

Visión Bajo la Tierra: La Viabilidad de la Teledetección Geofísica Arqueológica en la Costa y las Tierras Altas de Perú¹

Por Joel W. Grossman, PhD. junto con,
Marcelo Arroyo Ríos, Rolando Paredes Eyzaguirre, Rubén García,
Hugo R. Ludeña, Graciela Fattorini Murillo y Carmen Thays.

RESUMEN

Este artículo presenta recomendaciones programáticas, una serie de seminarios avanzados en arqueología y pruebas de campo en geofísica realizadas durante una consulta con el Instituto Nacional de Cultura (INC) del Perú en octubre de 1982. El programa internacional invitado se centró en la investigación de doce monumentos históricos en estudio, incas y yacimientos preinca a lo largo de la costa y sierra. La financiación fue proporcionada por la OEA, la UNESCO y el fondo Andrés Bello. Esta es la primera presentación formal de este esfuerzo. La guerra de Sendero Luminoso impidió futuras investigaciones bajo esta iniciativa. El esfuerzo colaborativo internacional tuvo tres componentes principales: 1) una serie de seminarios de tres semanas sobre tecnología aplicada en arqueología para el personal de arqueología y preservación del INC en Lima, Cusco y Ayacucho, 2) investigaciones en doce yacimientos del proyecto INC para recomendar estrategias de tecnología aplicada en apoyo a los esfuerzos de excavación y estabilización, y 3) pruebas de resistividad y química del suelo en cada yacimiento para establecer la utilidad de una variedad de estrategias de detección remota específicas del yacimiento (por ejemplo, resistividad, magnetismo o radar de penetración de tierra (GPR)) para proporcionar una definición mejorada de los límites arqueológicos y la estructura interna del yacimiento. Entre los objetivos estratégicos subyacentes del programa de pruebas colaborativas estaba el desarrollo de indicadores ambientales, o proxy, basados en la correlación de los niveles de varios compuestos químicos, en relación con los niveles de resistividad registrados para proyectar la utilidad de GPR y resistividad en diferentes yacimientos (cuanto mayor sea la resistividad, más profunda será la penetración del radar). Una vez definidos, los equipos futuros podrían usar pruebas de química del suelo simples y económicas, sin la necesidad de equipos eléctricos costosos, para proyectar la utilidad y penetración del radar de penetración terrestre (GPR) y la resistividad en una variedad de zonas costeras y montañosas Inca, Pre-Inca y yacimientos coloniales.

PALABRAS CLAVE: Resistividad, Radar de penetración terrestre (GPR), Magnetómetro, Inca, Colonial, química del suelo.

Autor principal: Joel W. Grossman, Ph.D.

jwgnyny@gmail.com

www.GeospatialArchaeology.com

19101 Mystic Pointe Drive, Aventura, Florida 33180

¹ Originalmente Presentado como parte de el symposio, LOS LEGADOS DE LOS ARQUEÓLOGOS ANDINOS: SEGUNDO SIMPOSIO, L'INSTITUCIONALIZACIÓN E INTERNACIONALIZACIÓN DE L'ARQUEOLOGÍA ANDINA. Organizado por Monica Barnes y Mario Rivera. 84.a Reunión Anual de la Sociedad de Arqueología Estadounidense del 10 al 14 de abril de 2019. Albuquerque, Nuevo México.

**Seeing Underground :
The Feasibility of Archaeological Remote Sensing in Coastal and Highland Peru²**

By Joel W. Grossman, PhD. together with,
Marcelo Arroyo Rios, Rolando Paredes Eyzaguirre, Rubén Garcia,
Hugo R. Ludeña, Graciela Fattorini Murillo, and Carmen Thays.

ABSTRACT

This paper reports programmatic recommendations, an advanced seminar series in archaeology, and field tests in geophysics undertaken during a consultancy with the Peruvian National Institute of Culture (INC) in October 1982. The invited international program focused on the investigation of twelve historic, Inca, and pre-Inca sites throughout the coast and highlands. Funding was provided by the OAS, UNESCO, and the Andres Bello fund. This is the first formal presentation of this effort. The Sendero Luminoso war prevented future investigations under this initiative. The collaborative international effort had three major components: 1) a three-week seminar series on applied technology in archaeology for the archaeological and preservation staff of the INC in Lima, Cusco, and Ayacucho, 2) investigations at twelve INC project sites to recommend appropriate applied technology strategies in support of excavation and stabilization efforts, and 3) resistivity and soil chemistry tests at each site to establish the utility of a variety of site-specific remote sensing strategies (e.g. resistivity, magnetics, or ground penetrating radar(GPR)) to provide enhanced definition of archaeological boundaries and internal site structure. Among the underlying strategic goals of the collaborative testing program was the development of environmental indicators, or proxies, based on correlation of the levels of a number of chemical compounds, relative to recorded resistivity levels to project the utility of GPR and resistivity at different sites (the higher the resistivity the deeper the radar penetration). Once defined, future teams could use simple and inexpensive soil chemistry tests, without the need for expensive electrical equipment, to project the utility and penetration of Ground Penetrating Radar (GPR) and resistivity at a variety of coastal and highland Inca, Pre-Inca and Colonial sites.

KEY WORDS: Resistivity, Ground Penetrating Radar (GPR), Magnetometer, Inca, Colonial, soil chemistry.

Corresponding Author: Joel W. Grossman, Ph.D.

jwgnyny@gmail.com

www.GeospatialArchaeology.com

19101 Mystic Pointe Drive, Aventura, Florida 33180

² An earlier version of this paper was presented as part of the symposium: The Legacies of Archaeologists in the Andes: Second Symposium, the Institutionalization and Internationalization of Andean Archaeology, Organized by Monica Barnes and Mario Rivera. 84th Annual Meeting of the Society for American Archaeology April 10–14, 2019, Albuquerque, New Mexico.

**Visión Bajo la Tierra:
La Viabilidad de la Teledetección Geofísica Arqueológica
en la Costa y las Tierras Altas de Perú**

Este documento informa de recomendaciones programáticas, una serie de seminarios avanzados en arqueología y pruebas de campo en geofísica realizadas durante una consultoría de un mes con el Instituto Nacional de Cultura (INC) en octubre de 1982. El programa internacional invitado se centró en la investigación de doce estudios sobre yacimientos históricos, inca y pre-inca a lo largo de la costa y la sierra. La financiación fue proporcionada por la OEA, la UNESCO y el Fondo Andrés Bello (Figuras 1 y 2). Esta es la primera presentación formal de este esfuerzo. La guerra de Sendero Luminoso impidió futuras investigaciones bajo esta iniciativa. Los hallazgos de este artículo se extraen en gran parte textualmente de mi informe original UNESCO-OEA-Andrés Bello de 1983 con el mismo título, un factor que subraya la vigencia y la relatividad continua de los resultados originales a las condiciones modernas y los desafíos programáticos (Grossman et al. 1983). Los hallazgos de este estudio geofísico de principios de 1982 son todavía únicos en la historia de la geofísica en Perú y no fueron reproducidos (ver Vickers y Dolphin 1975 para su trabajo inicial en el suroeste de Estados Unidos, y Olhoeft 1998 y Bevan 2004 para ejemplos más modernos) en estudios geofísicos arqueológicos posteriores.

La utilidad de la creación de perfiles, por radar de penetración de suelo terrestre (GPR), de las características estructurales del subsuelo terrestre fue demostrada inicialmente por el trabajo de Morey y Harrington en un artículo titulado "Perfilado continuo del subsuelo por radar de impulsos" (Morey y Harrington 1972). Los primeros experimentos con radares aéreos basados en el espacio establecieron la presencia visual de canales fluviales enterrados en el delta del Nilo durante los vuelos de la sonda lunar Apolo sobre el norte de África por parte del Laboratorio de Propulsión a Chorro y la NASA (Porcello 1974). La GPR terrestre en arqueología tuvo sus raíces a principios de la década de 1970, comenzando en 1974 con experimentos en Chaco Canyon, Nuevo México por Roger Vickers, David Johnson y Lambert T. Dolphin del Instituto de Investigación de Stanford y el Servicio de Parques Nacionales (Vickers y Dolphin 1975 ; Vickers, Dolphin y Johnson 1976).

Este estudio fue fundamental e importante porque comparó los perfiles de eco de radar con la ubicación y la forma de características culturales excavadas previamente. También innovaron, como el trabajo peruano posterior de 1982 del autor, al utilizar la medición de la resistividad del sitio como un medio para determinar la utilidad potencial y la penetración de GPR (Vickers y Dolphin 1975). Una de las primeras aplicaciones de resolución de problemas de Ground Penetrating Radar (GPR) en la arqueología de América del Norte se llevó a cabo como parte de un esfuerzo de mitigación a gran escala dirigido por el autor, como parte de una excavación de rescate financiada con fondos federales del enterrado (bajo tres pies de relleno de esquisto) Asentamiento de la era de la Guerra Revolucionaria de Raritan Landing en Nueva Jersey en 1978 (Grossman 1978; 1980). La aplicación del GPR en la arqueología del Perú andina no fue utilizado en numerosos estudios de casos hasta casi dos décadas después.

El primer caso documentado de estudio geofísico en Perú, concretamente en este caso la costa de Perú, tuvo lugar como parte de una escuela de campo de verano de la Universidad de Missouri que estudió el yacimiento costero precerámico de Paloma en la

quebrada de Chilca, al sur de Lima, entre junio y julio de 1977 (Benfer y Benfer 1990; Ver Benfer 1982, 1984, 1986a yb, 1990, 2001, Benfer et. Al. 1978a yb, 1980; Ravines 1988). De particular relevancia para este estudio, bajo la dirección de Robert A. Benfor y Alice Benfor, su equipo desplegó tanto equipos de resistividad como un magnetómetro de protones para producir mapas geofísicos de Paloma, en un sector excavado previamente por Frederic Engel (Benfer y Benfer 1990; Engel 1980). El hecho de que incorporaron un medidor de resistividad en su estrategia de levantamiento también fue una novedad. Con la excepción del trabajo de John Rick en Chavin, no se sabe de ningún otro proyecto geofísico importante en Perú que haya utilizado intensivamente la resistividad, ya sea para un levantamiento real o para calibrar la penetración potencial de GPR - Bevan demostró que la penetración de GPR mostró una correlación positiva directa con resistividad, cuanto mayor es la resistividad, más profunda es la penetración del radar (Bevan 2004; Fig. B100).

Aparte del trabajo geofísico inicial de Benfor en Paloma en 1977, y el estudio geofísico de yacimientos costeros y montañosos peruanos como parte de esta iniciativa UNESCO-OEA-Andrés Bello en 1982 por el autor principal, que utilizó resistividad para estudiar los contrastes eléctricos entre características estructurales incas e históricas enterradas y su relleno circundante para calibrar la utilidad de GPR, sobre lo que se informa en este artículo (ver Grossman 1983), parece que no ha habido casos de uso de sistemas geofísicos en la arqueología andina hasta el trabajo de John Rick en Chavín en 1998, unas dos décadas después de los primeros experimentos y aplicaciones de GPR en la arqueología de América del Norte, específicamente en la arqueología histórica a principios de la década de 1970. Cuando los relatos publicados de los levantamientos geofísicos en general, y los estudios de GPR en particular, se volvieron comunes en la arqueología peruana, lo hicieron en un grupo cronológico de dos décadas a partir de 1998. Se publicaron al menos treinta casos de levantamientos geofísicos aplicados sobre el trabajo en la costa y los altiplanos del Perú entre 1998 y 2020. De estos, al menos 13 estudios geofísicos fueron publicados sobre observaciones geofísicos de yacimientos costeros prehistóricos e históricos (Benfer y Benfer 2004; Haley nd; Lasaponara et al., 2014 y 2017; Masini et al. 2008, 2016 ; Micievicz y Makowski 2001-2002; Millaire y Eastaugh 2011 y 2014; Rizzo et al.2010; Sandweiss et al.2010; Vanvalkenburgh et al.2015). Se publicó un estudio sobre el uso intensivo de GPR basado en redes en el histórico yacimiento colonial del Hospital de San Andrés en Lima (Bauer et al. 2007). Aunque algunas iniciativas inéditas pueden haberse agregado a la muestra, y luego de este programa financiado por UNESCO-OEA-Andrés Bello emprendido por el autor principal y el personal del INC en octubre de 1982, se realizaron al menos diecisiete estudios geofísicos adicionales en yacimientos arqueológicos de la sierra de Perú después de 1998 (Bauer y Rodríguez 2007; Best et al.2009; Dayton y Janusek 2005; Henderson 2004; Klarich y Craig 2001; Masini et al.2020; Williams et al.2004 y 2007). Se publicó un estudio sobre el uso de la geofísica y GPR en sitios del Período Formativo preinca en el Altiplano de Bolivia (Dayton y Janusek 2005) y un estudio reciente utilizó GPR y magnetómetros para mapear características culturales del período Inca en el yacimiento Inca de Chachabamba en las tierras altas del Valle de Urubamba (Masini et al.2018). Se presentaron cuatro estudios entre 2001 y 2007 sobre el uso de la prospección GPR para detectar características culturales del subsuelo en los yacimientos del horizonte medio de Tiwanaku y Pucura en la cuenca del lago Titicaca (Henderson 2004; Klarich y Craig 2001, Williams et. Al.2004; 2007). Además, en 2015, los arqueólogos del Centro de Investigación Arqueológica de Tiahuanaco anunciaron el descubrimiento de una pirámide subterránea y otras anomalías en el yacimiento

utilizando GPR (Archaeologists Find Underground Pyramid at Tiahuanaco in Bolivia, Excavations Planned | Ancient Origins (ancient-origins.net). Finalmente, John Rick informó sobre dos casos del uso temprano de la geofísica en el sitio de Chavín de Huántar en las tierras altas, primero en 1998 y luego en 2009. El equipo usó GPR, y luego resistividad, para definir y luego probar a través de excavación, dos grandes anomalías en la Plaza Mayor del sitio, ambas identificadas como contextos rituales “probables” (Rick 2017: 32-33; comunicación personal de John Rick 24-11-2020).

La iniciativa de colaboración internacional UNESCO-OEA-Fondo Andrés Bello discutida en este documento tenía tres componentes principales: 1) una serie de seminarios de tres semanas sobre tecnología aplicada en arqueología para el personal arqueológico y de preservación del INC en Lima, Cusco y Ayacucho, 2) una visita a doce yacimientos del proyecto INC para recomendar estrategias de tecnología aplicada apropiadas en apoyo de los esfuerzos de excavación y estabilización, y 3) pruebas de resistividad y química del suelo para recomendar estrategias de detección remota específicas del yacimiento (por ejemplo, resistividad, magnetismo o radar de penetración del suelo) para mejorar la definición de los límites arqueológicos y la estructura interna del yacimiento, en los yacimientos del proyecto INC. Al final, de los doce yacimientos prehistóricos e históricos examinados para determinar la conductividad y las características del suelo, un total de siete sitios demostraron responder electrolíticamente y ser fuertes candidatos para investigaciones y estudios adicionales con procedimientos geofísicos avanzados. Este artículo tiene como objetivo explicar cómo se hizo eso en seis temas: 1) antecedentes y contexto, 2) la serie de seminarios y talleres, 3) calibraciones de resistividad, 4) resultados de encuestas y evaluaciones de sitios, 5) pruebas y calibraciones químicas de suelos y finalmente 6) el informe final elaborado en Perú.

Orígenes y antecedentes de la Iniciativa UNESCO-OEA-Andrés Bello de 1982: El contexto institucional y los orígenes del programa no universitario y financiado internacionalmente son importantes. Cómo surgió es relevante. Las invitaciones iniciales para participar en el programa peruano de capacitación en geofísica y arqueología surgieron como seguimiento de una presentación que di antes de una conferencia patrocinada por la OEA sobre arqueología de rescate del Nuevo Mundo celebrada en mayo de 1981 en Quito, Ecuador. La invitación oficial inicial (Figura 1) en agosto de 1981, destacó la influencia de una de mis publicaciones recientes, en ese momento, y el tema de mi presentación en Quito, titulado “Definición de límites y focalización de excavación con radar de penetración terrestre: Caso Raritan Landing” (Grossman 1980). Una segunda invitación oficial y más específica (Figura 2) fue solicitada por el Dr. Jorge Levano, Director de Restauración de la Iglesia de San Francisco para el Instituto Nacional de Cultura (INC) (Levano 1982). Además de solicitar mis credenciales y un breve plan de trabajo, en esta segunda invitación me pidieron específicamente que trabajara bajo los auspicios de la OEA para presentar una serie de seminarios a los científicos del INC y evaluar el trabajo arqueológico en curso, presentar una gama de estrategias de tecnología aplicada en arqueología histórica y capacitar a arqueólogos peruanos que trabajaban en la restauración (de varios años) de la Iglesia San Francisco en Lima y en otros yacimientos de restauración localizados en otras partes del Perú. Esta es la primera de una serie de cuatro seminarios presentada por el autor principal, como parte de la restauración de doce años (1978-1990) patrocinada por la UNESCO, de la Iglesia de San Francisco (Alcantara Gomez 2012: 29), fue

seguida por tres seminarios adicionales en arqueología histórica entre 1983 y 1984: por Katherine Deagan de la Universidad de Florida en 1983, por Lorenzo López y Sebastián de la Universidad Complutense de Madrid y por Alfredo Moreno Cebrian del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de Madrid (CSIC), ambos en 1984 (Alcántara Gómez 2012: 41).

