

# Caracterización geológica y potencial mineralógico de Tumipampa

## Geological characterization and mineralogical potential of Tumipampa

Carlos Mendoza-Contreras <sup>A</sup>, German Rafael Espinoza-Rivas <sup>B</sup>, Alonso Sanchez-Torres <sup>C</sup>

**Resumen**— Este estudio se centra en la evaluación integral del yacimiento Tumipampa, localizado en la región de Apurímac, Perú, reconocido por su notable potencial mineralógico. La investigación se enfoca en la caracterización detallada de las unidades litológicas, la identificación precisa de las estructuras geológicas y la valoración del potencial económico basado en la mineralización presente. Mediante un riguroso mapeo geológico, un exhaustivo muestreo geoquímico y técnicas avanzadas de perforación diamantina, se identificaron intrusiones de granodiorita, formaciones de caliza, mármol, cuarcita y limolitas. Las estructuras geológicas, incluyendo fallas y pliegues, desempeñan un papel crucial en la distribución de la mineralización. Los análisis geoquímicos detallados revelaron concentraciones significativas de oro (Au), plata (Ag) y cobre (Cu) en muestras de afloramiento, con valores que alcanzan hasta 25.10 ppm de Au y 24.8 ppm de Ag. Adicionalmente, los resultados de la perforación diamantina indicaron concentraciones de hasta 12.25 ppm de Au en intervalos de 2.00 metros de ancho y 23.8 ppm en intervalos de 1.20 metros de ancho. Estos hallazgos sugieren un considerable potencial económico para la explotación minera del yacimiento Tumipampa, respaldado por datos cuantitativos de recursos y los resultados obtenidos mediante perforación diamantina.

**Palabras claves:** caracterización geológica, depósito Tumipampa, mineralización, potencial económico

**Abstract**— This study focuses on the comprehensive evaluation of the Tumipampa deposit, located in the Apurímac region of Peru, known for its notable mineralogical potential. The research emphasizes detailed lithological characterization, precise identification of geological structures, and the assessment of economic potential based on existing mineralization. Through rigorous geological mapping, exhaustive geochemical sampling, and advanced diamond drilling techniques, granodiorite intrusions, limestone formations, marble, quartzite, and siltstones were identified. Geological structures, including faults and folds, play a crucial role in mineral distribution. Detailed geochemical analyses revealed significant concentrations of gold (Au), silver (Ag), and copper (Cu) in outcrop samples, with values up to 25.10 ppm of Au and 24.8 ppm of Ag. Additionally, diamond drilling results indicated concentrations up to 12.25 ppm of Au over 2.00-meter intervals and 23.8 ppm over 1.20-meter intervals. These findings suggest considerable economic potential for mining exploitation at the Tumipampa deposit, supported by quantitative resource data and diamond drilling results.

**Keywords:** characterization mineralization, Tumipampa deposit, geological, economic potential

## 1 INTRODUCCIÓN

El yacimiento Tumipampa, situado en la región de Apurímac, Perú, se encuentra en una zona rica en diversidad geológica y potencial mineralógico. Las exploraciones en esta área han revelado la presencia de minerales metálicos significativos incluyendo oro (Au), plata (Ag), cobre (Cu) y hierro (Fe). Este estudio tiene como objetivo principal identificar y describir las unidades litológicas, analizar las estructuras geológicas y evaluar el potencial mineralógico del área mediante el análisis de 141 muestras. El contexto geológico regional ha sido objeto de numerosas investigaciones debido a su compleja historia tectónica y variada ocurrencia de recursos minerales polimetálicos. Este trabajo integra datos de campo y análisis de

laboratorio para proporcionar una evaluación comprensiva del potencial mineralógico del yacimiento, abordando tanto la caracterización litológica como la interpretación estructural y los estudios geoquímicos necesarios para entender mejor las oportunidades de explotación minera del yacimiento [1], [2], [3]. El centroide de la ubicación geográfica en coordenadas UTM (WGS-84) es 720934 E, 8439266 N.

