



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“INFLUENCIA DEL TIPO DE CALIZAS DE LA CALERA
BENDICIÓN DE DIOS E.I.R.L EN LA CALIDAD DEL ÓXIDO
DE CALCIO, CAJAMARCA – 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de minas

Autores:

Carol Elizabeth Guevara Vásquez

Yanela del Rocío Orrilla Acuña

Asesor:

Ing. Víctor Eduardo Alvarez León

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto de tesis a Dios porque ha estado con nosotras en cada paso, cuidándonos y dándonos la fortaleza para continuar y a nuestra familia, quienes a lo largo de nuestra vida han velado por nuestro bienestar y educación.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar queremos agradecer a Dios por permitirnos tener tan buena experiencia dentro de la Universidad Privada del Norte, gracias a nuestra universidad por habernos formado en profesionales.

Nuestros sinceros agradecimientos están dirigidos a nuestro asesor de tesis Ing. Víctor Eduardo Alvarez León, quien con su ayuda desinteresada, nos brindó información relevante, próxima, pero muy cercana a la realidad de nuestras necesidades. A nuestras familias por siempre brindarnos su apoyo, tanto sentimental, como económico y a todas aquellas personas que, de alguna manera, son parte de la culminación de nuestra tesis.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Realidad problemática.....	8
1.2. Formulación del problema	18
1.3. Objetivos	18
1.4. Hipótesis.....	19
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	20
2.1. Tipo de investigación	20
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	20
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	20
2.4. Procedimiento	22
CAPÍTULO III. RESULTADOS	23
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	31
REFERENCIAS.....	34
ANEXOS.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resistencia de la roca	18
Tabla 2: Ubicaciones de las muestras en la Calera Bendición De Dios.....	23
Tabla 3: Características físicas de las calizas.....	24
Tabla 4: Índice de resistencia a la carga puntual de las muestras	26
Tabla 5: Índice de resistencia a la carga puntual de las calizas de la formación Cajamarca	26
Tabla 6: Índice de resistencia a la carga puntual de las calizas de la formación Celendín.....	27
Tabla 7: Ubicación de las muestras en la formación Cajamarca	27
Tabla 8: Composición química de las calizas de la formación Cajamarca.....	28
Tabla 9: Ubicación de las muestras en la formación Celendín	29
Tabla 10: Composición química de las calizas de la formación Celendín	29
Tabla 11:%CaO aprovechable	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cuadro estratigráfico de la región Cajamarca.....	13
Figura 2: Formaciones presentes en la calera Bendición de Dios.....	14
Figura 3: Formación Cajamarca presente en la calera	15
Figura 4: Formación Cajamarca presente en la calera.....	15
Figura 5: Formación Celendín presente en la calera.....	17
Figura 6: Toma de datos con el GPS.....	20
Figura 7: Carga Puntual.....	21
Figura 8: Ensayo de la carga puntual de la muestra 1	43
Figura 9: Ensayo de la carga puntual de la muestra 2	44

RESUMEN

El presente trabajo de investigación ha sido realizado en la calera Bendición de Dios E.I.R.L ubicada en el distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc- Cajamarca con el objetivo de realizar un estudio físico químico de las calizas para determinar la influencia en la calidad del óxido de calcio útil. Para poder lograr el objetivo principal se realizó un muestreo de 15 muestras de calizas pertenecientes a las formaciones Cajamarca y Celendín, con el fin de efectuar los análisis físicos y químicos correspondientes. También se tomó una muestra del producto final (óxido de calcio) para determinar el porcentaje de óxido de calcio útil. Con los resultados identificamos que el contenido de sílice en ambas calizas es mayor al 2% por lo tanto no cumple con el contenido mínimo que deben tener las calizas metalúrgicas. También se determinó que el porcentaje de óxido de calcio es de 85.54%. Finalmente se comprobó que las calizas de la Formación Cajamarca presentan un color azul que intemperiza a tonos grises claros y las calizas de la formación Celendín presentan un color crema amarillento, determinándose que las calizas de la formación Celendín tienen 93.36% de CaCO_3 , comparados con las calizas de la formación Cajamarca que tienen 90.87% de CaCO_3 . Las calizas de la formación Celendín tienen 2.5% más de CaCO_3 ; por lo tanto el tipo de caliza si influyen en la calidad de óxido de calcio.