El comienzo y el interés inicial del INC fue un "descubrimiento en construcción" a gran escala y un paro al trabajo federal. El proyecto Raritan Landing fue causado por el descubrimiento tardío de una comunidad portuaria enterrada de antes de la Guerra Revolucionaria en New Brunswick, Nueva Jersey, EE.UU., durante el proyecto de tratamiento de agua de cien millones de dólares en todo el drenaje de Raritan (Grossman 1980). Aquí, el desafío arqueológico se complicó por el hecho de que la comunidad portuaria colonial enterrada finalmente fue identificada bajo un manto sellado de relleno de lutita estéril, coronado por césped y pasto (Figura 3), lo que impidió su identificación temprana por otros arqueólogos antes del inicio de las obras.

En lugar de las tradicionales sondas de prueba físicas que consumen mucho tiempo y el muestreo aleatorio ciego (ver Grossman y Cavallo 1982), Ground Penetrating Radar (GPR), desplegado por la NASA para el programa Lunar Lander (que les dijo a los astronautas si habían aterrizado en roca sólida o inestable polvo (Porcello 1974)), se implementó de manera de emergencia para "ver a través" del relleno de roca que cubre la comunidad portuaria colonial perdida de Raritan Landing. El radar de penetración terrestre había sido lanzado como una tecnología viable para uso civil por DARPA, la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa del gobierno de EEUU., a principios y mediados de la década de 1970 y estaba disponible comercialmente antes de 1976 (Bevan y Kenyon 1975; Bevan 1983; Hranicky 1977, Morey y Harrington Jr. 1972; Rosetta 1977; Vickers, Lambert y Johnson 1976). Conocí la utilidad arqueológica de GPR a mediados de la década de 1970 gracias al trabajo de Bruce Bevan sobre sitios históricos coloniales que se estaban estudiando en el laboratorio MASCA de la Universidad de Pensilvania (Bevan 1975). El equipo de radar (detección y determinación de distancia por radio) que implementé con Bruce Bevan e ingenieros de Geophysical Survey Systems de New Hampshire, en 1978, trazó un mapa de la comunidad portuaria colonial enterrada de Raritan Landing, en Nueva Jersey.

Esta iniciativa con GPR no estuvo exenta de una letanía de desafíos tecnológicos. La tecnología era nueva y todavía estaba parcialmente en forma de prototipo, compuesta por algunas antenas de varias frecuencias en cajas de madera hechas a modo de preproducción (Figura 4). Al principio, no sabíamos cómo interpretar los datos del radar, datos que salían como una serie de perfiles de papel largos, similares a un sonar, cuando la antena del radar se movía a lo largo de líneas de cuadrícula de intervalos de cinco pies en una serie de NS / EW. transectos (Figura 4). Como solución, decidí representar los datos no como lecturas de profundidad absoluta, sino como una serie de bandas de color superpuestas que reflejan la profundidad relativa de las señales a lo largo de cada línea de transecto. (Sabíamos la profundidad del asentamiento enterrado por los cortes iniciales de la retroexcavadora a través de los tres a cuatro pies de relleno de lutitas rocosas; lo que no sabíamos era la extensión, los límites y la composición interna del sitio). Con la ayuda de expertos del ejército de los EE. UU., Encabezados por un especialista en radar, Emerson Frost, de Fort Monmouth (estaban mapeando mosquitos para el programa F16), los resultados se trazaron como una serie de bandas de diferentes colores que reflejan la profundidad relativa de los ecos de radar registrados a lo largo de las líneas de cuadrícula de la encuesta NS y EW. El mapa de radar 3D

codificado por colores resultante reveló el contorno, la ubicación, los límites y la profundidad relativa de los edificios enterrados (Figura 5). El detalle proporcionado por el mapa de radar policromado permitió a los arqueólogos y planificadores diseñar un programa conjunto de mitigación de rediseño y recuperación de datos solo para aquellos sectores que no podían evitarse; en lugar de una zanja de tubería de 40 pies de ancho, el programa de mitigación redujo el corredor de impacto de excavación a una zanja de tubería de 15 pies de ancho (ver Grossman 1980). El proyecto arqueológico se completó a tiempo y dentro del presupuesto.

Además del uso de GPR para definir el yacimiento, nuevas estrategias de grabación: medición de distancia electrónica ((EDM) – La primera generación de láser que al no tener capacidad de memoria tuvimos que programar para convertir ángulos y distancia en coordenadas x,y,z), fotogrametría de una sola cámara métrica, informatización simultánea en el yacimiento de todas las lecturas de tránsito y resultados de excavación, conservación simultánea en el yacimiento y la capacidad de trabajar, se desplegaron sin interrupción en condiciones invernales extremas para acelerar el trabajo de campo. En lugar de los horarios tradicionales de buen tiempo, se construyeron cúpulas reforzadas con calefacción y sistemas de desagüe para descongelar el suelo, proteger a los científicos y los artefactos y permitir la excavación en cualquier clima, incluso en las condiciones invernales más severas (Figura 6). En lugar de cintas métricas manuales estándar, niveles de línea y tránsitos ópticos, la excavación de rescate de emergencia también innovó al implementar el uso de un tránsito informático o medidor de distancia electrónico (EDM) (Figura 6, *ibid*) fue innovador en la implementación de su uso en las excavaciones arqueológicas en Estados Unidos. Este equipo había demostrado su eficacia en Sardis Turquía, el año anterior al aterrizaje en Raritan, por el Dr. Gene Sterud de la Sociedad de Arqueología Estadounidense (SAA). En lugar de tediosos bocetos de campo dibujados a mano de las diversas características de la superficie enterrada, un sistema de suspensión de cámara tipo "bípode" estereofotogramétrico, construido a medida, registró cada superficie como una serie de pares estéreo, en 15 x 15 pies cuadrados. .los bloques de fotos (Figura 7). Estos pares de estéreo se unieron para generar un mapa base fotográfico métricamente preciso del yacimiento enterrado (Figura 8, nivel inferior). Menciono estas capacidades porque reflejan lo que la delegación peruana escuchó y lo que le interesó cuando se les presentó por primera vez estos ejemplos de tecnología aplicada en la conferencia de 1981 patrocinada por Quito-OEA.

Las primeras computadoras portátiles (recuerde, esto fue en 1978) se programaron en Basic para acelerar el proceso de conversión de coordenadas en los puntos x, y, z para las miles de mediciones de ángulos y distancias tomadas por este EDM de primera generación. Las terminales de computadora en el yacimineto se conectaron por líneas telefónicas a las computadoras de marco principal de la Universidad con sede en FORTRAN para producir bases de datos cuantificadas que registran la procedencia y el material y la definición de clase de todos los artefactos excavados durante el trabajo de campo, acelerando así todo el proceso. Los resultados cuantificados y computarizados se convirtieron en gráficos de densidad de artefactos, o SYMAP, para cada clase de artefacto, en cada una de las superficies coloniales enterradas (Figura 8, tres capas superiores). Los conservadores *in situ* estabilizaron los artefactos frágiles durante el trabajo de campo y evitaron así que se convirtiesen en ceniza al ser expuestos a la atmosfera(Figura 9). Estas capacidades formaron el marco central de las tecnologías aplicadas que presenté en los seminarios patrocinados por UNESCO-OEA-Andrés Bello que se llevaron a cabo en la magnífica biblioteca del siglo XVI del Convento de San

Francisco en Lima. También se aplicaron estas tecnologías en el yacimiento de las catacumbas subterráneas de Lima la que fue el foco de intensivos de ensayos químicos y pruebas de resistividad durante el proyecto.

El Seminario, taller practico: Además del trabajo de campo y las pruebas llevadas a cabo en el yacimiento que mencionaré a continuación, un elemento central de este programa internacional invitado fue la presentación de una serie de talleres sobre tecnología aplicada en arqueología para especialistas peruanos en arqueología Inca y Colonial y restauración de yacimientos arqueológicos. El taller seminario se llevó a cabo en dos sesiones, una sesión matutina dirigida por mí con una serie de debates y presentaciones formales de seminarios y una segunda sesión por la tarde a cargo de directores de proyectos del INC de todo el Perú, Arqueólogos, historiadores de la arquitectura y especialistas en restauración de los proyectos del INC trasladados a Lima para participar y contribuir en dichos seminarios. Entre los temas discutidos, mis seminarios se enfocaron en presentar problemas y nuevas direcciones para desafíos de levantamiento y excavación en arqueología de rescate urbano, enfoques igualmente aplicables a yacimientos coloniales urbanos complejos, así como yacimientos multicomponentes incas y pre-inca. Además del rol de la tecnología aplicada, mis seminarios del INC se centraron en siete temas y áreas de investigación viable en la arqueología andina contemporánea: 1) el registro estratigráfico; 2) cuestiones de cronología y análisis de la cerámica; 3) conservación concurrente in situ, 4) pertinencia de los estudios etnobotánicos; 5) reconstrucción paleo ambiental; 6) estrategias logísticas para arqueología urbana histórica y compleja de múltiples componentes a través de la presentación de estudios de caso que dirigí dentro de los EE. UU. Y otros países, y, finalmente 7) una explicación de la estructura y el funcionamiento de las regulaciones y pautas de cumplimiento ambiental actuales dentro agencias estadounidenses e internacionales para facilitar la identificación, definición y evaluación en múltiples etapas eficiente y eficaz de los recursos arqueológicos e históricos. En otras palabras, ¿cómo encaja la ciencia con la ley?

Resistividad: la Figura 11 muestra un boceto de 1929 de un medidor de resistividad accionado por manivela (Clark 1997: 1). La unidad histórica ilustra el uso de cuatro electrodos de acero recubiertos de cobre empujados hacia el suelo en una línea con el mismo espacio entre los electrodos, conocida como configuración Wenner. Los dos electrodos externos envían una corriente electrónica al suelo, los dos electrodos internos miden un voltaje; cuando se divide por la corriente, se obtiene una resistencia en ohmios. La Figura 12 muestra a los arqueólogos peruanos con una unidad de resistividad Gossen Geohm 3 más moderna, alimentada por baterías, en las catacumbas de San Francisco usando la misma configuración Wenner de cuatro electrodos que la unidad anterior accionada por manivela. Los intervalos de los electrodos variaron entre medio y un metro, según las condiciones del sitio y la profundidad proyectada de los elementos enterrados. Dado el espaciado variado de electrodos utilizado, todas las mediciones de campo se convirtieron de resistencia a resistividad efectiva (ER) (expresada en ohmios-metros, u ohm-m) para estandarizar las lecturas de resistividad entre diferentes espaciamientos de los electrodos. La resistividad efectiva se calcula de acuerdo con la fórmula: $2 \pi d r$, donde d = espacio entre electrodos adyacentes y r = resistencia registrada. Todas las lecturas de resistencia fueron traducidas por miembros del equipo peruano a resistividad efectiva para los doce yacimientos examinados.

La utilidad potencial de estos procedimientos de teledetección está respaldada por varias suposiciones y conocimientos geofísicos básicos. Pruebas anteriores fuera del Perú han demostrado que la profundidad de penetración del radar de penetración terrestre y la aplicabilidad de otras técnicas de teledetección se pueden determinar mediante pruebas preliminares de resistividad del suelo subterráneo, o su conductividad inversa, y determinando las características químicas de los depósitos del yacimiento. Aunque otros factores (por ejemplo, la humedad, la cantidad de arcilla, la porosidad del suelo, la presencia relativa de sales, la cantidad de material orgánico y la temperatura del suelo) pueden afectar la profundidad de penetración del GPR, en general, cuanto mayor sea la resistividad efectiva (ohm-metros, u ohm-m) más profunda será la penetración proyectada de GPR (Bevan, 2004; Olhoeft 1998: 177-182). Para citar a Bevan, "una resistividad más alta significa una mayor profundidad de perfil [radar]". (Bevan 2004: Figura 100; 40) El límite crítico parece ser de alrededor de 100 ohm-m para yacimientos multicomponentes históricos y prehistóricos de más de unos pocos metros de depósitos estratificados. Si la resistividad es superior a 100 ohm-m, muchos radares podrán perfilar hasta una profundidad de al menos 2 metros o más. Bevan comparó la profundidad relativa de penetración de los perfiles de radar con las mediciones de resistividad efectiva (ohm-m) utilizando dos antenas (180 y 315 MHz) en 79 emplazamientos. Pudo demostrar que ambas antenas "vieron" anomalías hasta profundidades de aproximadamente 1-2 metros con niveles de resistividad de aproximadamente 100-300 ohm-m. Ambas antenas "cortan" hasta una profundidad de 3 a aproximadamente 7 metros a niveles de resistividad de 1000 a 10,000 ohm-m (Bevan 2004: Figura B100).

En cada uno de los doce yacimientos peruanos en los que se realizaron las pruebas, la ubicación y orientación de las lecturas de resistividad se colocaron, siempre que fue posible, en un corte transversal en ángulo recto a través de la pared enterrada parcialmente excavada y los elementos estructurales. Se pudieron realizar mediciones y transecciones de muros enterrados en cinco de los doce sitios investigados: en Quinta de Presa en Lima; en Ollantaytambo y Sacsayhuaman en Cuzco; y en Wari y Conchopata en Ayacucho. Se realizaron múltiples lecturas de transectos en la mayoría de estos sitios. En al menos la mitad de estos sitios, y como lo ilustran los gráficos de líneas asociados y los gráficos estadísticos, las pruebas de resistividad mostraron una buena respuesta de señal y fluctuaciones verticales significativas o picos en los niveles de resistividad efectiva del subsuelo a lo largo de la alineación de muros enterrados conocidos y elementos estructurales expuestos.

Tanto en la costa como en las tierras altas del Perú, el equipo de resistividad estaba "viendo" elementos arquitectónicos enterrados tanto en sitios prehistóricos como históricos. Los resultados del campo de resistividad se presentaron gráficamente en tres formatos visuales: 1) como un histograma estadístico de los resultados químicos y las lecturas de resistividad en cada área probada (Figura 13); 2) como una serie de gráficos de líneas de regresión lineal que muestran las correlaciones relativas entre la resistividad y los elementos químicos del suelo registrados en cada sitio (Figura 14); y 3) para cada sitio probado, como un gráfico de líneas que muestra los cambios en la resistividad efectiva en las paredes o elementos estructurales identificados (por ejemplo, Figura 15).

Pruebas químicas del suelo y correlaciones: Además de las lecturas de resistividad del subsuelo, cada sitio también fue probado para seis variables químicas: pH (acidez relativa); humedad; carbonatos de calcio; óxidos de calcio; cloruros; y sulfatos. El objetivo de estas pruebas adicionales fue determinar las correlaciones entre la

resistividad efectiva registrada y los diferentes compuestos químicos para cada uno de los doce sitios investigados. Se propuso, en la futura ausencia de equipo de resistividad fácilmente disponible, que las correlaciones positivas y negativas entre la resistividad efectiva registrada (ER) y las concentraciones de los elementos químicos probados podrían servir como indicadores alternativos rentables, o proxy, para la determinación de la utilidad de GPR y levantamiento geofísico intensivo de resistividad de sitios seleccionados para investigación adicional.