## 2 OBJETIVO

El estudio tiene como objetivo caracterizar geológicamente y evaluar el potencial mineralógico del área, analizando 141 muestras para determinar la viabilidad de la explotación minera. Destaca concentraciones significativas de oro, plata y cobre, y se basa en un análisis exhaustivo de las



Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología  
ISSN: 2810-8124 (en línea) / ISSN: 2706-543x  
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac – Perú

Vol. 6 Núm. 2 (2024) - Publicado: 22/09/24 - [Indexaciones](#)  
Número: [doi.org/10.57166/riqchary/V6.n2.2024](https://doi.org/10.57166/riqchary/V6.n2.2024)  
Páginas: 1-6 | Recibido 04/07/2024 ; Aceptado 28/07/2024

<https://doi.org/10.57166/riqchary.v6.n2.2024.122>

Autores:

- A. **ORCID ID** <https://orcid.org/0009-0002-6313-2003> Carlos Mendoza Contreras Torres, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, [mendozac@unamba.edu.pe](mailto:mendozac@unamba.edu.pe)
- B. **ORCID ID** <https://orcid.org/0000-0002-6547-7761> German R. Espinoza-Rivas, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, [gespinoza@unamba.edu.pe](mailto:gespinoza@unamba.edu.pe)
- C. **ORCID ID** <https://orcid.org/0009-0008-6124-3299> Alonso Sanchez Torres C, Universidad Nacional de Ingeniería, [asanchezt@uni.edu.pe](mailto:asanchezt@uni.edu.pe)

unidades litológicas, estructuras geológicas y datos geoquímicos, sugiriendo un considerable potencial económico para la explotación del yacimiento.

### 3 METODOLOGÍA

#### 3.1 Mapeo Geológico

El mapeo geológico detallado se llevó a cabo utilizando GPS y brújula geológica sobre una base topográfica precisa, empleando una estación total para localizar y mapear las diferentes unidades litológicas. Esta técnica permitió obtener un conocimiento detallado de la distribución espacial de las litologías en el área de estudio. Se identificaron diversas formaciones rocosas, incluyendo intrusiones ígneas, secuencias sedimentarias y metamórficas, así como estructuras geológicas, a una escala detallada (Fig.1) [4], [5].

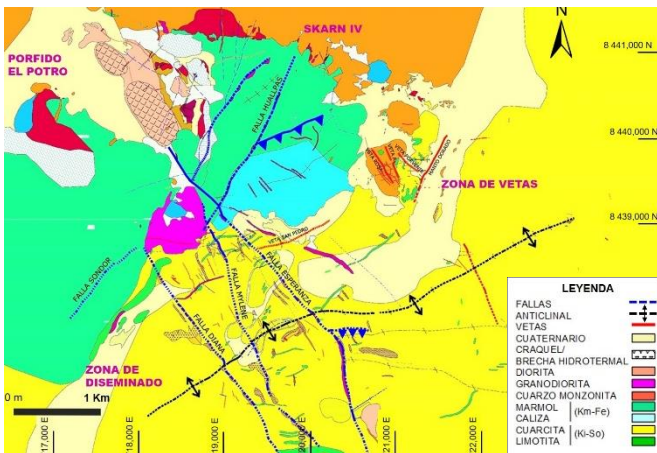


Fig.1. Mapa Geológico y Estructural del área de estudio, mostrando las unidades litológicas y las estructuras geológicas mapeadas. Las fallas representan el sistema andino Noroeste-Sureste y trasandino Noroeste-Suroeste, así como un anticlinal dentro de la unidad de cuarcitas. Estas estructuras juegan un papel fundamental en el control estructural de la mineralización del yacimiento.

#### 3.2 Muestreo Geoquímico

Se recolectaron 141 muestras de minerales mediante técnicas de muestreo y se analizaron en laboratorio acreditado (SGS y CERTIMIN) para determinar su composición química mediante técnicas de espectrometría de masas (ICP-MS) y fluorescencia de rayos X (XRF). Se evaluaron las concentraciones de elementos metálicos en las estructuras geológicas mineralizadas y se documentaron los resultados y conclusiones relevantes para su importancia geológica y científica. En el siguiente diagrama se presenta el flujo de trabajo para el análisis geoquímico de minerales.