Palabras clave: caliza, óxido de calcio, sílice, calera, cal útil, carbonato de calcio

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La caliza es uno de los minerales que más han contribuido e influido en la transformación de la sociedad moderna. La caliza de alta pureza posee más de 97% CaCO_3 (Carbonato de Calcio). (Cambroner, 2010)

El Perú posee grandes canteras de caliza a lo largo de todo su territorio. Actualmente el óxido de calcio (cal) tiene una fuerte demanda en la industria minera, debido a esto, rápidamente ha crecido la demanda de cal en el mercado nacional, en la década de los 90 hasta la actualidad. Cajamarca representa un 16.5% de la producción de cal en el Perú, solamente superada por Lima con el 37.14 %. El uso más importante del óxido de calcio (CaO), está asociado a los procesos de extracción de cobre, oro y plata, principalmente en los procesos de flotación, donde actúa como un regulador de pH. (BCRP, Reporte de Inflación, Setiembre 2015)

La cal es un óxido de calcio (CaO) que se obtiene calentando la piedra calcárea a unas determinadas temperaturas y durante un cierto plazo de tiempo. La alta temperatura, en horno a 1000 grados, mantenida a lo largo de unas 50 horas provoca que la piedra desprenda el agua (H_2O), el anhídrido carbónico (CO_2) y aquellas materias orgánicas que lleva, aminorando el peso correspondiente. Normalmente el óxido obtenido aún lleva impurezas, según la composición de la piedra inicial y para evitarlas debe elegirse aquella de mejor calidad. (Cambroner, 2010)

Para obtener una cal de calidad, la caliza utilizada debe tener una cantidad mínima de impurezas del tipo partículas de Sílice (Si), debido a que esta reacciona con el CaO formando silicatos, los cuales se acumulan en el fondo de los hornos, obstruyendo el paso del material; además de que la dureza de la cal obtenida, depende de las impurezas de la caliza utilizada como también de la temperatura de calcinación, una impura, da una cal dura si se calcina a temperaturas elevadas.

Sin embargo, cabe mencionar que la composición química de la caliza, carbonato de calcio con impurezas, no se puede controlar sin un impacto del mayor costo en la fabricación de cal viva, por consiguiente, se aceptan generalmente variaciones. De esta forma se opta por calentar uniformemente la caliza en el horno, por eso se debe controlar continuamente la temperatura de calcinación, el tamaño de partícula debe ser relativamente uniforme. Hay que evitar largos tiempo de residencia en el horno.

(Fitatá & Santos, 2014) Señalan que la materia silíceas además de ser una impureza, es muy dura y nociva para las cales. Las calizas metalúrgicas y químicas deben tener menos del 1% de alúmina y menos del 2% de sílice.

Los compuestos de hierro son pocas veces nocivos para la caliza a menos que se requiera una cal muy pura. Normalmente el hierro se encuentra en forma de pirita FeS_2 e hidróxido férrico (limonita). Los silicatos que contienen hierro no se descomponen.

(Coronel & Salazar, 2018) Nos dice en su investigación que la empresa “Calera Bendición de Dios E.I.R.L.”, dedicada a la explotación de recursos naturales; busca estándares de calidad, seguridad y cuidado ambiental sostenible, con gran responsabilidad social brindando así a los moradores trabajo para producir óxido de calcio, hidróxido de calcio y cal agrícola cuya pureza está demostrada por encima del 80%, con la única finalidad de obtener un buen producto para satisfacer las necesidades de sus clientes.

(Rojas, 2010) Afirma que las características geológicas de la Formación Cajamarca, son favorables; la roca caliza es compacta y se muestra inalterada, contiene 56.22 % de CaO, por lo que es considerada como materia prima en la explotación de calizas pertenecientes a esta formación. Además mediante el análisis químico y físico de las calizas, se determina que son óptimas para el proceso productivo de óxido de calcio, presentando la cal resultante un contenido de 95% de CaO, con un índice de hidraulicidad de 3.7%.

(Ortiz, 1995) Nos dice que de acuerdo a la evaluación física, química- mineralógica de las calizas de la Sierra de Estepa se determinó que presentan un color blanco en la mayoría de los casos, apareciendo algunas variedades con tonos rosados, amarillos o cremas además son materiales homogéneos, compactos, de escasa absorción de agua, resistencia mecánica media alta, y por consiguiente de gran calidad técnica, lo que aconseja su empleo como material de construcción.

(Culqui, 2017) Nos dice en su investigación que de acuerdo a la toma de 02 muestras de roca caliza del grupo Pulluicana (Ks-p); llego a concluir que la roca caliza está entre el 92.2 a 95.64 % de contenido de CaCO_3 ; y que las impurezas presentes en el la roca caliza entre 4.36 a 7.8%, y con esto determino que estas calizas son de buena calidad para la producción de cal viva.

(Limay & Barboza, 2016) Para esta evaluación se realizó la investigación experimental a 15 muestras de roca caliza; llegando a concluir que de acuerdo a la geología mapeada en la concesión, sólo se evidencia la formación geológica Cajamarca compuesta de calizas óptimas para la generación de cal viva, además según los análisis complexométricos la composición de las tres muestras son similares y de buena calidad.

(Castillo & Chunque, 2016) Menciona que de acuerdo a sus características físicas de las muestras de calizas analizadas pertenecientes a la formación geológica Cajamarca y Yumagual, se concluye que la calidad de la roca es buena para elaborar óxido de calcio, y de acuerdo a los análisis químicos realizados en el laboratorio se concluye que la calidad de estas calizas es buena para la elaboración de óxido de calcio, representando un valor mínimo de 94.43% de carbonatos totales y un valor máximo de 97.11%.