Se analizaron veintidós muestras de suelo de los doce sitios investigados. Todas las muestras fueron analizadas en el laboratorio de química húmeda de la oficina de Lima del INC por la química Teresa L. Quintana (Cuadro I; Quintana 1982). Estos compuestos fueron seleccionados porque 1) se pueden medir fácil y económicamente con las instalaciones de laboratorio existentes en Perú, 2) excepto el pH, cada uno es electrolíticamente sensible y por lo tanto se podría esperar que tuvieran una fuerte correlación estadística positiva o negativa con los niveles de resistividad efectiva de los depósitos investigados. Se seleccionaron tanto la humedad como el pH porque afectan la disponibilidad de los compuestos mencionados anteriormente y son fácilmente medibles. La humedad también afecta al radar de penetración terrestre; la alta humedad atenúa la señal del radar y disminuye su profundidad de penetración (Alsharahi 2016: 574; Robinson et al. 2013: 22). Se seleccionaron óxidos, carbonatos y sulfatos porque se asocian comúnmente con materiales de construcción y elementos arquitectónicos tanto en sitios prehistóricos como históricos que contienen mortero y yeso. Al igual que la alta humedad, en concentraciones excesivas, los cloruros y las sales pueden crear el equivalente a un escudo electrónico que puede negar la utilidad y la profundidad de penetración del radar de penetración terrestre y otras tecnologías de detección remota electrolíticamente sensibles (Olhoeft 1998: 177-182).

Las disparidades entre la química del suelo de cada una de las tres áreas geográficas estudiadas (Lima, Cuzco y Ayacucho) indicaron fuertemente que las huellas químicas eran diferentes para la región de alcance y, como resultado, las recomendaciones para estrategias geofísicas específicas deben ser hechas a la medida de cada una. región investigada. Esta afirmación se refleja en las lecturas absolutas de los elementos de cada región probada (Tabla I). Por ejemplo, en Quinta de Presa y San Francisco en Lima, la humedad fue consistentemente baja (Muestra E en San Francisco, que arrojó una lectura de humedad baja de 4.85%), pero fue alta en los sitios de Wari y Conchopata en las tierras altas de Ayacucho con lecturas de humedad. de 14.05% en Conchopata y un rango superior de 9.07 a 19.84% en Wari. Asimismo, la Humedad también fue alta en los sitios cusqueños de Sacsayhuaman y Coricancha con rangos entre 12.78% y 14.52%. La humedad fue muy baja en Ollantaytambo con un rango bajo de 3.82 a 5.75%. Las lecturas de alta humedad en Ayacucho fueron consistentes con lo que emergió como niveles relativamente bajos de resistividad efectiva y, como tal, bajos niveles esperados de penetración por GPR.

Como se ilustra en la Tabla II, el cálculo de los coeficientes de correlación entre los cuatro elementos (óxidos, carbonatos, cloruros y sulfatos) y las condiciones del suelo (pH y humedad) mostró correlaciones positivas negativas con resistividad efectiva registrada, dependiendo de la región. En Lima, el sitio de Quinta de Presa mostró fuertes correlaciones negativas entre alta resistividad efectiva y alta humedad, óxidos y carbonatos. En otras palabras, en Quinta de Presa, niveles más altos de humedad, óxidos y carbonatos se correlacionaron con una resistividad efectiva más baja. En contraste, aquí en la costa, altos niveles de Cloruros y pH mostraron correlaciones positivas con

ER, o cuanto más básicos son los suelos, mayor es la resistividad efectiva. Lo contrario fue cierto para Ayacucho y Cuzco; allí, el pH mostró fuertes curvas negativas que indicaban que un pH alto daría como resultado una resistividad efectiva más baja ... en estos dos locales.

En Ayacucho, los niveles de Óxidos mostraron correlación positiva con la resistividad efectiva, todos los demás elementos mostraron fuertes correlaciones negativas entre los elementos probados y los niveles de resistividad efectiva. Como se indicó anteriormente, tanto Wari como Conchopata se distinguieron por niveles relativamente altos de humedad, un factor fuerte que afectaría negativamente la penetración potencial de GPR (Cuadro I). Excepto por el óxido de calcio, todos los demás elementos se correlacionaron inversamente con la resistividad efectiva (Tabla II). El pH se destacó de las otras variables. En Ayacucho, el pH fue alto tanto en Wari como en Conchopata, oscilando entre 7.55 a 8.45% en Wari y entre lecturas altas de 8.3 a 8.95% en Conchopata, los niveles más altos registrados en Perú. Los coeficientes de correlación calculados para los resultados combinados de Conchopata y Wari juntos, sugieren fuertemente que en Ayacucho, niveles más altos de pH y Humedad pueden tomarse como indicadores indirectos de resistividad efectiva baja y, por extensión, un nivel relativamente bajo de penetración proyectada para Georradar. Aquí, cuanto más bajos sean los niveles de óxidos, carbonatos, cloruros y pH, mayor será la resistividad efectiva y la penetración proyectada de GPR. De estos elementos, los Carbonatos se destacaron con un coeficiente de correlación negativo fuerte o pronunciado de -0,593; p.ej. Los niveles más altos de carbonato calculan una resistividad efectiva más baja y, por extensión, niveles más bajos de penetración para GPR.

Para Cuzco, los resultados fueron similares a los de Ayacucho (Cuadro I). La región de Cuzco estuvo representada en la muestra de ensayos de suelos de Sacsayhuaman y Ollantaytambo. Ambos fueron muy diferentes en sus niveles registrados de humedad. Sacsayhuaman presentó altos niveles de humedad con un promedio de 13,8%, mientras que Ollantaytambo arrojó un promedio bajo de 4,78% de humedad. Aunque Sacsayhuaman mostró niveles moderados de resistividad efectiva y claros indicios de que las sondas de resistividad estaban “viendo” características culturales debajo de la superficie, Ollantaytambo se distinguió por algunas de las lecturas de resistividad efectiva más altas en el estudio de múltiples sitios. Los histogramas de los porcentajes relativos de humedad, pH, cloruros, carbonatos, óxidos y sulfuros mostraron consistentemente niveles más altos de todos los compuestos en Sacsayhuaman que en Ollantaytambo (Cuadro I). Si bien no se calcularon coeficientes de correlación para la humedad y los óxidos en Cuzco, todos los demás compuestos mostraron correlaciones negativas significativas con la resistividad efectiva (Tabla II). En Cuzco, las correlaciones de coeficientes mostraron que cuanto mayor es la concentración de carbonatos, cloruros, pH y sulfatos, menor es la resistividad efectiva. O a la inversa, cuanto más bajos sean los niveles de estos químicos, mayores serán los niveles de resistividad efectiva. Y cuanto mayor sea la resistividad efectiva, más profunda será la penetración esperada de GPR y la efectividad del levantamiento intensivo de resistividad.

Para las tres regiones de prueba (Lima, Cuzco y Ayacucho), solo el nivel de carbonatos se correlacionó de manera inversa y consistente con la resistividad efectiva (Tabla II). Los niveles bajos de carbonatos se asociaron con una resistividad efectiva alta e inversamente, los niveles altos de carbonatos se correlacionaron con una resistividad efectiva baja (Tabla II). En consecuencia, los niveles altos de carbonatos se traducen en

una resistividad efectiva baja y, por lo tanto, una penetración de GPR efectiva relativamente baja (Alsharahi et al. 2016: 574).

Resultados de la encuesta y evaluaciones de sitios: Se probaron un total de doce sitios a lo largo de la costa y las tierras altas del Perú para determinar la resistividad del subsuelo y las características químicas como base para recomendar qué técnicas de detección remota (radar, magnetismo o conductividad) serían apropiadas para cada región y sitio. Los lugareños del estudio consistieron en sitios prehistóricos incas y preincas, así como en la investigación de sitios históricos coloniales en cada área de estudio. En Lima, los sitios históricos incluyeron el Convento de San Francisco y sus catacumbas de entierros enterrados y el sitio colonial de Quinta de Presa. En Cuzco, se realizaron muestreos de resistividad y pruebas de suelo en dos áreas de Sacsayhuaman, múltiples localidades en Ollantaytambo, en el sitio Inca de Coricancha, en Markavalle y en el sitio multicomponente recién descubierto de Wimpillay, y finalmente en dos sitios coloniales, Almudeña y el Iglesia de San Bernardo (sobre Coricancha). En Ayacucho se realizaron estudios geofísicos en los dos sitios Wari de Wari y Conchopata y en el sitio histórico del Convento de Santa Teresa.

De los doce sitios evaluados, la mitad mostró buenas condiciones electrolíticas y químicas para alguna forma de detección remota geofísica intensa adicional en el futuro. En la costa de Lima, las catacumbas del Convento de San Francisco (Figura 16) arrojaron buenos resultados de pruebas y una gran promesa de conocimientos de planificación positivos a partir de la aplicación de técnicas adicionales de teledetección. Se colocaron cuatro transectos a lo largo de los pisos de las catacumbas entre las criptas abiertas de restos humanos sueltos. Aunque aún no se habían realizado excavaciones en las criptas subterráneas en el momento de la prospección UNESCO-OEA-Andrés Bello, I.N.C. El personal del proyecto, Marcello Arroyo y Ernesto Nakandakari, sospechaba que otras estructuras estaban ocultas y enterradas debajo de los pisos actualmente expuestos de las catacumbas. Los resultados de resistividad parecen haber apoyado esta hipótesis. Como se ilustra en el gráfico de un transecto de resistividad de 6.5 metros tomado a intervalos de medio metro en uno de los pisos de la cámara abovedada, las lecturas de resistividad efectiva resultantes demostraron múltiples picos y oscilaciones que oscilan entre 40 y 90 ohm-m, lo que sugiere múltiples características enterradas debajo del piso de las catacumbas abovedadas (Figura 17). Las fluctuaciones en la resistividad efectiva también sugieren que estas características supuestamente enterradas serían buenas candidatas para exploraciones de detección remota adicionales con GPR y resistividad intensiva. La proximidad de ladrillos cocidos en la cripta y las paredes abovedadas de las catacumbas impedían la utilidad de los magnetómetros. Los pisos eran planos y sin obstrucciones, lo cual es bueno para GPR. Las fluctuaciones en el transecto de resistividad efectiva a través del piso sugieren que un estudio intensivo de resistividad a intervalos de al menos medio metro, con la mayor probabilidad, sería exitoso para ayudar a localizar características enterradas.

Además, en la costa de Lima, el sitio histórico de varios componentes de Quinta de Presa arrojó buenos resultados de pruebas y una gran promesa de conocimientos de planificación positivos a partir de la aplicación de técnicas de teledetección. Excavaciones de Rubén García del I.N.C. documentó al menos tres fases de construcción histórica en una serie vertical de depósitos superpuestos con múltiples características de las paredes hasta una profundidad de 1,5 metros. Aprovechando las excavaciones recientemente completadas, escaneamos la superficie moderna sobre paredes parcialmente expuestas y características históricas con buena respuesta de señal

(Figura 18). Como se dijo, estábamos viendo las paredes y los cimientos enterrados electrolíticamente. Una serie de lecturas a lo largo de un transecto de 3,5 metros de largo a intervalos de medio metro de ancho, primero un muro de mampostería de doble elemento enterrado, y segundo, una característica de piedra de adoquines apilados produjo picos extremos en relación con los depósitos intermedios. Sobre el muro de cimentación, las lecturas de resistividad efectiva aumentaron a más de 600 ohm-m, y a más de 500 ohm-m sobre la característica de adobe adyacente, con los depósitos intermedios sin características cayendo a menos de 100 ohm-m (Figura 19).

En Cuzco propiamente dicho, se evaluó Coricancha, pero la respuesta de la señal de resistividad allí fue muy baja y el sitio no era un buen candidato para la teledetección (Figura 20). También tenía lo que entendí que había sido ca. 2 - 2.5 metros de relleno histórico de los siglos XVII y XVIII debajo. Sin embargo, en otras partes de la región de Cuzco, tanto los sitios incas de Sacsayhuaman como Ollantaytambo mostraron indicios muy fuertes de que se podrían generar mapas geofísicos subterráneos útiles de teledetección. Ambos sitios demostraron fuertes contrastes en resistividad efectiva a través de muros y elementos estructurales parcialmente excavados. En Sacsayhuaman (Figuras 21-26), a excepción del festival Inti Raimi, la "plaza" aparentemente vacía se ha percibido comúnmente como desprovista de arquitectura o arqueológicamente vacía (Figura 22). Pero es interesante, parece que dondequiera que excavaron los equipos del INC, estaban golpeando edificios incas en la gran llanura frente a la fortaleza. Mientras estuve allí, observé la exposición de los cimientos de dos edificios enterrados en la "plaza" que de otro modo sería plana. Son claramente de origen Inca del Horizonte Tardío con dimensiones rectilíneas y construcción de piedra tallada (Figuras 23 y 24). La resistividad efectiva registrada fue mayor en las paredes del edificio y los escombros interiores en ambos locales. En la primera área, Chincana, la resistividad efectiva registrada se elevó a entre 300 y 400 ohm-m sobre una habitación Inca enterrada contra una lectura de fondo de 100 a 150 ohm-m fuera del muro de la estructura del Horizonte Tardío (Figura 25). En una segunda ubicación en Sacsayhuaman, Chukipampa, las lecturas de resistividad efectiva fueron menos pronunciadas en comparación con el primer caso, pero mostraron picos definidos sobre el interior de la estructura. Aquí, la resistividad efectiva superó ca. 100 ohm-m a través de la estructura Inca parcialmente expuesta y cayeron a menos de 60 a 85 ohm-m fuera del edificio enterrado (Figura 26). Estos dos descubrimientos del INC sugieren la posibilidad de que otras estructuras incas puedan estar presentes en el espacio abierto "estéril" de Sacsayhuaman. Por lo menos, parece no haber sido un área vacía en el Horizonte Tardío. Los resultados de resistividad también sugieren fuertemente que un programa avanzado e intensivo de estudios geofísicos de áreas amplias utilizando una variedad de instrumentos (resistividad, magnetómetros y GPR) está ciertamente garantizado en todo el plano interior de Sacsayhuaman.

Aunque inicialmente se incluyó en el informe de 1983 como posibles sitios en la región de Cuzco para estudios geofísicos adicionales en la región de Cuzco, los resultados de las pruebas en Markavalle y Wimpiyllay fueron decepcionantes. Ambos sitios arrojaron lecturas de resistividad efectiva baja por debajo de 100 ohm-m y, por lo tanto, no serían buenos candidatos para el levantamiento de resistividad o GPR. Markavalle demostró un factor negativo adicional en relación con la posibilidad de utilizar un magnetómetro en el sitio. Estaba delimitado por múltiples estructuras hechas de ladrillo cocido que contenían partículas de hierro magnéticamente reactivas que interferirían con las lecturas del magnetómetro. Finalmente, como se concluyó originalmente en 1983, los

dos sitios históricos de Almudena y San Bernardo arrojaron lecturas de resistividad muy bajas y una probabilidad mínima de prospecciones geofísicas exitosas.

Se registraron excelentes resultados en Ollantaytambo fuera de Cuzco. De hecho, los resultados de la teledetección y las fluctuaciones subsuperficiales en la resistividad en el complejo de su sitio fueron incluso más pronunciados que en Sacsayhuaman. En Ollantaytambo, los transectos de resistividad registraron una fuerte respuesta de señal y fluctuaciones extremas sobre pisos enterrados, canales interiores dentro de las habitaciones y terrazas de diferentes profundidades (Figuras 27 y 28). Una pared enterrada en el sector Manyarak del sitio mostró un pico, o pico, de casi 1000 ohm-m sobre el fondo, y cayó en un 50% a niveles entre 400 y 500 ohm-m a cada lado (Figura 29). En un segundo local en Ollantaytambo, el sector Incamisana, las lecturas a través de una terraza parcialmente expuesta mostraron picos consistentes entre 500 y 900 ohmios-m que cayeron a menos de 600 ohmios-metros en el lado de pendiente descendente de la terraza (Figura 30).

Finalmente, en Ayacucho, el sitio de Conchopata (Figura 31) mostró fluctuaciones relativamente menores, pero medibles, en la resistividad efectiva (ER) sobre las características culturales. Las lecturas de ER sobre características parcialmente excavadas aumentaron a casi 200 ohm-m, en comparación con lecturas por debajo de 175 ohm-m a cada lado de los elementos de la pared enterrada (Figura 32). Conchopata también fue problemática porque, como Wari, estaba cubierta de extensas zonas de escombros, piedras y arbustos, todos impedimentos para GPR.