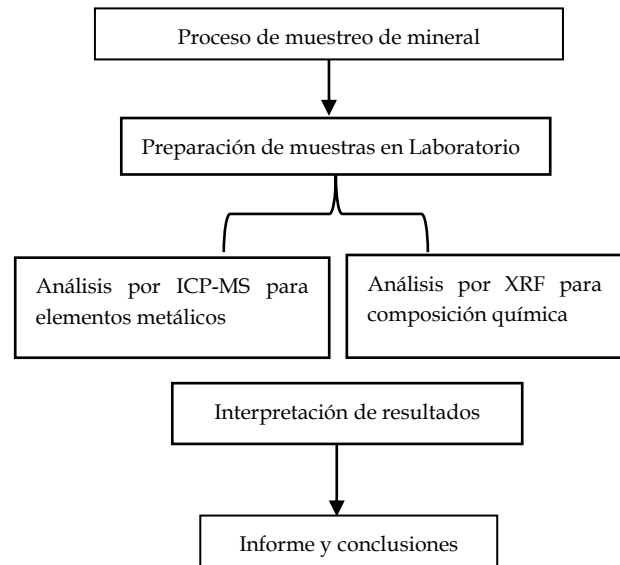


Fig.2. Flujo de trabajo optimizado para el análisis geoquímico de minerales: desde la recolección hasta la presentación de resultados.

#### 3.3 Perforación Diamantina

Se emplearon equipos de perforación diamantina DIAMEC 262 para extraer núcleos de roca desde una profundidad de 300 metros. Estos núcleos fueron analizados mediante logueo para obtener información detallada sobre los sistemas de mineralización y la composición de las rocas en el subsuelo. La Figura 3 muestra los núcleos de roca interceptados con perforación diamantina, así como las unidades litológicas, la mineralización, la alteración y las fallas geológicas, revelando información crucial sobre la geología subterránea del área.

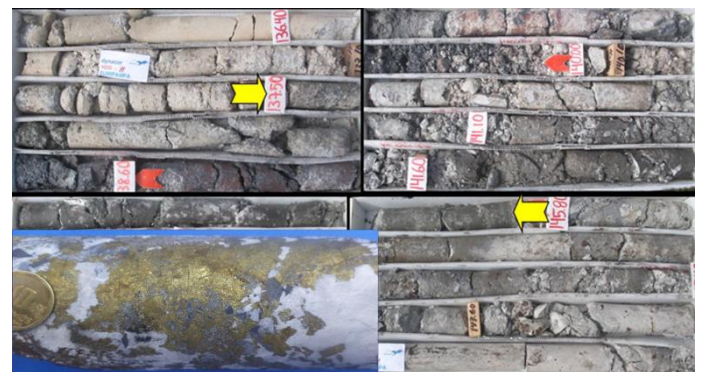


Fig.3. Núcleo de Perforación Diamantina.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Unidades Litológicas

Las unidades litológicas identificadas en el área de estudio incluyen intrusiones de granodiorita, formaciones de caliza, mármol, cuarcita y limolitas. Estas unidades han sido descritas detalladamente en estudios previos y se correlacionan con los datos obtenidos en este estudio [6], [7]. Las rocas ígneas comprenden intrusiones granodioríticas del batolito de Andahuaylas-Yauri (Eoceno-Oligoceno). Según