La industria de la cal utiliza el insumo calizo, lo procesa por el método de calcinación hasta obtener la cal viva o cal (Chávez, 2015).

La producción de la cal en la Región Cajamarca es de tipo artesanal, producida por pequeños artesanos mineros con infraestructura precaria, con ausencia de estándares de calidad, seguridad y del cuidado del medio ambiente, por tal motivo la investigación realiza una evaluación fisicoquímica de las calizas de la calera Bendición de Dios para determinar su influencia en la calidad del CaO.

Geología Regional

Se presentan unidades tanto sedimentarias, metamórficas, volcánicas e intrusivas, que van desde el proterozoico hasta el neógeno, siendo las que son más representativas las unidades sedimentarias del cretáceo y los volcánicos del cenozoico.

Geología Local



Las formaciones geológicas presentes en la calera Bendición de Dios son formación Cajamarca (Ks-ca) y formación Celendín (Ks – ce).

Figura 1: Cuadro estratigráfico de la región Cajamarca

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA	Grosor (m)	LITOLOGIA	DESCRIPCION		
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Dep. fluviales y aluviales Dep. lagunares y glaciares			Arenas, gravas. Limos, arcillas.		
		PLEISTOCENO	Formación Condebamba	150		Conglomerados, areniscas y arcillas rojas.		
	NEOGENO	PLIOCENO	Formación Cajabamba	200		Lutitas, lodolitas, areniscas finas blanco amarillentas.		
		Sup.	Formación Bambamarca	300		Tobas dacíticas y traquiandesíticas blanquecinas. Disc. ang.		
	PALEOGENO	MIOCENO	Inf.	Grupo Callipuy Formación Porculla	2100		Tobas blanco amarillentas intercaladas con areniscas. rojizas, aglomerados y piroclastos. Dacita	
							Intercalación de derrames andesíticos, tobas blanquecinas. areniscas tobáceas y conglomerados lenticulares. Diorita	
		OLIGOCENO				Tobas blanquecinas intercaladas con delgados lechos de areniscas y lutitas tobáceas.		
		EOCENO	Formación Llama	600		Derrames y brechas andesíticas.		
	MESOZOICO	CRETACEO	PALEOCENO	Formación Chota	500		Conglomerados con cantos de cuarcita. Disc. ang.	
				Formación Celendín	200		Conglomerados con cantos de calizas y areniscas rojizas	
Formación Cajamarca				600-700		Calizas, margas y lutitas gris amarillentas. de lutitas y margas.		
SUPERIOR			Grupo Quilquián	500		Calizas nodulares macizas, margas y lutitas pardo- amarillentas fosilíferas.		
			Grupo Pullucana	700		Calizas gris parduscas, fosilíferas, margas y escasos niveles de lutitas.		
			Formación Pariatambo	150-200		Lutitas grises o negras, calizas bituminosas nodulares.		
			Formación Chúlec	200-250		Calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas.		
			Formación Inca	150		Areniscas calcáreas y limolitas ferruginosas.		
			INFERIOR	Grupo Goyllarisquizga	Formación Farrat	500		Cuarcitas y areniscas blancas.
				Formación Carhuáz	500		Areniscas rojizas y cuarcitas blancas intercaladas con lutitas grises.	
Formación Santa Formación Chimú				150-100 80-600		Lutitas grises y calizas margosas. Areniscas, cuarcitas, lutitas y niveles de carbón en la parte inferior, principalmente cuarcitas en la parte superior.		
JURASICO			SUPERIOR	Formación Chicama	500		Lutitas negras, laminares y deleznales, con intercalaciones de areniscas grises y horizontes arcillosos. Disc. ang.	
			MEDIO	Formación Oyotún	500		Tobas, brechas y derrames andesíticos. Tonalita/granodiorita	
	INFERIOR	Grupo Pucará	700-800		Calizas gris azuladas, macizas con nódulos silíceos.			
PALEOZOICO	PERMIANO	SUPERIOR	Grupo Mitu	300		Areniscas, limolitas y conglomerados rojizos. Disc. ang.		
		INF.	Formación Salas	?		Filitas pelíticas y tobáceas de colores marrones y negruzcos con algunas cuarcitas hacia la parte superior. Disc. ang.		
PROTEROZOICO			Complejo Olmos	?		Esquistos gris verdosos y anfíbolitas.		