Wari fue investigado durante un período de cuatro días (del 21 al 24 de octubre de 1982) por el Dr. Grossman y el equipo del INC (ver agradecimientos) con transectos de resistividad y pruebas químicas del suelo. La excavación del INC en Wari se llevó a cabo como una exposición de área amplia a gran escala, en lugar de una serie de pequeñas “cabinas telefónicas” (Flannery 1976), o cortes de prueba estratigráficos profundos pequeños ya menudo aislados. En contraste, el trabajo de campo del INC de 1982-1983 cubrió un área grande, conocida como el sector Vegachayoq Moqo, que consta de un montículo artificial de 8 metros de altura y una depresión adyacente sobre un área de 3600 metros cuadrados, en un rango de elevación de entre 2768 metros cuadrados. y 2776 metros sobre el nivel del mar. Bajo la dirección general del Dr. González Carre de la Universidad de Huamanga, y el liderazgo de campo de Enrique Bragairac Dávila, Director de Excavaciones, las excavaciones de área amplia revelaron un edificio de 14 metros de diámetro, en forma de D, característico de muchos sitios Wari. (Figura 33; ver McEwan y Williams en Bergh 2012: 72-73). El edificio en forma de D se encontró junto a una serie de galerías y salas rectilíneas decoradas con impresiones en relieve de motivos de estilo Wari y pintadas con dos y posiblemente tres colores (Ver Figura 34). Fue un descubrimiento importante patrocinado por el INC (Dávila, comunicación personal, 21-24 de octubre de 1982).

Múltiples transectos de resistividad a lo largo y adyacente al edificio en forma de D del sector de Vegachayoq Moqo mostraron una buena respuesta de señal en las estructuras identificadas y verticalmente dentro del relleno sobre el sitio. Se registró poca respuesta de señal en el relleno interior del edificio en forma de D. Sin embargo, los transectos a través de una cámara de piedra tallada (Figura 35), mostraron cambios identificables en la resistividad efectiva registrada (Figura 36). Finalmente, a pesar de los éxitos en Wari, el sitio histórico del Convento de Santa Teresa en Ayacucho mostró baja diversidad en

la amplitud de resistividad efectiva y, por lo tanto, una baja probabilidad de éxito para cualquier investigación subsiguiente de teledetección terrestre cercana a la superficie.

En resumen, se presentaron buenos resultados de resistividad y las recomendaciones para investigación geofísica adicional para seis sitios: San Francisco y Quinta de Presa en Lima, Ollantaytambo y Sacsayhuaman en Cuzco, y Wari y Conchopata en Ayacucho. En cada uno de los casos con resultados geofísicos positivos, el muro enterrado y los elementos estructurales se correlacionaron con fluctuaciones o picos significativos en la resistividad efectiva registrada. Como tal, cada uno de estos seis sitios se recomienda para trabajos adicionales de teledetección geofísica en general y GPR en particular.

El Informe Final : Las investigaciones específicas del sitio y la serie de seminarios en el Convento de San Francisco, fueron seguidas por un informe técnico multidisciplinario, y en este caso, patrocinado por la UNESCO-OEA-Andrés Bello internacional por mí y el personal del INC en Lima, Cuzco y Ayacucho. Los especialistas en arqueología y restauración llegaron en avión desde Cajamarca, pero no se realizó ningún trabajo de campo allí como parte del programa geofísico. Todos los registros de campo, cálculos de resistividad y pruebas químicas fueron realizados y analizados por científicos peruanos y participantes del simposio (Grossman et al. 1983). Hice recomendaciones finales, pero gran parte del informe fue realizado por los miembros peruanos del equipo. Como se documenta en los informes de campo del proyecto (por ejemplo, Quintana 1982a yb; Tabla I), el personal del INC interpoló los datos de campo y produjo conjuntamente las evaluaciones finales del sitio. Fue realmente un esfuerzo conjunto e internacional. El informe final de 1983 al INC (Ver subterráneo: la viabilidad de la teledetección arqueológica en la costa y el altiplano de Perú) incluía recomendaciones específicas sobre: 1) la definición de qué sitios se beneficiarían de un trabajo de teledetección en profundidad; 2) una lista de qué equipo de detección remota sería apropiado para cada sitio individual; y 3) una proyección de costos (en dólares de 1983) para cada sitio seleccionado. Finalmente, mi parte del informe incluyó una evaluación de equipos, instalaciones y necesidades de capacitación específicas de los proyectos y programas del INC en general, actuales y futuros. El informe también incluyó un llamado a una mayor financiación para respaldar un buen número de determinaciones de radiocarbono hasta la fecha, los hallazgos importantes que estaban descubriendo los programas del INC (Grossman et al. 1983).

Agradecimientos: Debo expresar mi especial agradecimiento a los arquitectos restauradores José Correa Orbegoso, Ramiro Salas Bravo y Jorge Lévano, que desde 1973 organizaron, llevaron adelante y ejecutaron la Restauración del Conjunto Arquitectónico de San Francisco de Lima, mediante los Convenios de Cooperación Internacional con la UNESCO, Organización de los Estados Americanos (OEA), y el Convenio Andrés Bello. Ellos fueron los Directores Técnicos del Patrimonio Cultural de la Nación del Instituto Nacional de Cultura (INC) que apoyaron la realización del Primer Seminario de Arqueología Histórica de 1982 y los siguientes de 1982 y 1983. Gracias a su permanente y decidido apoyo fueron posibles los contratos de los Consultores Internacionales que participaron en ese importante proyecto Interdisciplinario. En el año 1988, la Unesco declaró el Convento de San Francisco y posteriormente, en 1991 el Centro Histórico de Lima fue designado Patrimonio Mundial de la Humanidad, como “ejemplo excepcional de un conjunto arquitectónico que ilustra una etapa significativa de la historia humana.” Asimismo, mi participación en esta

iniciativa geofísica patrocinada por la OEA-UNESCO, Andrés Bello en todo el Perú fue planificada y coordinada por el Dr. Hugo Ludeña Restaura, entonces Director Técnico de restauración del Centro de Investigación y restauración de Bienes Monumentales de INC (actualmente afiliado con la Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Letras y Ciencias Humanas, Especialidad de Arqueología). Sus ediciones y orientación ayudaron a formular la versión final de este artículo. No habría tenido lugar sin su dirección, tanto en el campo como después. Un agradecimiento especial al Dr. Jorge Levano, Arquitecto Senior y Director del Proyecto de Restauración del Complejo San Francisco (Figura 2), por ser anfitrión del simposio de Lima, su invitación específica para capacitar a académicos peruanos y por facilitar el magnífico lugar para la conferencia de la Biblioteca del Convento de San Francisco del siglo XVI (Figura 10). Mis visitas a cada región fueron organizadas y supervisadas sistemáticamente por personal superior del INC. Mi visita de cuatro días a Ayacucho se llevó a cabo en el contexto de graves tensiones políticas, militares y sociales dentro de la región. Durante mi visita a Ayacucho y la evaluación de tres sitios allí, fui escoltado y guiado constantemente por el Ing. Jorge Marroquín, ingeniero de campo del proyecto INC a cargo de la coordinación de las actividades de estabilización del sitio con los equipos de campo arqueológicos. Mi estadía y acceso a las instalaciones en Ayacucho fueron coordinados por el Director del INC, Dr. Walter Wong. Los directores de campo del proyecto proporcionaron recorridos de inspección y descripciones detalladas de las actividades de investigación y excavación en curso en cada uno de los sitios del proyecto. La visita a Wari fue facilitada por el Dr. Enrique Gonzales-Carre, Investigador Principal y profesor de Arqueología de la Universidad de Huamanga, junto con el Director de Excavaciones del edificio en forma de D Vegachayoq Moqo en Wari, Enrique Braquairac Davila (Ver Figura 34). En cuanto a los temas institucionales de este simposio, es relevante señalar que, a pesar de la guerra en curso de Sendero Luminoso, todo el programa de mitigación y reconstrucción de Wari se llevó a cabo en condiciones adversas como un esfuerzo cooperativo entre la Corporación de Fomento de Ayacucho local y la Instituto de Cultura, sin apoyo fiscal externo o internacional. El trabajo de excavación y estabilización arqueológica se llevó a cabo como un esfuerzo de equipo multidisciplinario integrado, aprovechando igualmente las habilidades de los arqueólogos, arquitectos e ingenieros del proyecto hasta un nivel de integración que solo recientemente se ha aceptado como estándar en otros países. Las pruebas de campo en el sitio Ayacucho de Conchopata fueron facilitadas por la arqueóloga supervisora de campo, Denise Pozzi-Escot junto con el Dr. Gonzales-Carre e Ing. Marroquín. Finalmente, se realizó la visita al tercer sitio de estudio de Ayacucho, el convento de Santa Teresa, con la asistencia del Dr. Gonzales-Carre e Ing. Marroquín. Además de mi informe general y recomendaciones (Grossman et al. 1983), el informe final incluyó el análisis de la química del suelo y las operaciones de campo de apoyo por parte de los arqueólogos del INC: Marcelo Arroyo Ríos, Rolando Paredes Eyzaguirre, Graciela Fattorini Murillo, Teresa L. Quintana, Carmen Thays y Rubén García.

Referencias citadas:

Alcántara Gómez, Rosa (2012) Documentación previa a las Intervenciones de Patrimonio edificado. Análisis de Casos: Iglesia de San Francisco, Lima (1978-1990) En, *Devenir*, Vol 5, N° 9, Enero-junio 2018 pp. 29-50, Estudios, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

Alsharahi, Gamil, Abdellah Driouarch and Ahmed Faize
2016 Performance of GPR Influenced by Electrical Conductivity and Dielectric Constant. 9th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, INTER-ENG 2015, 8-9 October 2015, Tirgu-Mures, Romania. *Procedia Technology* 22 (2016), 570-575.

Bauer, Brian, Antonio Coello Rodriguez.
2007 The Hospital of San Andres (Lima, Peru) and the Search for the Royal Mummies of the Incas, Augusto 15, 2007, *FIELDIANA Anthropology, NEW SERIES, NO. 39*, Publication 1545, published by the Field Museum of Natural History, August 15, 2007 (free at: <https://archive.org/details/hospitalofsanand00baue/mode/2up>)

Benfer, Robert A.
1982 The Lomas Site of Paloma (5000 o 7500 b.p.), Chilca Vale, Peru. In Andean Archaeology, Rameiro Matos, editor. New York: *Academic Press*, pp. 27-54.

1984 Challenges and Rewards of Sedentism: The Preceramic Village of Paloma, Peru. En Mark Nathan Cohen and George J. Armelagos eds, *Paleopathology at the Origins of Agriculture*, Academic Press, pp. 531-558.

1986a Tests of Paloma Stratigraphy. Paper presented at the Midwestern Conference on Andean and Amazonian Archaeology and Ethnohistory, Colombia, Mo.

1986b Holocene Coastal Adaptations: Changing Demography and Health at the Fog Oasis of Paloma, Peru, (5000 – 7500 B.P.). En : Ramiro Matos Mendieta, S. A. Turpin, and H. H. Eling, eds., *Andean Archaeology*, UCLA Monographs in Anthropology, Institute of Archaeology. pp. 45-64

1988 El Proyecto Paloma de la University of Missouri y el Centro de Investigación de Zonas Áridas: 2: 33-73, Lima, Perú.

1990 The Preceramic Period site of Paloma, Peru. Bioindications of Improving Adaptions and Sedentism. *Latin American Antiquity*, I: 284-318

2001 El Proyecto Paloma después de 25 Anos. Presentación por el XIII Congreso Peruano y La Cultura Andina, Lima.

Benfer, Robert A. and John W. Greer.
1978 La temporada de 1976 del proyecto en la Paloma: Guía para los procedimientos a seguirse en el campo, pp. 42-66. En: Informe de las labores realizadas en el Pueblo 613 de la Paloma, Valle de Chilca, pp166, informe en el Instituto Nacional de Cultura, Lima, Peru.

Benfer, Alice N. and Robert A. Benfer

1978 La importancia de la Paloma para la pre-historia Peruana, pp. 21-26, En: *Informe de las labores realizadas en el Pueblo 613 de la Paloma, Valle de Chilca*, ms. Robert A. Benfer, ed., Lima, Peru.

Benfer, Robert A. and Sarah Gehlert.

1980 Los Habitantes Precolombinos de La Paloma, Ramiro Matos M., ed, En: *El Hombre y La Cultural Andina*, Lima, Perú, pp. 792-799

Benfer, Robert A and Alice Benfer

2004 Proton Magnetometer Survey, Paloma Project, June-July 1977. Archaeological Field School. University of Missouri, Columbia.

Bergh, Susan E.

2012 Wari: Lords of the Ancient Andes. Thames and Hudson, New York.

Best M, Bobrowsky P, Douma M, Carlotto V, Pari W

2009 Geophysical surveys at Machu Picchu, Peru: results for landslide hazard investigations. En: Sassa K, Canuti P (eds) *Landslides—disaster risk reduction*. Springer, Berlin, pp 265–273

Bevan, Bruce

1983. Electromagnetics for Mapping Buried Earth Features. *Journal of Field Archaeology*. Vol 10.

Bevan, Bruce.

2004 Geophysical Exploration for Archaeology. Volume B: Introduction to geophysical exploration. Geosight Technical Report Number 4, February 25, 2004. https://www.academia.edu/26462143/Geophysical_Exploration_for_Archaeology_Volume_B_An_Introduction_to_Geophysical_Exploration

Bevan, Bruce and Jeffrey Kenyon

1975. Ground Penetrating Radar for Historical Archaeology. *Museum of Applied Science Center for Archaeology Newsletter (MASCA)*. Vol2, No 2.

Clark, Anthony

1997 *Seeing Beneath the Soil: Prospecting Methods in Archaeology*. B.T. Batsford Ltd, London.

Dayton, C. and J.W. Janusek.

2005 Khonkho, Wankane and the Altiplano Formative: Geophysical Survey and Excavation. Paper presented at the 45th Annual Meeting of the Institute of Andean Studies. University of California. Berkeley. January 7-8.

Flannery, Kent

1976. *The Early Mesoamerican Village*. Academic Press. New York.

Grossman, Joel W.

1978 Ground-Penetrating Radar Survey of Raritan Landing: Archaeological Findings, Documentary Evidence, and Data Recovery Options. Report prepared for the Middlesex County Sewer Authority, on file with the USEPA, Region II. New York.

1980. Defining Boundaries and Targeting Excavation with Ground Penetrating Radar. *Environmental Impact Assessment Review*. Vol 1, No. 2.

www.GeospatialArchaeology.com/radar1980.pdf

(1994) High Caliber Discovery [The Historical Archaeology of West Point Foundry]. *Federal Archaeology* Vol. 7, No. 2, 38–43. Summer 1994. [WP Fed Arch-94.pdf](#) (Online NPS Web version: National Park Service: Featured Articles: <https://www.geospatialarchaeology.com/fedarch94.htm>)

2003 From Raritan Landing to Albany's Riverfront: The Path Toward Total 3D Archaeological Site Recording. En : Fisher, Charles, Ed. *People, Places and Material Things: Historical Archaeology of Albany, New York. Chapter 15: Battles and Breakthroughs*, 167-186. New York State Museum Bulletin 499. The University of the State of New York, The State Education Department, Albany, New York. <http://www.geospatialarchaeology.com/Grossman-3D-NYSMuseum.pdf>

2008a Future of Archaeology in the 21st Century: Human-Landscape Interactions. En: *Encyclopedia of Archaeology*, Deborah Pearsall, ed., Elsevier/Academic Press, Oxford, England Vol 2, pp. 1458-1476. <http://www.geospatialarchaeology.com/Grossman%202008-Landscape.pdf>

2008b Inter-Regional Studies: Archaeology of Toxic and Hazardous Environments. En *Encyclopedia of Archaeology*, Deborah Pearsall, ed., Elsevier/Academic Press, Oxford, England, Vol. 3, pp.2134-2156 <http://www.geospatialarchaeology.com/Grossman%202008-Toxic.pdf>

2011 Chapter 8: Archaeological Indices of Environmental Change and Colonial Ethnohistory in 17th Century Dutch New Amsterdam. In Henshaw, Robert Ed. *Environmental History of the Hudson River: Human Uses that Changed the Ecology: Ecology that Changed Human Uses*. The Proceedings of the 2009 Hudson River Environmental Society (HRES) Conference. SUNY Press. <http://www.geospatialarchaeology.com/Indices.pdf>

2018 A Brief Commentary on “South of the Rio Grande: Helmut De Terra and the Tepexpan Man of Mexico” By Daniel Schavelzon and Anna Igareta [An essay on the history and application of Ground Penetrating Radar (GPR) in archaeology]. *HAIG: Newsletter of the History of Archaeology Interest Group*. Society for American Archaeology, vol.8, no.2, August <https://www.geospatialarchaeology.com/HAIG2.pdf>

Grossman, Joel W, Lucille Johnson and Dorothy Peteet
2015 The Archaeology of Little Wood Creek: New Chronometric Evidence. *Archaeology of Eastern North America*. Vol. 43. Pp.173-198.