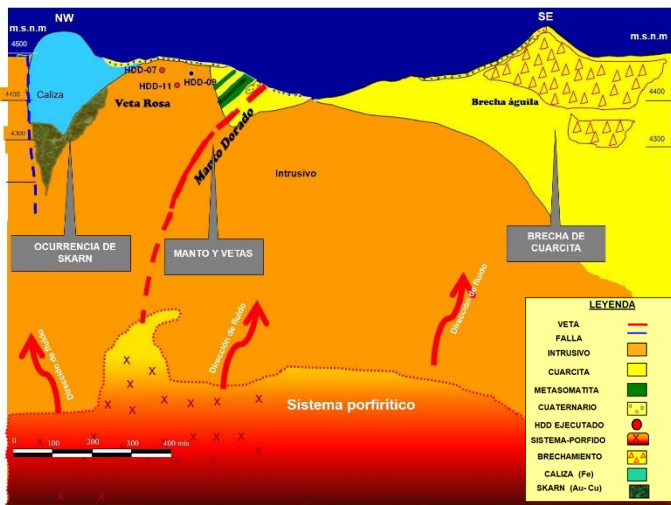


Fig.6. Propuesta de modelo genético del yacimiento

#### 4.4 Mineralización y Geoquímica

Se han reconocido los siguientes minerales principales: oro (Au), calcopirita (FeCuS<sub>2</sub>), pirita (FeS<sub>2</sub>) y cuarzo (SiO<sub>2</sub>). También se identificaron minerales secundarios como hematita (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), calcita (CaCO<sub>3</sub>), marcasita (FeS<sub>2</sub>), siderita (FeCO<sub>3</sub>), malaquita (CuCO<sub>3</sub> Cu(OH)<sub>2</sub>), pirrotita (Fe<sub>1-x</sub>S), magnetita (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) y entre otros minerales. El análisis geoquímico reveló que las estructuras mineralizadas contienen concentraciones significativas de Au, Ag y Cu, cuyos resultados relevantes, analizados en los laboratorios acreditados SGS y CERTIMIN, se presentan en la Tabla 1. Estas concentraciones sugieren un alto potencial minero del yacimiento. La mineralización en las vetas está compuesta por cuarzo y pirita, asociado con el caolín, identificado mediante el Espectrómetro Portátil Infrarrojo de Onda Corta (PIMA). En el skarn, la mineralización incluye calcopirita, pirita, hematita, vetillas de cuarzo, calcita, magnetita, granates y minerales supérgenos como malaquita y crisocola, similar al estudio realizado por [12]. Las brechas de cuarzo presentan mineralización diseminada de pirita con venillas de cuarzo; cuya secuencia paragenética de la mineralización del yacimiento se muestra en la fig.7

TABLA 1

Composición geoquímica relevante en las muestras mineralizadas.

Muestra	Ancho (m)	Ley gr/tn Au	Ley gr/tn Ag	Cu (ppm)	Estructura
1026	0.70	15.65	1.70	17	Skarn
1251	0.60	9.88	140.00	13300	Skarn
55681	C Rock	12.70	5.00		Veta A
55682	0.40	9.63	3.50		Veta B
55737	0.80	0.80	0.60	24	Diseminada
55757	C.Rock	1.00	7.60	134	Diseminada
55763	1.10	4.11	13.90	316	M. Dorado
55765	1.00	6.63	17.30	176	M. Dorado
55766	0.70	25.10	24.80	292	M. Dorado

MINERAL	Estadio de Mineralización - Vetos-Mantos			
	1er Estadio	Estadio Intermedio	Estadio Principal	POSTMINERAL
Cuarzo	██████████	██████████	██████████	
Molibdenita		██████████		
Pirita	██████████	██████████	██████████	
Calcopirita		██████████		
Esfalerita		██████████		
Cobres Grises		██████████		
Galena		██████████		
Sulfosal Plomo			██████████	
Electrum			██████████	
Oro			██████████	
Calcita				██████████
Oxidos				██████████

Fig.7. Secuencia paragenética de las principales estructuras mineralizadas del yacimiento

#### 4.5 Resultados de Perforación

Basándose en la información litológica, la interpretación del modelo estructural y el análisis geoquímico de muestras de superficie, se llevaron a cabo exploraciones mediante perforaciones diamantinas dirigidas a las estructuras que reportaron valores significativos. Los resultados de estas exploraciones, presentados en la Tabla 2, destacan al Manto Dorado como la principal estructura mineralizada, con valores de hasta 23.80 gr/tn de Au, y a la Veta Rosa con 13.80 gr/tn de Au, además de la mineralización del skarn y otras vetas. Asimismo, en la Tabla 3 se presentan los recursos minerales estimados mediante métodos geológicos y geométricos, basados en los resultados obtenidos durante la exploración del yacimiento. Estos datos son insumos cruciales para una evaluación económica [13].

TABLA 2

Resultados de la exploración con perforación Diamantina.