Fuente: Estudio de geología de la región Cajamarca (Cruzado, 2009)

Figura 2: Formaciones presentes en la calera Bendición de Dios

MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	Formación Celendín	200		Calizas, margas y lutitas gris amarillentas.
			Formación Cajamarca	600-700		Calizas gris azuladas, margas, con delgadas intercalaciones de lutitas y margas.
	INFERIOR	CRETACEO	Grupo Quilquiñán	500		Calizas nodulares margas, margas y lutitas pardas- amarillentas fosilíferas.
			Grupo Pullucana	700		Calizas gris parduscas, fosilíferas, margas y escasos niveles de lutitas.
		Formación Paratambo	150-200	Lutitas grises o negras, calizas bituminosas nodulares.		
		Formación Chulec	200-250	Calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas.		
		Formación Inca	150	Areniscas calcáreas y molitas ferruginosas.		
		GRUPO YLLANISQUIGUA	Formación Farat	500		Cuarzitas y areniscas blancas.
			Formación Carhuáz	500		Areniscas rojizas y cuarzitas blancas intercaladas con lutitas grises.
			Formación Santa	150-100		Lutitas grises y calizas margosas.
Formación Chimú	80-600		Areniscas, cuarzitas, lutitas y niveles de carbón en la parte inferior, principalmente cuarzitas en la parte superior.			

Fuente: Estudio de geología de la región Cajamarca (Cruzado, 2009)

Formación Cajamarca (Ks– ca)

Están formadas por secuencias calcáreas del Cretáceo Superior, resalta la ocurrencia en bancos gruesos y duros por presentar una estratificación regular y uniforme de coloración grisácea. Consiste de caliza estratificada en forma de capa mediana y pura de color azul que intemperiza a tonos grises claros debido a su alta pureza prácticamente constituiría una caliza litográfica. (Cruzado, 2009).

Esta formación consiste de calizas gris oscuras o azuladas, con delgados lechos de lutitas y margas. Las calizas se presentan en bancos gruesos con escasos fósiles. Esta formación yace concordantemente sobre la formación Quilquiñán y con la misma relación infrayace a la formación Celendín. Su grosor varía entre los 600 y 700 m.

Figura 3: Formación Cajamarca presente en la calera



Fuente: Propia

Figura 4: Formación Cajamarca presente en la calera



Fuente: Propia

Formación Celendín (Ks – ce)

Están formadas por secuencias calcáreas del Cretáceo Superior, consiste en intercalación de estratos de calizas nodulares, con margas y lutitas. El espesor de los estratos son menores a 1m, presentan un color crema amarillento debido a que son fácilmente erosionables.

Esta formación está constituida por margas y lutitas de color gris azulado y amarillo rojizo, abigarradas hacia el tope, en capas cuyo grosor en la base varía entre 2 y 6 m, alcanzando hasta 8 m, en la parte superior. La formación Celendín presenta intercalaciones de calizas margosas algo nodulosas en capas delgadas, algunas son lumaquélicas, asimismo calizas areniscosas color gris amarillento, sobre todo en la parte superior. Se observa abundantes láminas de yeso secundario distribuido en el material arcilloso, formando costras en los estratos calcáreos o también rellenando cavidades. Su grosor aproximado es de 300 m. El contacto de la formación Celendín con la formación Cajamarca que infrayace es concordante, en cambio el contacto suprayacente con la formación Chota no es claro debido a la cobertura del material reciente. Esta formación representa el final de la sedimentación marina del cretáceo iniciándose la sedimentación continental de las capas rojas. (Cruzado, 2009).

Figura 5: Formación Celendín presente en la calera



Fuente: Propia

La cantera se encuentra ubicada en el departamento de Cajamarca, provincia de Hualgayoc, distrito de Bambamarca, carretera Bambamarca- Chota Km.4 Caserío Maygasbamba.

La Empresa “Calera Bendición de Dios” titular de la Concesión minera no metálica “LOS CHANCAS III 5 HNOS”, donde se encuentra la cantera de caliza, comprende un área de 100 hectáreas, cuyas coordenadas UTM correspondientes a la zona 17 del sistema PSAD-56.

Ensayo de Carga Puntual

Tabla 1:

Resistencia de la roca

DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE (Mpa)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (Mpa)	VALORACIÓN
Extremadamente dura	>250	>10	15
Muy dura	100-250	4-10	12
Dura	50-100	2-4	7
Moderadamente dura	25-50	1-2	4
	5-25		2
Blanda muy blanda	1-5	<1	1
	<1		0

Fuente: Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye el tipo de caliza de la calera Bendición de Dios E.I.R.L en la calidad del óxido de calcio?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia del tipo de calizas de la calera Bendición de Dios en la calidad de óxido de calcio, Cajamarca – 2019.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar una evaluación físico-química de las calizas de la calera Bendición de Dios.
- Determinar el porcentaje de óxido de calcio aprovechable del proceso de calcinación.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Cada tipo de caliza produce una calidad diferente de cal, dependiendo de las características físicas y químicas se obtiene una ley óptima de óxido de calcio.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Con la evaluación físico-química de las calizas de la calera Bendición de Dios determinamos que la resistencia de la roca es dura y contiene un porcentaje menor al 2% de sílice y menos del 1% de aluminio y hierro.
- Las calizas de las formaciones Celendín y Cajamarca presentan un 90% de óxido de calcio aprovechable.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Según J. Dewey y Claude Bernard el tipo de investigación es experimental porque se modifica la variable independiente y observamos los cambios (efectos) en la variable dependiente.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

Población: Las caleras del distrito de Bambamarca

Muestra: La calera Bendición de Dios del Distrito de Bambamarca

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Técnica de recopilación de información:

Para el desarrollo del presente estudio se tomó 15 muestras de calizas y una muestra de cal procesada, para determinar sus características físicas. También se identificó 2 tipos de formaciones en la calera: formación Cajamarca y formación Celendín.