Grossman, J. W. W., Robert J. Taylor and Eri Weinstein
2019 Trace Element Markers as Proxies for the Calibration of Civil War-Era Sediment Accumulations at the West Point Foundry. IA: *The Journal of the Society for Industrial Archeology* 42, no. 2: 55-68. (Series release date; 2016)

Grossman, Joel and John Cavallo
1982. The Status and Potential of Predictive Surveys in New Jersey. In Olga Chesler, Ed. *New Jersey's Archaeological Resources: From the Paleo-Indian Period to the Present: A Review of Research Problems and Survey Priorities*. Historic Preservation Office, Trenton, New Jersey. February

Grossman, Joel. W., Marcelo Arroyo Rios, Rolando Paredes Eyzaguirre, Rubén Garcia, Hugo R. Ludeña, Graciela Fattorini Murillo, and Carmen Thays.

1983 Seeing Underground: The Feasibility of Archaeological Remote Sensing in Coastal and Highland Peru. Report prepared under the auspices of UNESCO, the OAS and the Andres Bello Fund for the National Institute of Culture (INC) of Peru, Lima.

Haley, Bryan S.

n.d. A Ground Penetrating Radar Survey of Forteleza Cerro Colorado, Peru, Bryan S. Haley, Department of Anthropology, Tulane University. (Unpublished manuscript, can be downloaded at:

at: http://stonecenter.tulane.edu/uploads/Haley%2C_Bryan-1341592770.pdf)

Henderson KK.

2004 Ground-penetrating radar at Tiwanaku, Bolivia. Unpublished MA thesis, Department of Anthropology, University of Denver, Denver Colorado.

Hranicky, W.J.

1977 Use of Radar in archaeological field surveying. *The Chesopiean* 15 (1-2): 10-15.

Klarich, Elizabeth and Nathan Craig

2001 Geophysical Survey in the Lake Titicaca Basin: Uncovering Elite Domestic Architecture at Pucara. Paper presented at the 2001 Society of American Archaeology Meetings

Lasaponara, Rosa, Giovanni Leucci, Nicola Masini, Raffaele Persico

2014. Investigating archaeological looting using satellite images and GEORADAR: the experience in Lambayeque in North Peru. *Journal of Archaeological Science* 42, pp. 216-230.

Lasaponara R, Masini N, Pecci A, Perciante A, Pozzi Escot D, Rizzo E, Scavone M, Sileo M.

2017 Qualitative evaluation of COSMO SkyMed in the detection of earthen archaeological remains: the case of Pachamacac (Peru). *J Cult Herit.* <https://doi.org/10.1016/j.culher.2015.12.010>

Levano Jorge (1982) Proyecto de Restauración del Conjunto Arquitectónico de San Francisco, Lima, Perú, Instituto Nacional de Cultura/Orden Franciscana.

Masini, N., E. Rizzo, R. Lasaponara, and G. Orefici

2008 Integrated remote sensing techniques for the detection of buried archaeological adobe structures: preliminary results in Cahuachi (Peru), 2008, *Advanced Geoscience*, 19, pp.75–82.

Masini N, Rizzo E, Capozzoli L, Leucci G, Pecci A, Romano G, Sileo M, Lasaponara R

2016 Remote sensing and geophysics for the study of the human past in the Nasca drainage. En: Lasaponara R, Masini N, Orefici G (eds) *The ancient Nasca world new insights from science and archaeology.* Springer International Publishing, Berlin, pp 469–527. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47052-8_20

Masini, Nicola, Luigi Capozzoli, Gerardo Romano, Dominika Sieczkowska, Maria Sileo , Jose Bastante, Fernando Astete Victoria, Mariusz Ziolkowski, Rosa Lasaponara 2018 Archaeogeophysical-Based Approach for Inca Archaeology: Overview and one operational application. *Surveys in Geophysics*. Springer International Publishing, Berlin. <https://www.researchgate.net/publication/328106276>

Masini, Nicola, Giovanni Leucci, David Vera, Maria Sileo , Antonio Pecci , Sayri Garcia, Ronald López, Henry Holguín and Rosa Lasaponara
(2020) Towards Urban Archaeo-Geophysics in Peru. The Case Study of Plaza de Armas in Cusco. *Sensors* 20 (10), 869. <https://doi.org/10.3390/s20102869>

McEwan, Gordon F and Patrick Ryan Williams
2012 The Wari Built Environment: Landscape and Architecture of Empire. En, Bergh, Susan E., *Wari: Lords of the Ancient Andes*, pp 65-81. Thames and Hudson, New York.

Micievicz Krystof and Kristof Makowski
(2001-2002) Non-destructive geophysical-archaeological investigations of the site at Tablada de Lurin (Peru). *Archaeology in Polona*, vol. 41: 20079-90. PL ISSN 0066-5924

Millaire, Jean-Francis and Edward Eastaugh
2011 Ancient urban morphology in the Viru Valley, Peru: Remote sensing work at the Gallinazo Group (100 B.C. – A.D. 700). *Journal of Field Archaeology*. Vol. 36, No. 4, pp. 289-

Millaire, Jean-Francis and Edward Eastaugh
2014 Geophysical Survey of the Coast of Peru: The Early Prehispanic City of Gallinazo Group in the Viru Valley. *Latin American Antiquity* 25 (3), pp.239-255. Society of American Archaeology.

Morey, Rexford, and Harrington, Jr., WS.
1972. Continuous subsurface profiling by impulse radar. Proceedings: *Engineering Foundation conference on Subsurface Exploration for Underground Excavation and Heavy Construction*, Engineering Foundation, New York, New York.

Olhoeft, Gary, R.
1998, May. Electrical, magnetic and geometric properties that determine ground penetrating radar performance. En *Proceedings of GPR* (Vol. 98, pp. 177-182).

Porcello, Leonard, J.
1974 The Apollo lunar sounder radar system. Proceedings: *Institute of Electrical and Electronics and Engineering* 62 (6).

Quintana, Teresa
1982a Analysis Quimico de tierras del Convento de San Francisco and Quinta de Presa. Centro de Investigacion y Restauracion de Bienes Monumentales. Lima, 28 de Desembre de 1982.

Quintana, Teresa
1982b Analysis Quimico de tierras de Huari, Conchopata y Cuzco. Centro de Investigacion y Restauracion de Bienes Monumentales. Lima, 13 de Decembre de 1982.

- Ravines, Rogger
1988 *Panorama de la Arqueología Andina*: Instituto de Estudios Peruanos, Lima, Peru
- Rick, John W.
2017 The Nature of Ritual Space at Chavín de Huántar. En : *Rituals of the Past: Prehispanic and Colonial Case Studies in Andean Archaeology*. Eds: Rosenfeld and Bautista (pp 21-50). University Press of Colorado, Boulder.
- Rizzo, Enzo, Nicola Masini, Rosa Lasaponara and Giuseppe Orefici
2010 Archaeo-geophysical methods in the Templo del Escalonado, Cahuachi, Nasca (Peru), *Near Surface Geophysics*, 2010, 8, pp. 433-439,
- Robinson, Martin, Charlie Bristow, Jennifer McKinley and Alastair Ruffell
2013 Ground Penetrating Radar. *Geomorphological Techniques*, Part 1, Sec. 5.5 (2013). British society for Geomorphology. Belfast.
- Rosetta, Jr. J.K.
1977 *Detection of subsurface cavities by ground penetrating radar*. Paper presented at the Symposium on Detecting Subsurface Cavities, Vicksburg, Mississippi
- Sandweiss, D. H., Kelley, A. R., Belknap, D. F., Kelley, J. T., Rademaker, K., & Reid, D. A.,
2010, GPR identification of an early monument at Los Morteros in the Peruvian coastal desert. *Quaternary Research* 73(3):439-448
- Vanvalkenburgh, Parker, Chester Walker, and Jennie O. Sturm
2015 Gradiometer and Ground-penetrating Radar Survey of Two Reducción Settlements in the Zaña Valley, Peru: Gradiometer and GPR Survey - Zaña Valley, Peru, Archaeological Prospection, December 2014
- Vickers, Roger S. and Lambert T. Dolphin.
1975 A communication on an archaeological radar experiment at Chaco Canyon, New Mexico. *University of Pennsylvania Museum Applied Science Center for Archaeology (MASCA) Newsletter*. Vol. 11, No.1.
- Vickers, Roger, Lambert Dolphin and David Johnson.
1976 Archaeological Investigations at Chaco Canyon Using Subsurface Radar. In *Remote Sensing Experiments in Cultural Resource Studies*. Reports of the Chaco Center, No.1, U.S. National Park Service, U.S. Department of the Interior and the University of New Mexico, Albuquerque.
- Williams, Patrick Ryan, Nicole Couture, Deborah Blom, J. Januesk, B. Vinning, and C. Dayton.
2004. Ground-based remote sensing and early state development in the south-central Andes, pp. 149-157. En : *Proceedings of the International Conference of Remote Sensing Archaeology*, Joint Laboratory of Remote Sensing Archaeology. Chinese Academy of Sciences, Beijing.
- Williams, Patrick Ryan, Nicole Couture and Deborah Blom.
2007 Urban Structure at Tiwanaku: Geophysical Investigations in the Andean Altiplano. In *Remote Sensing in Archaeology*, edited by James Wiseman and Farouk El-Baz, pp. 423-441. Springer, New York.

Analysis Quimico de Tierras Huari, Conchpata Y Cuzco									
By Teresa Quintana Lab. Quimico (CIRBM)									
Site	Samp.	Area	Humid	pH	Chloride	Carbon	Oxide	Sulfide	Provenience
Huari	Muestra	"A"	13.76	7.55	0.02	3.8	3.04	0.41	Superficie del Monticulo "Relleno de la Plaza -
	Muestra	"B"	9.07	7.95	0.02	9.44	3.99	0.15	Erstrato 2
	Muestra	"C"	19.84	7.65	0.04	4.41	3.54	2.8	"Pizo al oeste de la Plaza"
	Muestra	"D"	17.68	8.45	0.04	8.03	3.61	0.43	"Pizo Norte de la Plaza"
	Muestra	"E"		4.85	7.8	0.11	5.7	3.2	3 0.5
Conchopata	Muestra	:1	11.62	8.3	0.04	13.3	5.7	0.67	"Mortero del Muro"
	Muestra	:2	14.05	8.95	0.02	11.15	4.24	0.07	(48 cm. debajo de la superficie"
Ollantaytambo	Muestra	: 1	5.75	7.05	0.11	2.46	0.75	0 .75	"ESTRATO "B" (40 cms.) Estrato "C" (85 cms.
	Muestra	:2	3.82	7.1	0.12	2.95	0.93	0.06	Debajo del superficie
Sacsayhuaman	Muestra	"A"	12.78	7.75	0.09	9.72	1.49	0.15	Lado Nor-este cms. Debajo del suelo
	Muestra	"B"	13.58	7.55	0.2	14.04	1.31	0.26	
Coricancha	Muestra		14.52	7.39	0.14	6.4	0.75	0.15	15 cms. Debajo de la superficie
Markavalle	Muestra		8.29	7.65	0.12	4.49	0.84	0.04	20 cms. Debajo de la superficie

Tabla I. Tabla que muestra los porcentajes de todos los elementos probados de Huari y Conchopata en Ayacucho en relación con los resultados de las pruebas de suelo de sitios en la región de Cuzco (Gráfico de Joel W. Grossman

Correlation Coefficients - Effective Resistivity vs.Chemicas

Elements	Lima-QdePresa	Lima (SF)	AYA- Huari	Cuzco
Humidity	-0.883		0.378	na
CaOxide	-0.463		-0.086	na
CaCarb	-0.228	-0.148	-0.593	-0.475
CaCl	0.306		-0.211	-0.574
pH	0.602		-0.758	-0.651
CaS04	na		na	-0.026

Tabla II. Gráfica de coeficientes de correlación entre los cuatro elementos (óxidos, carbonatos, cloruros y sulfatos) y las condiciones del suelo (pH y humedad) que muestran correlaciones positivas y negativas con la resistividad efectiva registrada, según la región (Gráfico de Joel W. Grossman).

de Tópao Amaru y Micaela Bastidas^U
INSTITUTO NACIONAL DE CULTURA

Lima, 21 AGO. 1981

OFICIO N° 666-81-DCIRBM

Señor Doctor
JOEL GROSSMAN
35 West, 19 St. New York City
New York 10011
U.S.A.

Estimado Doctor Grossman.

El Centro de Investigación y Restauración de Bienes Monumentales ha tenido conocimiento de su publicación titulada: Defining Boundaries and Targeting Excavation with Ground Penetrating Radar: The Case of Raritan Landing. También tenemos conocimiento de su importante exposición en la Conferencia sobre Rescate Arqueológico del Nuevo Mundo que se realizó en Quito-Ecuador del 11 al 15 de mayo organizada por la O.E.A. y UNESCO.

Después de haber estudiado las características de su método de investigación y la conveniencia de su uso en los sitios arqueológicos del Perú, consideramos que sería oportuno realizar algunas pruebas en nuestro país para determinar la factibilidad de su uso.

Como es de su conocimiento, la Costa Peruana^{ls} actualmente un gran desierto con pequeños oasis formado por ríos que bajan de la Cordillera Occidental de los Andes. La Sierra está formada por impresionantes cordilleras y la selva caracterizada por su vegetación tropical.

En cada región hay importantes evidencias de las Culturas Pre-Incaica e Incaica y también de la ocupación Colonial Temprana. En los últimos años estamos muy interesados en desarrollar investigaciones de Arqueología Colonial de los Siglos XVI y XVII y deseamos contar con las técnicas adecuadas para las investigaciones en la Costa.

Actualmente se están efectuando excavaciones en la Iglesia de San Francisco de Lima, Casas Coloniales y otros Templos, con el objeto de restaurarlos, y consideramos que las primeras pruebas podrían realizarse en San Francisco.

Le agradeceré informarnos acerca de las posibilidades que ofrecen para ser aplicados en el Perú los métodos que usted usa, y si podríamos contar con su cooperación antes del mes de diciembre del presente año.

El Instituto Nacional de Cultura puede prestarle todas las facilidades que estén a nuestro alcance para que

Figura 1. 1981 Carta de invitación del Instituto Nacional de Cultura (INC) peruano al Dr. Joel W. Grossman como parte del programa de académicos visitantes UNESCO-OEA-Andrés Bello para impartir una serie de seminarios sobre métodos arqueológicos a arqueólogos peruanos que trabajan en INC y realizar pruebas preliminares de campo geofísicas para evaluar la viabilidad de una variedad de estrategias de detección remota (radar de penetración terrestre, resistividad y magnetómetros) en doce sitios coloniales, incas y preincaicos a lo largo de la costa y la sierra del Perú.

INSTITUTO NACIONAL DE CULTURA

Lima, 24 NOV 1981

OFICIO N° 31781-DTCPMC

Señor Doctor
JOEL GROSSMAN
35 West, 19 St. New York City
New York 10011
U.S.A.

Estimado Joel Grossman

Con relación a nuestra última carta del 21 de agosto debo agradecerle su opinión favorable comunicada telefónicamente respecto a su participación como Consultor en Arqueología Histórica del Proyecto de Restauración del Conjunto Monumental de la Iglesia Y Convento de San Francisco de Lima.

Tengo el agrado de informarle que existen las posibilidades de que la UNESCO que es la Institución que coopera con la financiación de la Restauración considere en su Presupuesto de 1982 la Consultoría de un Arqueólogo Experto en Arqueología Histórica, y me he permitido sugerir su nombre. En caso de concretarse esta propuesta sería posible su viaje al Perú durante un mes, preferentemente entre enero y marzo para asesorar los trabajos arqueológicos, introducir métodos y técnicas modernas de investigación de campo y entrenar a los Arqueólogos que trabajan en este importante monumento de la Epoca Colonial.

Con la finalidad de contar con mayores detalles estimaré que se sirva remitir su "Curriculum Vitae" y un breve Plan de Actividades al Arqto. Jorge Lévano, Director del Proyecto, quien también es Coordinador de Proyectos de la Dirección Técnica que está a mi cargo.