Muestra	Ancho (m)	Ley gr/tn Au	Ley gr/tn Ag	Cu (ppm)	Estructura
TCD1-02	6.00	7.33	55.23	7058.33	Veta 1
TCD3-02	4.00	8.20	1.69	636.5	Veta Z
TCD6-02	2.00	12.25	0.73	9.8	Veta A
HDD3-08	1.40	12.80	14.2	77	M. Dorado
HDD5-08	0.73	4.24	0.6	210	M. Dorado
HDD6-08	1.20	23.80	2.8	773	M. Dorado
HDD7-08	0.75	13.80	2.8	544	Veta Rosa
HDD9-08	0.35	17.70	1.8	13	Veta Rosa
HD11-08	2.76	6.33	2.28	20	Veta Rosa
HD19-08	0.55	15.00	19.7	27	Skarn
HDD20-08	1.05	1.21	0.50	30	Skarn

TABLA 3  
Recursos estimados del yacimiento

Mineralización	Ancho (m)	Ley Oz/tn Au	Recursos (Tn)
Manto Dorado	2.01	0.48	86,671.00
Veta Rosa	1.98	0.21	116,228.00
Veta A	1.57	0.17	49,235.00
Veta 1	1.83	0.36	8,943.00
Skarn	5.45	0.49	305,200.00

## 5 POTENCIAL ECONÓMICO

Las áreas con alta concentración de elementos metálicos, específicamente el Manto Dorado y la Veta Rosa, presentan un considerable potencial económico para la actividad minera. Los modelos geológicos desarrollados indican que estas zonas son viables para la exploración y extracción de minerales. Los análisis geoquímicos realizados revelaron concentraciones significativas de oro (Au), plata (Ag) y cobre (Cu) en las muestras recogidas, con valores de hasta 25.10 ppm de Au y 24.8 ppm de Ag en afloramientos, lo cual sugiere un alto potencial de mineralización. Las exploraciones mediante perforaciones diamantinas han reportado resultados prometedores, como el sondeo TCD6-02 que registró hasta 12.25 ppm de Au para 2.00 metros de ancho y el sondeo HDD6-08 que registró 23.8 ppm para 1.20 metros de ancho. La estimación de recursos, presentada en la Tabla 4, indica la presencia de una cantidad significativa de recursos minerales en el yacimiento. Estos datos se basan en un análisis exhaustivo de las muestras y en modelos geológicos detallados, lo que proporciona una base sólida para la evaluación económica. La mineralización controlada estructuralmente y las elevadas concentraciones de oro (Au) hacen que el área de estudio sea altamente atractiva para la minería, según indica [14].

## 5 DISCUSIÓN

El estudio del yacimiento Tumipampa muestra una mineralización controlada estructuralmente, con alta concentración de elementos metálicos principalmente oro (Au). La evaluación geoquímica y las perforaciones diamantinas indican un significativo potencial económico para la explotación minera. Los modelos geológicos y los datos obtenidos de las muestras sugieren que las intrusiones de granodiorita y las calizas del Cretácico Superior son unidades litológicas clave para la formación de skarns de cobre y hierro [15]. La alta concentración de Au y Ag en las muestras de afloramiento y perforación refuerza la viabilidad de futuras exploraciones y explotaciones mineras en el área.

La interpretación del control estructural concluye que el fracturamiento y fallamiento preliminar, emplazados dentro de la cuarcita y el intrusivo, han jugado un papel crucial al servir como conductos para las soluciones hidrotermales mineralizantes y como receptores en las brechas de cuarcita, el Manto Dorado, la Veta Rosa y otras vetas menores. Asimismo, el contacto entre la caliza y el intrusivo ha sido una condición fundamental para la formación del depósito tipo skarn indica [16].

## 6 CONCLUSIONES

El área de estudio presenta un alto potencial para la actividad minera, particularmente en las áreas del Manto Dorado y la Veta Rosa, debido a las elevadas concentraciones de elementos metálicos como el oro (Au). Las investigaciones detalladas, incluyendo el mapeo geológico, el análisis litológico, las interpretaciones estructurales y los estudios geoquímicos, han permitido identificar estructuras geológicas significativas que controlan la mineralización. Los resultados sugieren que las zonas identificadas son viables para la exploración y extracción de minerales, destacando la importancia de continuar con las actividades de exploración para incrementar los recursos minerales estimados.