Se usó GPS para tomar lectura de las coordenadas de los puntos de muestreo.



Figura 6: Toma de datos con el GPS

Cada muestra fue recolectada en bolsas donde especificamos el tipo de caliza, para así ser enviadas al laboratorio.

Se utilizó el instrumento de carga puntual para evaluar la resistencia de cada muestra de roca caliza.



Figura 7: Carga Puntual

→ **Análisis De Datos**

Terminado el muestreo se realizará el análisis de las muestras de caliza y cal en el Laboratorio químico “POLIMETALS LAB EIRL”-TRUJILLO, KW QUIMICA GERMANA SAC

2.4. Procedimiento

La evaluación de la caliza se realizó mediante una serie de análisis de laboratorio dirigidos a conocer cualitativa y cuantitativamente, sus características físicas y químicas.

- Se evaluó la resistencia con ensayo de carga puntual a cada una de las muestras.
- Se realizó un análisis en el laboratorio POLIMETALS LAB EIRL”-TRUJILLO, de la ciudad de Trujillo en donde se determinó las impurezas presentes en cada muestra, así como también el porcentaje de óxido de calcio en las muestras de los diferentes tipos de caliza.
- Se determinó el porcentaje de concentración del carbonato de calcio en la piedra caliza.
- Se utilizó cuadros comparativos para la interpretación de los resultados de laboratorio.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

1. Calera Bendición De Dios

En el presente capítulo, daremos a conocer los resultados de las muestras tomadas en el área de estudio.

Se tomaron 15 muestras para fines de estudio de calidad de óxido de calcio. En el cuadro, se describe cada una de las muestras:

Tabla 2:

Ubicaciones de las muestras en la Calera Bendición De Dios

N°	Coordenadas de ubicación		Provincia	Distrito
	Este	Norte		
P1	772163.00	9263085.00	Hualgayoc	Bambamarca
P2	772172.00	9263094.00	Hualgayoc	Bambamarca
P3	772188.00	9263109.00	Hualgayoc	Bambamarca
P4	772196.00	9263136.00	Hualgayoc	Bambamarca
P5	772224.00	9263151.00	Hualgayoc	Bambamarca
P6	772254.00	9263149.00	Hualgayoc	Bambamarca
P7	772273.00	9263132.00	Hualgayoc	Bambamarca
P8	772292.00	9263136.00	Hualgayoc	Bambamarca
P9	772300.00	9263152.00	Hualgayoc	Bambamarca
P10	772313.00	9263173.00	Hualgayoc	Bambamarca
P11	772308.00	9263192.00	Hualgayoc	Bambamarca
P12	772292.00	9263211.00	Hualgayoc	Bambamarca
P13	772296.00	9263240.00	Hualgayoc	Bambamarca
P14	772302.00	9263252.00	Hualgayoc	Bambamarca
P15	772293.00	9263262.00	Hualgayoc	Bambamarca

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3:

Características físicas de las calizas

MUESTRAS DE CALIZA	FORMACIONES
<p>1) Muestra 1</p> 	<p>Formación Cajamarca</p> <p>Presenta un color azul oscuro, con una textura micrítica. La roca presenta varias fracturas.</p>
<p>2) Muestra 2</p> 	<p>Formación Cajamarca</p> <p>Presenta un color gris claro con venillas de calcita con una textura micrítica.</p>
<p>3) Muestra 3</p> 	<p>Formación Cajamarca</p> <p>Presenta un color gris claro con presencia de calcita con una textura consistente en granos minerales que se entrelazan.</p>

4) Muestra 4



Formación Cajamarca

Presenta un color azul oscuro, venillas de calcita y varias fracturas.

5) muestra 5



Formación Celendín

Presentan un color crema amarillento con contenidos de calcita y tiene un textura regular.

6) muestra 6



Formación Celendín

Presentan un color crema amarillento con contenidos de calcita y textura regular.

Fuente: Elaboración propia

Resultados del índice de resistencia a la carga puntual

Tabla 4:

Índice de resistencia a la carga puntual de las muestras

Muestras	índice de resistencia a la carga puntual	Formaciones
Muestra 1	0.46Mpa	Formación Cajamarca
Muestra 2	1.34 Mpa	Formación Cajamarca
Muestra 3	1.30 Mpa	Formación Cajamarca
Muestra 4	0.98Mpa	Formación Celendín
Muestra 5	1.22 Mpa	Formación Celendín
Muestra 6	1.16 Mpa	Formación Celendín

Elaboración propia

Al realizar el análisis de carga puntual se observó que la muestra 1 y 4 presentaban pequeñas microfracturas por eso estos datos no han sido considerados para el análisis estadístico promedio.