Le agradeceré consultar a la Sra. Gloria Artaza de la O.E.A. si existen posibilidades de contar con la colaboración de O.E.A. para la compra o alquiler de equipo e instrumentos para las investigaciones de Arqueología Histórica en la Iglesia de San Francisco de Lima.

Hago propicia la oportunidad para reiterar a Ud. las muestras de mi mayor consideración.

Atentamente,

Escribir a:
Señor Arquitecto
JORGE LEVANO
Director del Proyecto de Restauración
del Conjunto de San Francisco
Instituto Nacional de Cultura
Jr. Ancash 769, Lima-Perú.

DTCPMC
HLR/clr.

FRANCISCO LEVANO DELTAURE
Arquitecto Titular Conservación del
Patrimonio Monumental y Cultural

Figura 2. Seguimiento, 24 de noviembre de 1981, carta de invitación del Dr. Jorge Levano, Director de Restauración del complejo colonial temprano de la Iglesia de San Francisco y sus catacumbas, para presentar una serie de seminarios a científicos del INC y para evaluar el trabajo arqueológico en curso, introducir una gama de estrategias de tecnología aplicada y capacitar a los arqueólogos peruanos que trabajan en la restauración de San Francisco y otras partes del Perú.

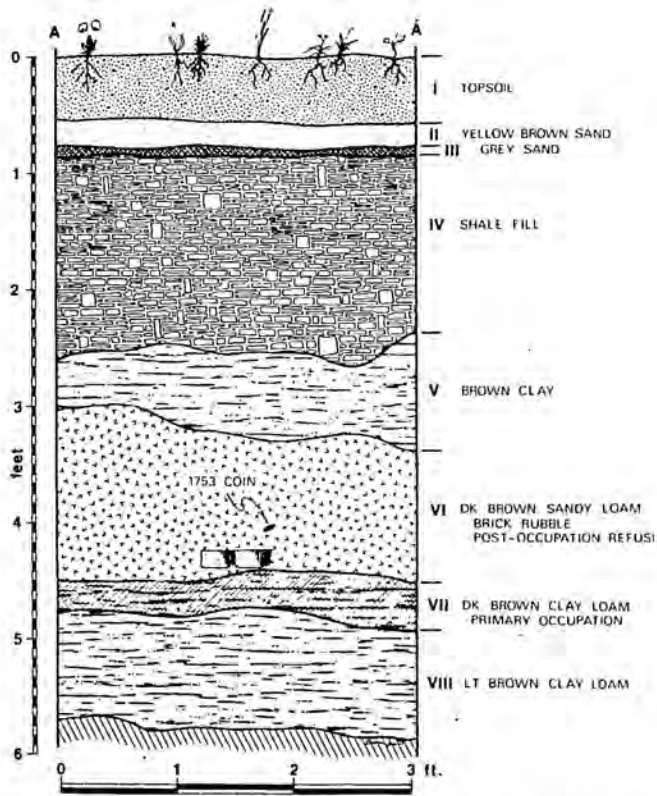


Figure 2 A section profile of a deep backhoe cut shows the multicomponent historic strata sealed beneath 2 feet of shale.

150 EIA REVIEW 1/2

GRAPHIC: Grossman 1980



PHOTO: Courtesy of RASO

Figura 4. Geofísicos, incluido Bruce Bevan de Geosight of New Jersey y de la empresa Geophysical Survey Systems de New Hampshire, tirando de un prototipo de antena de 300 MHz capaz de "ver" a través de la capa de depósitos de superficie y relleno de lutitas que cubren el asentamiento enterrado de Raritan Landing . El equipo de radar de penetración terrestre requirió un camión para su transporte en 1978; Los sistemas modernos ahora caben en una mochila (Foto de Joel W. Grossman).

Figura 3. El perfil de los estratos profundos atravesó los restos arqueológicos de la comunidad portuaria de Raritan Landing de principios del siglo XVIII, mostrando la capa de 3 pies de espesor de relleno de pizarra y césped de superficie que cubría y oscurecía el asentamiento colonial profundamente enterrado (Perfil de Michael Davenport , Oficina de Estudios Arqueológicos de Rutgers, RASO).

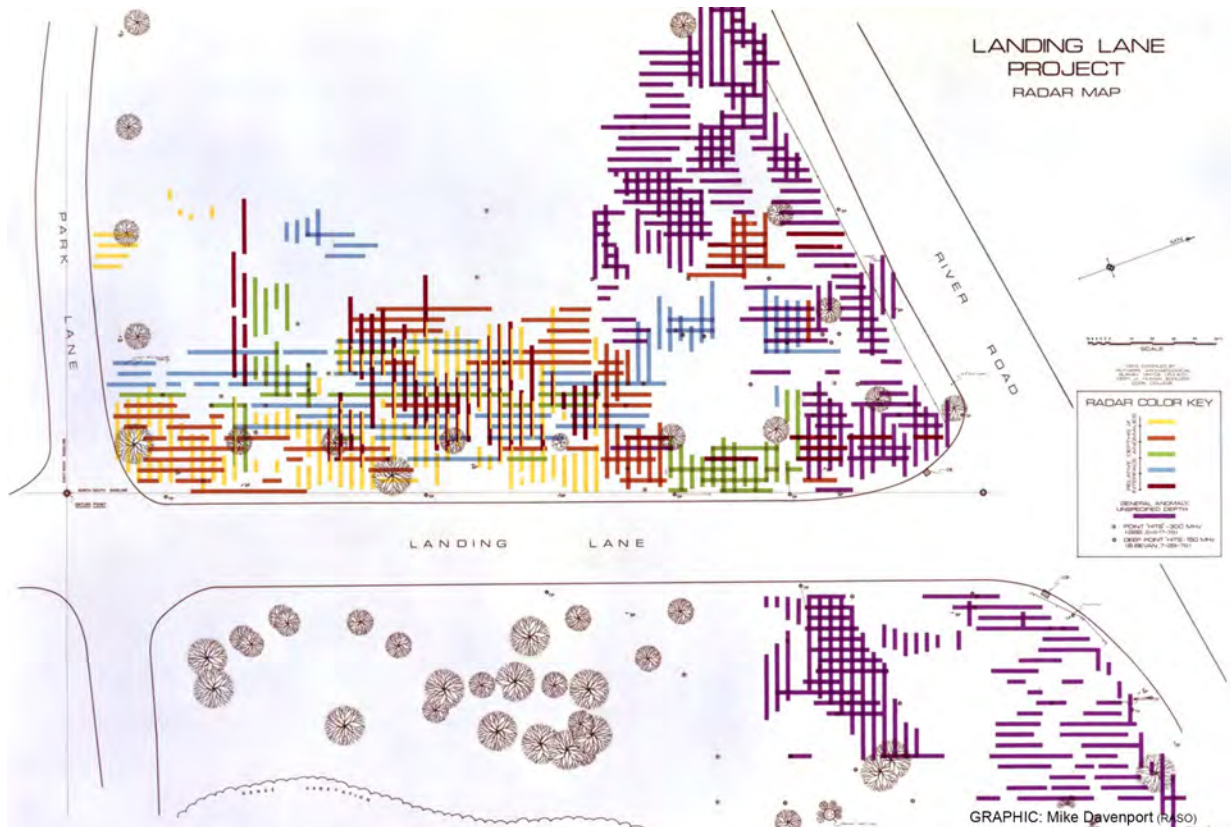


Figura 5. Desarrollado bajo la dirección del Dr. Joel W. Grossman de la Oficina de Estudios Arqueológicos de Rutgers (RASO) en 1978, el mapa de radar subterráneo codificado por colores en 3D mostró los límites, la extensión y la complejidad interna del asentamiento portuario enterrado antes de la Guerra Revolucionaria de Raritan Landing (gráfico de mapa de radar de Michael Davenport, RASO).



Figura 6. Foto compuesta de tres partes del corredor de excavación de 15 pies de ancho a través del asentamiento enterrado de Raritan Landing. La mitigación arqueológica para todo clima se llevó a cabo bajo invernaderos de invierno profundo reforzados móviles para proteger al equipo de campo y los artefactos en condiciones de invierno profundo. Una versión temprana del medidor de distancia electrónico (EDM), el precursor de las estaciones totales modernas, tomaba lecturas de ángulos y distancias muy precisas de puntos de referencia y parámetros de características. Se creó un sistema de cámara bipédica aérea diseñado por un proyecto interno para tomar fotografías métricas individuales y pares estéreo de características coloniales excavadas (Ver Figura 7) (Fotos de Joel W. Grossman, Victor Calderone y Robert Tucker, RASO).



Figure 7. Fotografía aérea de dos cápsulas de uno de una serie de pares estéreo sobre un sistema subterráneo de drenaje de guerra prerrevolucionario en Raritan Landing. (Ver Figura 6) (Foto de Victor Calderone y Robert Tucker, RASO).

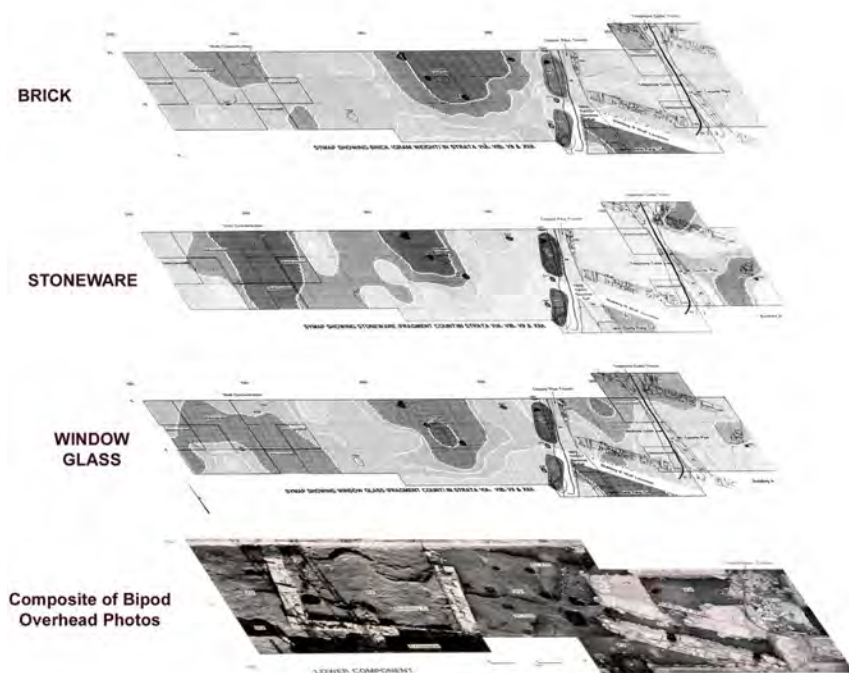


Figura 8. Fotomosaico superpuesto apilado de las parcelas de distribución de densidad SYMAP (tres superiores) de diferentes clases de artefactos que se superponen a un fotomosaico superior métricamente preciso (parte inferior) de la superficie prerrevolucionaria excavada del asentamiento de principios del siglo XVIII (Gráfico de Joel W. Grossman y Michael Davenport, RASO).



Figura 9. Vista de campo de la conservadora del proyecto, Melba Myers, tratando delicados restos orgánicos durante la excavación en lugar de mucho después (Foto de Joel W. Grossman).



Figura 10. Vista interior de la biblioteca del siglo XVI del Convento de San Francisco en Lima que sirvió como sede de los seminarios de arqueología y geofísica impartidos por el Dr. Grossman a arqueólogos y especialistas en restauración del INC que fueron trasladados a Lima para participar en el programa UNESCO-OEA-Andres Bellow (Foto de Joel W. Grossman).

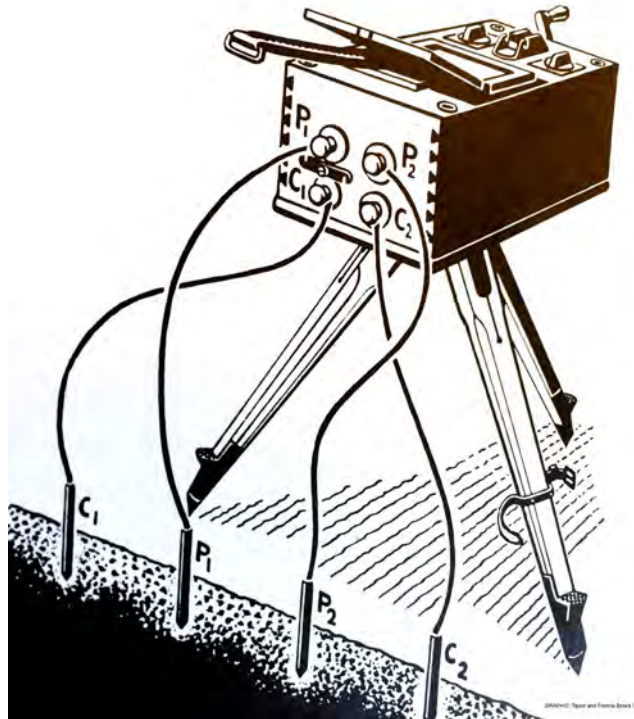


Figura 11. Vista de cerca de un medidor de resistividad electrónico de 1929 (Clark 1997: Figura 1) alimentado con una manivela de generador que ilustra la configuración de cuatro electrodos "Wenner"; los dos electrodos externos proporcionan un pulso electrónico; los dos electrodos internos miden la resistividad de la matriz de suelo intermedia. Adaptado de Seeing Beneath the Soil, de Anthony Clark, 1997, Routledge, reproducido con permiso de Taylor & Francis Books UK.



PHOTO: Joel W Grossman

Figura 12. Arqueólogos del INC, Rolando Paredes, Graciela Fattorini y Marcelo Arroyo utilizan un moderno medidor de resistividad, Gossen Geohm 3 a batería, en uno de los pisos subterráneos de las catacumbas de múltiples cámaras del Convento de San Francisco del siglo XVI (Foto de Joel W. Grossman).

CUZCO- RESISTIVITY

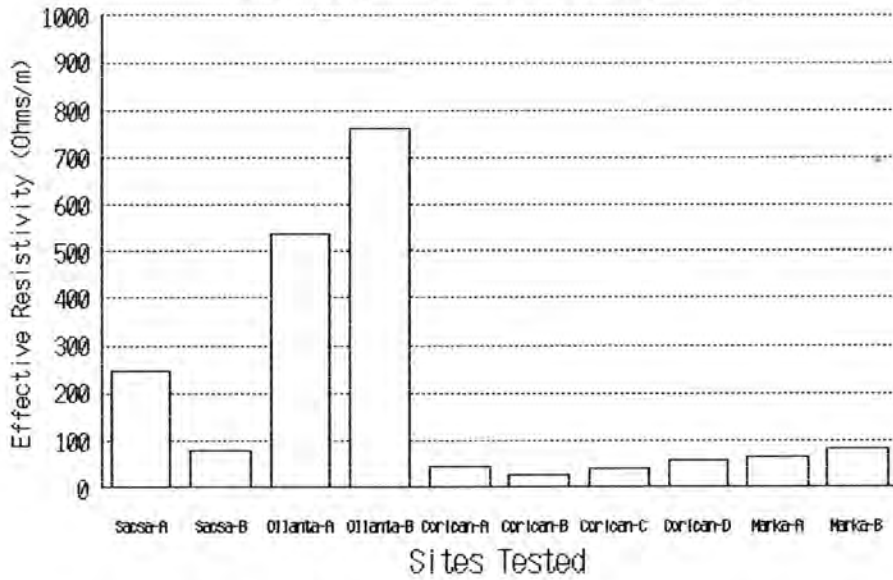


Figura 13. Histograma que muestra las lecturas de resistividad efectiva relativa (ER) en ohmios-metro (o Ohm-m), en este caso, sitios en Cuzco

(Resistividad efectiva = $2\pi \int dr$, donde d = distancia entre electrodos r = resistividad registrada) (Gráfico de Joel W. Grossman).