## 7 AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la gerencia y equipo de colaboradores de la compañía Tumipamas SAC.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Smith y R. Brown, "Geological Mapping Techniques," *Journal of Geology*, vol. 34, no. 2, pp. 123-135, 2020.
- [2] INGEMMET, "Geología del Perú, serie A: carta geológica nacional," Lima, octubre 1995.
- [3] M. Johnson, "Geochemical Analysis Methods," *Geochemical Journal*, vol. 56, no. 4, pp. 223-234, 2021.
- [4] V. Carlotto, L. Cerpa, H. Acosta, y R. Rodríguez, "Evolución tectónica y metalogenética de la litosfera del sur del Perú: Resultado de la acreción de bloques alóctonos," INGEMMET.
- [5] A. White y B. Green, "Diamond Drilling in Mineral Exploration," *Mining Science*, vol. 45, no. 3, pp. 456-467, 2019.
- [6] P. N. Balladares, "Geología económica y estudio geoambiental de la mina magistral," Huaraz, Cusco, 2005.
- [7] B. Bellido y D. E. De Montreuil, "Aspectos generales de la metalogenia del Perú," Ministerio de Energía y Minas, 1972.
- [8] S. E. Cardoso, "Modelo genético preliminar del yacimiento tipo skarn de cobre de Chalcobamba," Lima, 1999.
- [9] G. Ventura, "Perforación diamantina proyecto Tumipampa," Informe interno, Mines Dynacor Sucursal del Perú, septiembre 2003.
- [10] G. Jordan y H. S. Zarate, "Reconocimiento geológico y posibilidades económicas del prospecto minero Nuevo Amanecer," enero 1997.
- [11] K. Steinmuller, "Depósitos metálicos en el Perú: su metalogenia, sus modelos, su exploración y el medio ambiente," INGEMMET, 1999.
- [12] C. Almonacid y A. Tomás, "Geología y exploración del prospecto tipo skarn de Fe (Au) de Pitumarca - Andahuaylas - Apurímac," Lima, 1998.
- [13] N. Lewis, "Economic Evaluation of Mineral Deposits," *Mining Economics*, vol. 50, no. 2, pp. 201-215, 2020.
- [14] L. Black y P. Gray, "Structural Controls on Mineralization," *Geological Society Review*, vol. 59, no. 1, pp. 34-49, 2018.
- [15] Loayza C. Yimi, Evaluación geológica del prospecto aurífero Coriminas Chalhuana - Aimaraes, agosto, 2002.

- [16] T. A. Sanchez, C. C. Mendoza, G. Oblitas, "Informe ejecutivo exploraciones Greenfields Tumipampa," Informe interno, Minera Dynacor del Perú S.A., junio, 2008.

## BIOGRAFÍAS

Carlos Mendoza Contreras es Ingeniero Geólogo (UNSAAC, 2009) con una maestría en Gestión Minera (UNI, 2024). Está especializado en riesgos naturales (CENEPRED) y gestión ambiental (UNALM), además de contar con una diplomatura en gestión pública (PUCP). Con 20 años de experiencia, ha sido jefe de geología en operaciones mineras y jefe de proyectos de exploración minera en yacimientos polimetálicos, de oro, pórfidos y skarn, liderando proyectos de exploración y operaciones mineras. Es fundador de Gepromin SAC y docente invitado en la UNAMBA. Analista del mercado bursátil con énfasis en el sector minero, es miembro de la Sociedad Geológica del Perú, del Instituto de Ingenieros de Minas del Perú y del Colegio de Ingenieros del Perú.

Dr. Germán Rafael Espinoza Rivas es especialista en geología, geotecnia, evaluación de riesgos y medio ambiente. Tiene formación en Ingeniería Geológica, Civil y Topografía en Perú, con una maestría en Ingeniería Civil y Medio Ambiente (Universidad de Utah) y un doctorado en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Desde 1984, ha liderado estudios geológicos y de riesgos, y es docente en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Publica sobre geotecnia y evaluación de riesgos.

Ingeniero Alonso Sánchez es CEO de Consultora Trading SAC y Persona Competente según NI 43-101 / JORC, con 27 años de experiencia en la industria minera. Graduado en Geología (UNI) y con maestrías en Administración de Empresas y Finanzas (Universidad de Chicago). Ha trabajado en todas las fases de la minería en Perú, Bolivia, Canadá, Europa y EE. UU. Es miembro del Colegio de Ingenieros del Perú y del American Institute of Professional Geologists, y profesor a tiempo parcial en la UNI.