MUESTRAS TOMADAS EN LA FORMACION CAJAMARCA

Tabla 5:

Índice de resistencia a la carga puntual de las calizas de la formación Cajamarca

Muestras	índice de resistencia a la carga puntual (Mpa)
Muestra 2	1.34
Muestra 3	1.30
promedio	1.32
desv est	0.03
coef var	2.14

Fuente: Elaboración propia

Las muestras 2 y 3 no tienen mucha variación en los resultados de la carga puntual, ya que presentan valores del 1.30 al 1.34 Mpa.

MUESTRAS TOMADAS EN LA FORMACION CELENDIN

Tabla 6:

Índice de resistencia a la carga puntual de las calizas de la formación Celendín

Muestras	índice de resistencia a la carga puntual (Mpa)
Muestra 5	1.22
Muestra 6	1.16
promedio	1.19
desv est	0.04
coef var	3.57

Fuente: Elaboración propia

Las muestras 5 y 6 no tienen mucha variación ya que presentan valores del 1.16 al 1.22 Mpa.

Las muestras tomadas en los puntos 1, 2, 3 y 4 pertenecen a la formación Cajamarca según la tabla N° 7

Tabla 7:

Ubicación de las muestras en la formación Cajamarca

N°	Coordenadas de ubicación		Provincia	Distrito
	Este	Norte		
P1	772163	9263085	Hualgayoc	Bambamarca
P2	772172	9263094	Hualgayoc	Bambamarca
P3	772188	9263109	Hualgayoc	Bambamarca
P4	772196	9263136	Hualgayoc	Bambamarca

Fuente: Elaboración propia

El análisis químico de estas muestras de la formación Cajamarca se muestran en la tabla N°

8.

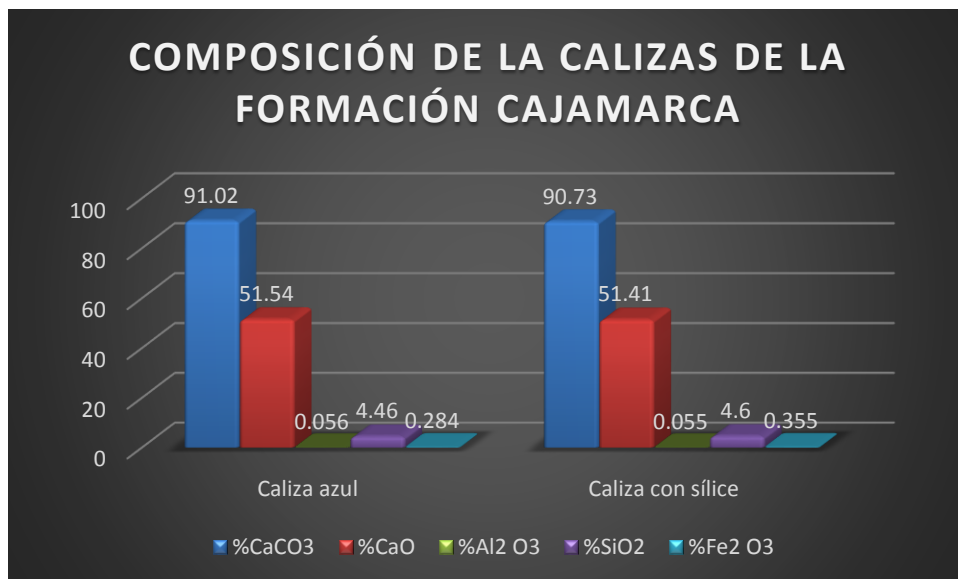
Tabla 8:

Composición química de las calizas de la formación Cajamarca

Código muestra	%CaCO ₃	%CaO	%Al ₂ O ₃	%SiO ₂	%Fe ₂ O ₃
Caliza azul	91.02	51.54	0.056	4.46	0.284
Caliza con sílice	90.73	51.41	0.055	4.6	0.355
promedio	90.875	51.475	0.0555	4.53	0.3195
desv est	0.21	0.09	0.00	0.10	0.05
coef var	0.23	0.18	1.27	2.19	15.71

Fuente: Laboratorio POLIMETALS LAB EIRL”-TRUJILLO

Gráfico 1: Composición de la Caliza de la formación Cajamarca



Fuente: Elaboración propia

Se observa que la caliza azul y la caliza con sílice no tienen mucha variación en su contenido de carbonato de calcio, ya que presenta valores de 0.23% en su coeficiente de variación; pero si varía en su contenido de óxido de hierro con un valor del coeficiente de variación del 15.71.

