas Geológicos, Edit. Paraninfo, Madrid.

Paniukov, P.- (1981)-Geología Aplicada a la Ingeniería. Edit. Mir, Moscú.  
Vázquez & González-(2002)-Geología Aplicada a la Ingeniería Civil. Edit. Limusa,  
México.

Cusco, Octubre 2012.

**Ing. J. Angel Bueno Galdo**