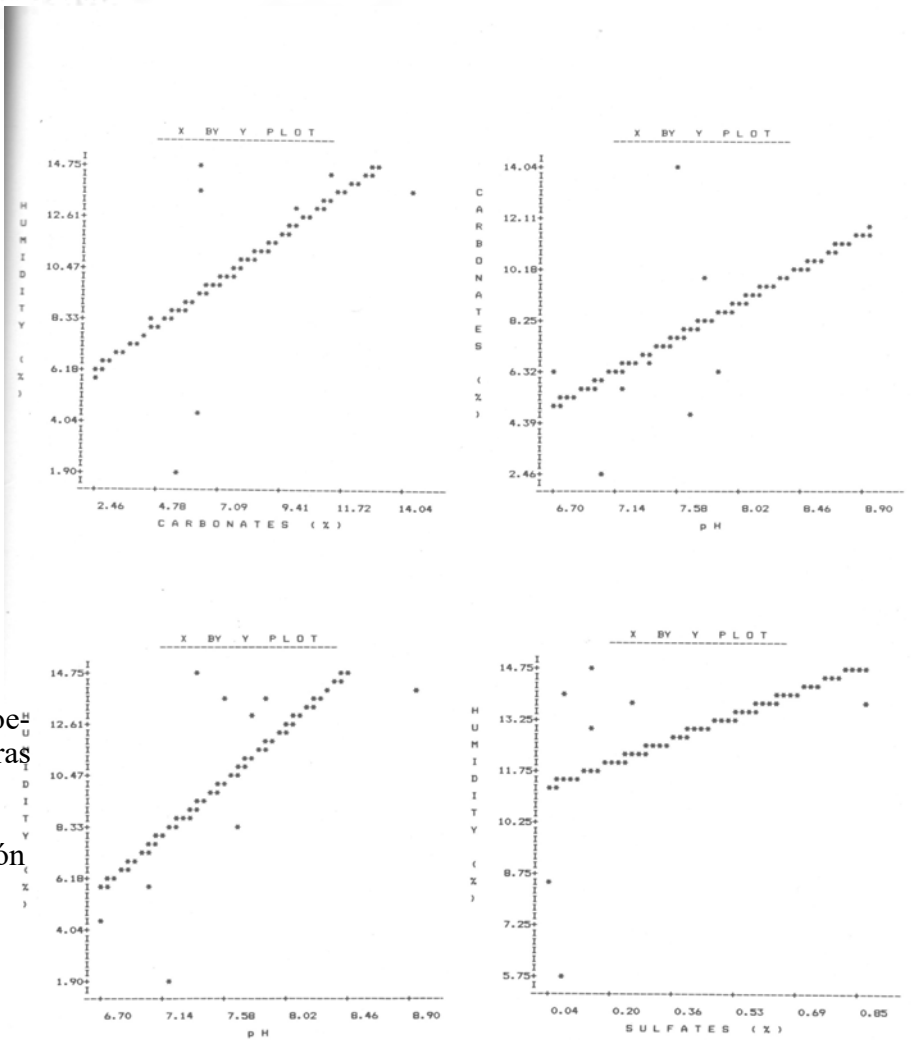


Figura 14. Gráfico que muestra el coeficiente de correlación de las lecturas de resistividad efectiva en relación con el porcentaje de humedad (un factor significativo en la penetración del radar) en el sitio de Huari en Ayacucho (Gráfico de Joel W. Grossman).

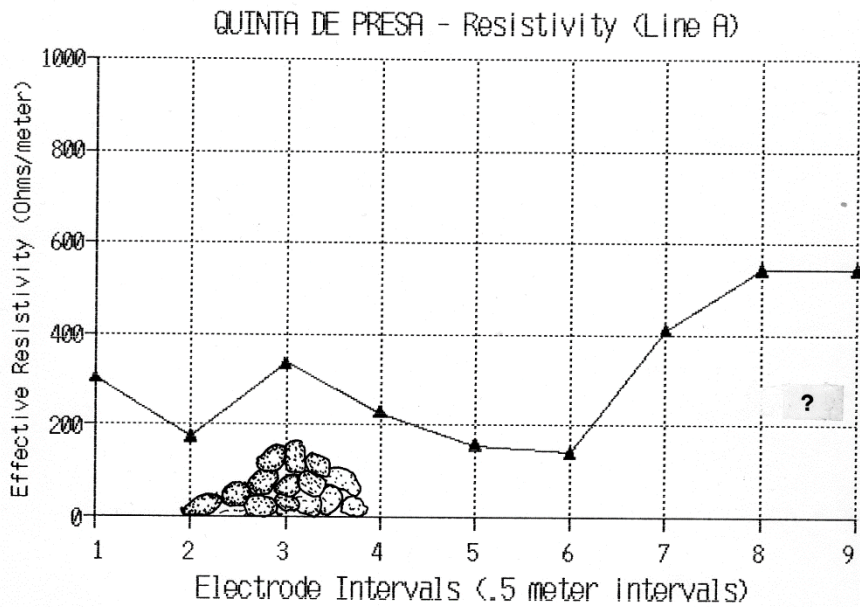


Figura 15. Gráfica lineal de resistividad efectiva registrada sobre un muro enterrado en el sitio colonial histórico de Quinta de Presa, en Lima. Las lecturas mostraron un aumento en la resistividad sobre un elemento de pared conocido y una caída a través de la matriz del suelo adyacente sin características estructurales (Gráfico de Joel W. Grossman).



Figura 16. Las Catacumbas del Convento de San Francisco que muestran el techo abovedado del complejo subterráneo con criptas rectangulares de ladrillo que contienen huesos humanos desarticulados que bordean ambos lados de la cámara (Foto de Joel W. Grossman).

Figura 17. Gráfica computarizada de la resistividad efectiva fluctuante en el piso de las catacumbas del Convento de San Francisco que muestra picos y caídas de orden de magnitud en la resistividad efectiva, lo que sugiere la presencia potencial de características del subsuelo (Gráfico de Joel W. Grossman).

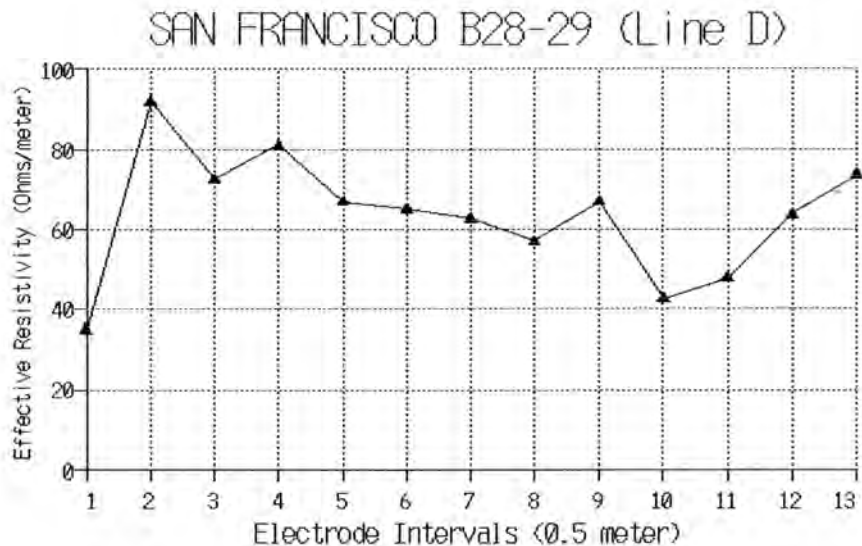


Figura 18. Arqueólogos del proyecto peruano, Rolando Paredes, «El Gato», en el centro, y atrás Graciela Fattorini, Marcello Arroyo y Rubin Garcia, registraron un transecto de resistividad a través de un muro de cimentación enlucido de doble elemento enterrado en el sitio colonial de Quinta de Presa en Lima (Ver Figura 19) (Foto de Joel W. Grossman.)

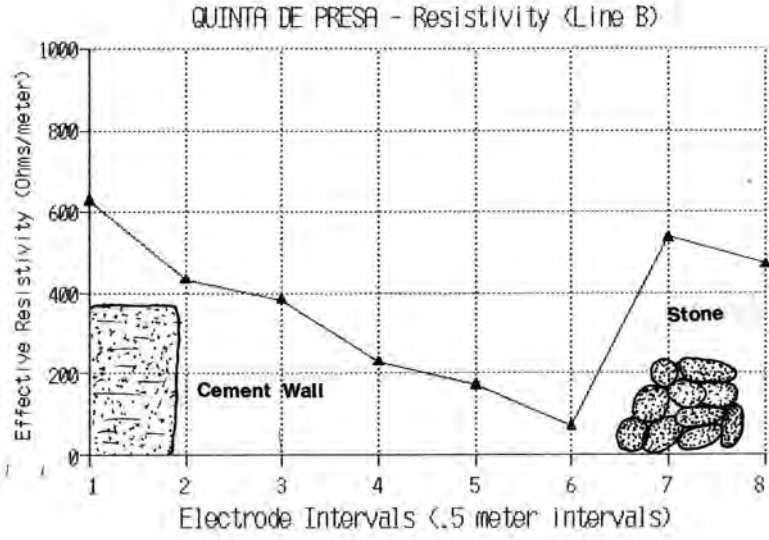


Figura 19. Gráfica de línea computarizada de lecturas de resistividad efectiva a través de la pared de cimentación enterrada en el sitio de Quinta de Presa en Lima, que muestra una resistividad efectiva alta sobre elementos de pared enterrada y lecturas más bajas en depósitos intermedios desprovistos de características (Ver Figura 18) (Gráfico de Joel W. Grossman).



Figura 20. La Iglesia española de Santo Domingo construida sobre el muro curvo de piedra finamente tallada del templo Inca de Coricancha en el Horizonte Tardío en Cuzco (Foto de Joel W. Grossman).



Figura 21. La puerta principal en el sitio Inca de Sacsayhuaman con el Dr. Grossman de pie a la escala contra una piedra angular monolítica de la fortaleza inca en terrazas (Foto del Ing. Jorge Marroquín).



Figura 22. Vista panorámica del “plano” plano de Sacsayhuaman donde se realiza el festival anual de Inti Raimi. Aunque anteriormente se pensaba que era un espacio plano “muerto” desprovisto de estructuras, excavaciones recientes (1982-83) realizadas por arqueólogos del INC revelaron edificios incas enterrados dentro del plano de Sacsayhuaman (Ver Figuras 23 y 24). Los transectos preliminares de resistividad a través de estas estructuras parcialmente expuestas sugieren fuertemente que el equipo de resistividad claramente estaba “viendo” los cimientos de los edificios incas. También sugirieron fuertemente que el levantamiento geofísico intensivo, en general, y con resistividad y GPR en particular, del plano “Inti Raimi” ayudaría a definir lo que pudo haber sido una zona contigua y densa de estructuras incas del Horizonte Tardío (Foto de Joel W. Grossman..



Figura 23. Cimiento inca parcialmente expuesto descubierto por arqueólogos del INC en el sector “Chincana” de Sacsayhuaman. Aquí, los científicos del INC hacen un transecto de 60 cm parcialmente expuestos, de ancho y 20-30 cm de profundidad, muro de cimentación con transecto de resistividad medido con cinta. (Foto de Joel W. Grossman)



Figura 24. Edificio Inca rectangular de 8 metros de ancho de Horizonte Tardío expuesto descubierto por arqueólogo del INC en el sector “Chukipampa” dentro del plano o plaza de Sacsayhuaman. Las piedras de cimentación finamente talladas y el plan rectilíneo indican la arquitectura clásica inca del horizonte tardío. Los elementos de la pared expuestos medían 80 cm de ancho y tenían una profundidad de entre 30 y 100 cm, por debajo del grado moderno (Grossman et al. 1983: 50) (Ver Figura 25) (Foto de Joel W. Grossman).

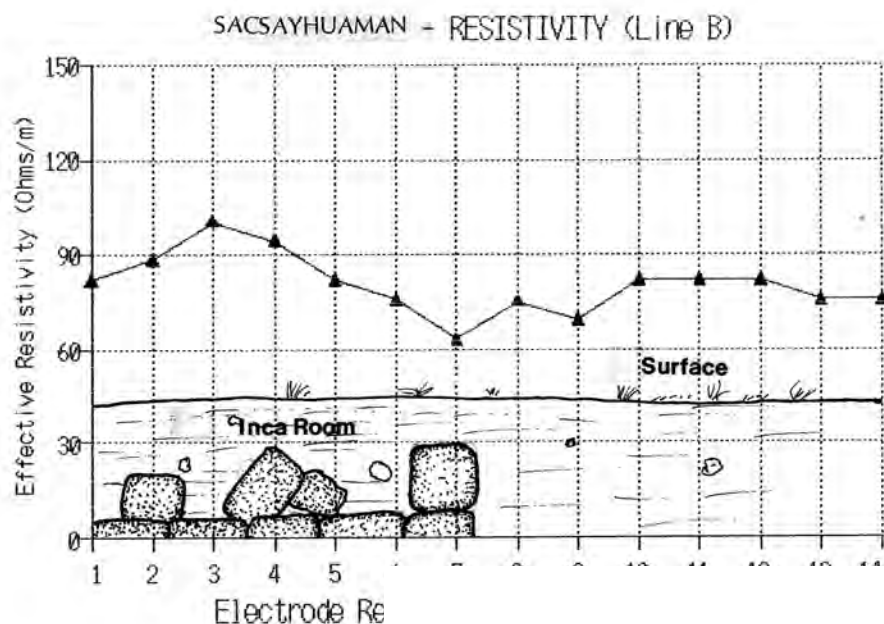


Figura 25. Gráfico de líneas de perfil de resistividad efectiva medida a través de un edificio Inca enterrado en el sector de Chukipampa de Sacsayhuaman que muestra un aumento de resistividad sobre el interior de la estructura y una resistividad más baja fuera de ella (Ver Figura 24) (Gráfico de Joel W. Grossman)

Figura 26. Gráfico de líneas de perfil sobre cimientos enterrados en Sacsayhuaman que muestra un aumento en la resistividad efectiva sobre el interior del edificio (Gráfico de Joel W. Grossman).

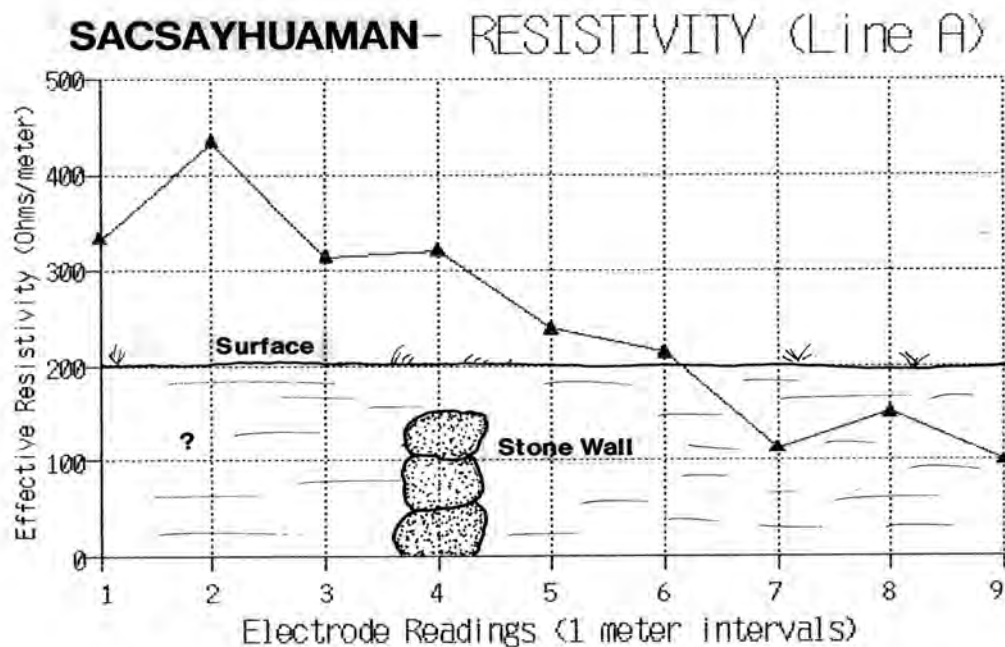




Figura 27. Recientemente (1981) se excavó el sector “Inca-Misana” en el sitio Inca de Ollantaytambo situado entre Cuzco y Machu Pichu a ambos lados del afluente del río Patacancha. Las excavaciones realizadas por arqueólogos del INC bajo la dirección de Arminda Gibaja Valencia resultaron en el descubrimiento de sectores urbanos previamente desconocidos del sitio, Bano de la Nusta y el Tercer Adoratorio, con salas y patios bien conservados con intrincados canales y tuberías para hacer correr agua a fuentes y baños interiores (Ver Figura 28) (Foto de Joel W. Grossman).



Figura 28. Fuente Inca para baños alimentados por manantiales en el sector de Bano de la Nusta en el sitio de Ollantaytambo en el afluente Patacancha fuera de Cuzco (Foto de Joel W.Grossman).