Las muestras tomadas en los puntos 5, 8, 11 y 14 pertenecen a la formación Celendín según la tabla N° 9

Tabla 9:

Ubicación de las muestras en la formación Celendín

N°	Coordenadas de ubicación		Provincia	Distrito
P5	772224.00	9263151.00	Hualgayoc	Bambamarca
P8	772292.00	9263136.00	Hualgayoc	Bambamarca
P11	772308.00	9263192.00	Hualgayoc	Bambamarca
P14	772302.00	9263252.00	Hualgayoc	Bambamarca

Fuente: Propia

El análisis químico de estas muestras de la formación Celendín se muestran en la tabla N° 10.

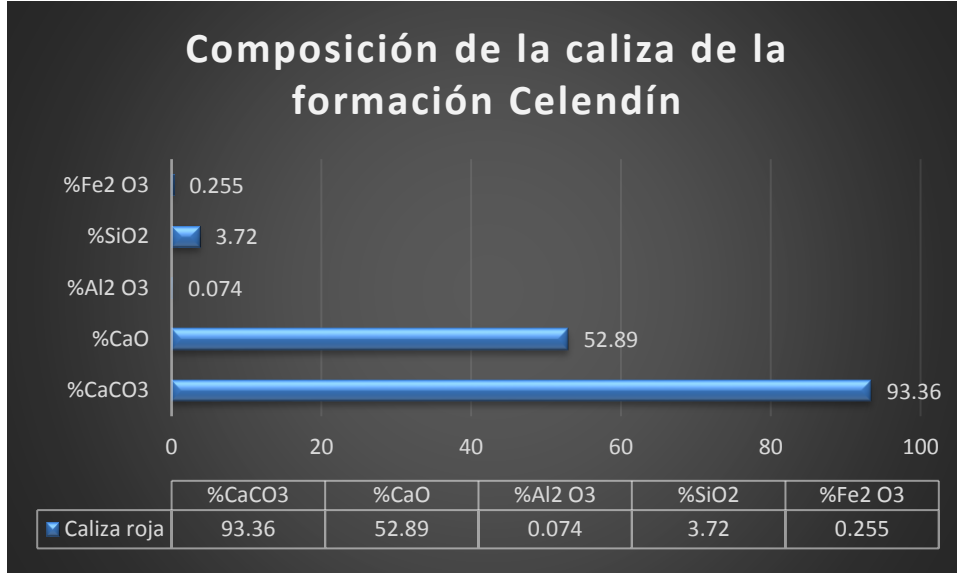
Tabla 10:

Composición química de las calizas de la formación Celendín

Código muestra	%CaCO ₃	%CaO	%Al ₂ O ₃	%SiO ₂	%Fe ₂ O ₃
Caliza roja	93.36	52.89	0.074	3.72	0.255

Fuente: Laboratorio POLIMETALS LAB EIRL”-TRUJILLO

Gráfico 2: Composición de la caliza de la formación Celendín



Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis químico por óxido de calcio útil se muestran en la tabla N°11.

Tabla 11:

% CaO útil

Elemento	Estado físico	Cal útil (% CaO)
Esquema		
Unidad		
Cal	Cal fina	85.41%
Cal	Cal granulada	85.67%

Fuente: Informe de ensayo PV1800235

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

De acuerdo a la tabla n°3 podemos deducir que las propiedades físicas de las calizas de la formación Cajamarca presentan un color azul y gris claro y de la formación Celendín presentan un color gris amarillento con esto podemos corroborar con los antecedentes teóricos según (Cruzado, 2009).

En la tabla n°5 y n° 6 se determinó que los valores de análisis de carga puntual de las calizas están entre 1.16 y 1.34 MPa y al ser comparados con la tabla N°1 según BIENIAWSKI nos reporta, que la roca de la formación Cajamarca y de la formación Celendín, son moderadamente duras.

En la tabla Nª 8 se observa que la caliza de la formación Cajamarca reporta en promedio 90.875% de CaCO_3 y en la tabla Nª 10 la caliza de la formación Celendín reporta 93.36% de CaCO_3 . Estos resultados contrastan a las investigaciones realizadas por (Castillo & Chunque, 2016).

De acuerdo a la tabla n° 8 y n°11 determinamos que el % CaO tiene un promedio de 51.475 y el contenido de cal útil tiene un promedio de 85.54% respectivamente; por lo tanto contrasta con los resultados de (Rojas, 2010) en los cuales hay una diferencia de 4.745 % en su contenido de CaO y 9.46 % en su contenido de cal útil y en cuanto al índice de hidraulicidad comparado con los antecedentes hay una diferencia de 1.2 %.

El contenido de CaO aprovechable de la caliza de la calera Bendición de Dios reporta entre 85.41 y 85.67%; lo cual confirma los resultados con la investigación de (Coronel & Salazar, 2018).