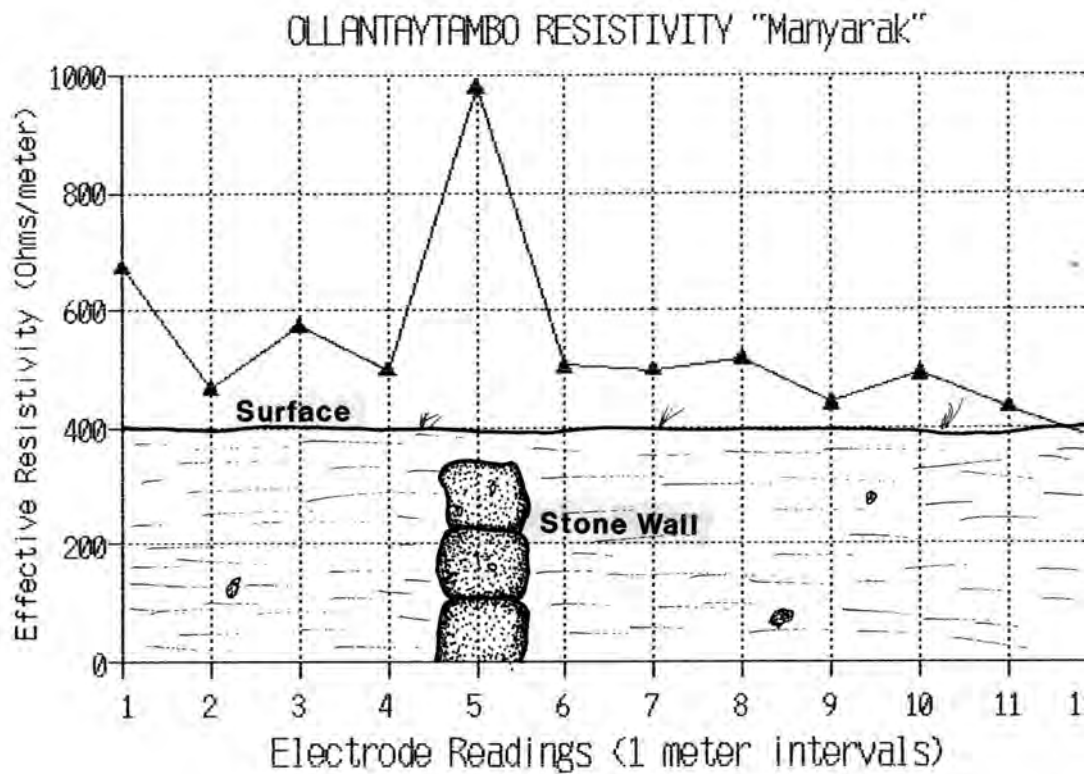


Figura 29. Gráfica lineal de lecturas de resistividad efectiva registradas a través de un muro enterrado en el sector "Manyarak" de Ollantaytambo, que muestra una lectura alta de 1000 ohm-m sobre un elemento de muro inca parcialmente expuesto. El sector de Manyarak fue un candidato principal para la detección remota geofísica intensa adicional con resistividad y GPR (Gráfico de Joel W. Grossman).

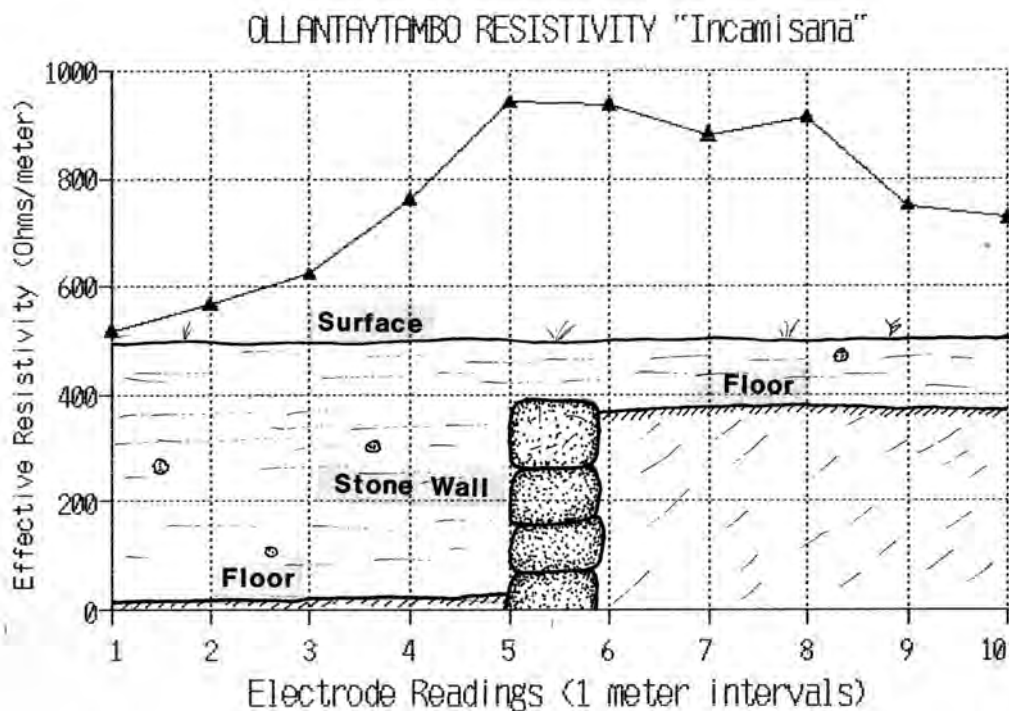


Figura 30. La gráfica lineal de resistividad efectiva dentro del sector "Incamisana" de Ollantaytambo arrojó las lecturas más altas de todos los sitios probados; con una media de 760,5 ohmios-m, y un pico de casi 1000 ohmios / metro sobre una terraza parcialmente expuesta. Al igual que el área de Manyarak, esta serie de lecturas de resistividad indicó que esta área también era un candidato principal para una inFigura 29. Gráfica lineal de lecturas de resistividad efectiva registradas a través de un muro enterrado en el sector "Manyarak" de Ollantaytambo, que muestra una lectura alta de 1000 ohm-m sobre un elemento de muro inca parcialmente expuesto. El sector de Manyarak fue un candidato principal para la detección remota geofísica intensa adicional con resistividad y GPR (Gráfico de Joel W. Grossman).



Figura 31. Muro y elementos de la habitación parcialmente reconstruidos del sitio Huari de Conchopata, ubicado a ambos lados de la moderna carretera del aeropuerto a Ayacucho (Ver Figura 32) (Foto de Joel W. Grossman).

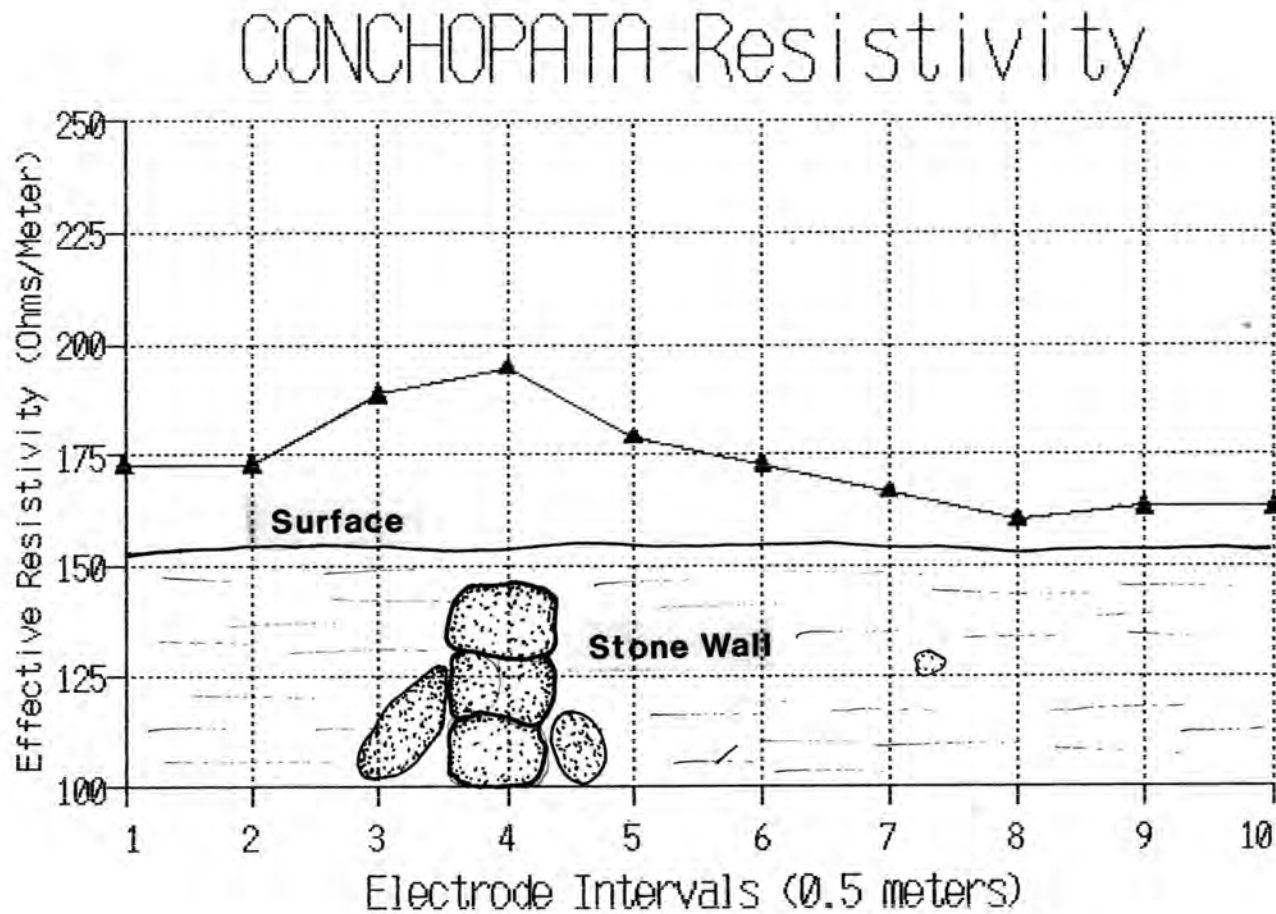


Figura 32. Gráfica de línea de perfil de lecturas de resistividad efectiva sobre elemento de muro parcialmente expuesto en Conchopata. Picos pronunciados, desde ca. 175 a casi 200 ohm-m indican que el sitio sería un buen candidato para un estudio de resistividad adicional. Los escombros y los escombros en el sitio dificultarían el despliegue del GPR a menos que la superficie se despejara antes del levantamiento (Gráfico de Joel W. Grossman).



Figura 33. Recientemente (1982-1983) se descubrió el edificio Huari del Horizonte Medio en forma de D de Vegachayoq Moqo, que se encontró pintado con motivos Huari sobre paredes enlucidas, en dos y posiblemente tres colores. De las diferentes áreas probadas dentro y adyacentes al sitio con equipo de resistividad, solo un transecto mostró lecturas de resistividad efectivas por encima de 110 ohm-m, lo que indica una respuesta de señal muy baja. Ni la resistividad ni el GPR serían enfoques efectivos de teledetección para este sector de Huari. La utilidad de la encuesta con magnetómetro fue indeterminada (Foto de Joel W. Grossman).



Figura 34. Fotografía de campo de Enrique Bragairac Dávila, Director de Excavaciones del edificio Huari en forma de D del sector Vegachayoq Moqo, de pie junto a una pequeña galería con portales insertados y relieves de motivos Huari en las paredes (Ver Figura 33) (Foto de Joel W. Grossman).



Figura 35. Vista de campo de la cámara funeraria de basalto de piedra labrada multicomponente parcialmente expuesta en Huari (Ver Figura 36) (Foto de Joel W. Grossman).

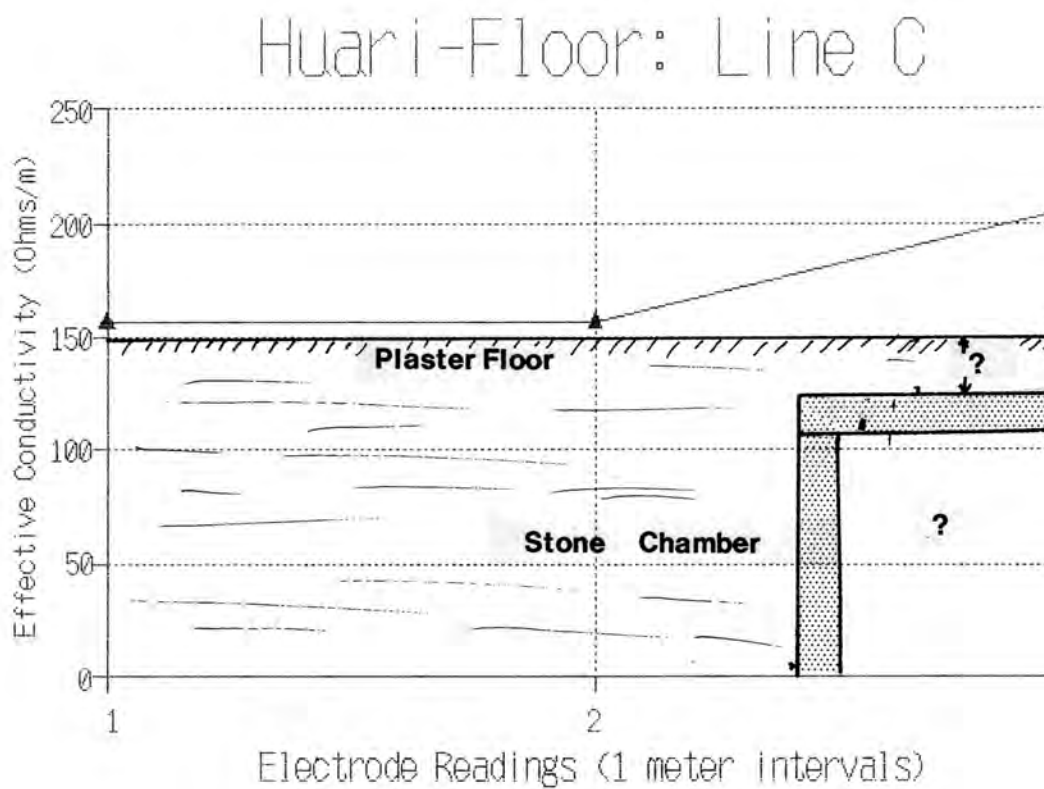


Figura 36. Gráfico de líneas de perfil de lecturas de resistividad efectiva en una sección de una cámara de basalto multicomponente de piedra tallada que muestra un pico en las lecturas sobre su techo y lecturas más bajas fuera de sus límites (Ver Figura 35) (Gráfico de Joel W. Grossman)

The following table summarizes the projected time and equipment for seven of the twelve sites tested:

COST AND EFFORT BREAKDOWN:

SITE	EQUIPMENT-DAYS			TOTAL
	Radar	Magnetometer	Resistivity	Days
LIMA:				
-San Francisco	1.5	0	0.5-2	2-3
-Quinta de Presa (or comp. site)	1	1	4	6+ (4-5)
CUZCO:				
-Sacsayhuaman Area A	1	0	1?	1
Area B (Plaza)	3	0	1-2	4-5
-Ollantaytambo	1-2	1?	0	2-3
-Wimpillay	0	2-3	0	2-3
-Markavalle	?	?	?	1 (test)
			9-11 (days)	
AYACUCHO:				
-Huari	2	0	0	2
-Conchopata	0	0	4	4
-Total	9.5-10	4-5	10-14	24-30

COST BREAKDOWN:

Radar Equipment	9-10 days@ \$300/day	=	3000
Magnetometer	4-5 days@ \$40/day	=	200
Resistivity	10-14 days@ \$6/day	=	90
Field Time	30 days@ \$200/day	=	6000
Analysis and Interpretation	30 days@ 200/day	=	6000

\$15,290*

* All possible sites*

(Prorates to +\$540/day/site)

(Note: Travel and housing not included)

Figura 37. Desglose del presupuesto proyectado (en dólares de 1983) como parte del informe final de las conclusiones del Dr. Grossman sobre qué sitios deben recomendarse para una investigación geofísica adicional. El desglose del presupuesto también detallaba qué técnicas geofísicas serían apropiadas para los doce sitios investigados, junto con estimaciones preliminares del tiempo requerido para cada tipo de estudio geofísico recomendado.