De acuerdo a la teoría se entiende que las calizas metalúrgicas y químicas deben tener menos del 1% de aluminio y menos del 2% de sílice (Fitatá & Santos, 2014) y comparando los datos obtenidos en la tabla N°8 y N°10 se identifica que el contenido de sílice en ambas calizas es mayor al 2% ya que contienen un 4.46% y 4.60% respectivamente. El contenido de aluminio en ambas muestras si cumple con lo mencionado en los antecedentes y el contenido de hierro en las muestras de caliza son 0.355, 0.284 y 0.255 es decir son menores al 1%, por lo tanto se puede producir una cal de alta pureza.

4.2 Conclusiones

- Se realizó una evaluación físico química y se determinó que el tipo de caliza si influye en la calidad de óxido de calcio aprovechable, determinándose que la caliza de la formación Cajamarca tiene 85.67% de CaO útil y es de mejor calidad a comparación de la formación Celendín que tiene un 85.41% de CaO útil.
- Las calizas de la Formación Cajamarca presentan un color azul que intemperiza a tonos grises claros y las calizas de la formación Celendín presentan un color crema amarillento además son moderadamente duras.

- Las calizas de la formación Celendín tienen 93.36% de CaCO_3 , comparados con las calizas de la formación Cajamarca que tienen 90.87%, las calizas de Celendín tienen 2.5% más de CaCO_3 .
- Ambas calizas de las formaciones Cajamarca y Celendín presentan un contenido de sílice mayor al 2% ya que contienen un 4.46% y 4.60% respectivamente, además su contenido de aluminio en ambas muestras es menor al 1% por lo tanto si cumple con los antecedentes teóricos.
- Se concluye que la calera Bendición de Dios produce cal con un una ley de CaO útil promedio de 85.54%.

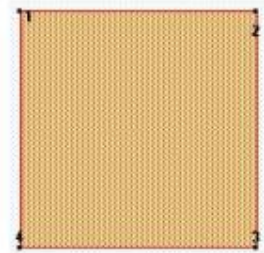
REFERENCIAS

- Alcantara, E. (2014). *Plan de minado del proyecto Calera Bendición De Dios*. Cajamarca.
- Calcinor Química General. (2018). *Cales de Ilierca Sociedad Anónima*. Obtenido de cales de Ilierca sociedad anónima: <https://www.calesdellierca.com/es/proceso/>
- Cambronero, S. C. (2010). *La cal, los hornos de cal y los calcineros*. España.
- Castillo, V. G., & Chunque, J. C. (2016). *Evaluación de calidad de las calizas con fines industriales en la concesión minera tres pirámides, distrito de Magdalena – Cajamarca 2016*”. Cajamarca.
- Chávez, P. B. (2015). *Plan Estratégico para el desarrollo de la Industria de la Cal en la región Cajamarca*. Lima.
- Coronel, J., & Salazar, D. (2018). *Propuesta de un sistema de gestión de calidad basada en la Norma ISO 9001:2015 para mejorar el nivel de satisfacción del cliente en el servicio de venta de cal en la empresa Calera Bendición De Dios E.I.R.L.*”. Cajamarca.
- Cruzado, V. G. (2009). *Estudio de geología*. Cajamarca.
- Culqui, M. A. (2017). *Influencia de la calidad de las calizas para la producción de cal viva en la calera La Conga del caserío de Sogorón alto distrito de La Encañada, Cajamarca 2017*. Cajamarca.
- F.C.Cox, M. (1977). *Procedure for the assessment of limestone resources*. London.
- Fitatá, M., & Santos, D. (2014). *Diseño de planta de cal*. Bogotá.
- Gabriel, C. A. (2016). *Parámetros energéticos de un horno continuo para la producción de cal a partir de la capacidad de producción*. Trujillo - Perú.
- González, G. L. (2012). *Optimización del proceso de combustión para el tratamiento de la caliza en la obtención de cal y derivados de la corporación los nevados*. Riobamba – Ecuador.
- Hernandez Vera, M. C. (1995). *La cal: en la metalurgia extractiva*. Chile.
- Limay, E., & Barboza, W. (2016). *Evaluación de la calidad de las calizas óptimas para la producción de cal viva en la concesión Colquirrumi 49 – B, Cajamarca 2016*”. Cajamarca.
- Ortiz, M. (1995). *Caracterización petrográfica y geoquímica de las calizas de la Sierra De Estepa (Sevilla) y evaluación de la calidad técnica como materiales de construcción*. Sevilla.
- Rojas, k. (2010). *Características Geológicas de la Formación Cajamarca con fines industriales Cumbemayo – Cajamarca*. Cajamarca.
- Sagastume, G. A. (2015). *Optimización de la calcinación de calizas en hornos de cuba vertical*. Brasil.

ANEXOS

ANEXO 1: coordenadas de la calera Bendición de Dios E.I.R.L

Vertice	Coordenadas UTM PSAD56		Coordenadas WGS84	
	Norte	Este	Norte	Este
1	9,264,000.00	772,000.00	9,263,637.26	771,743.78
2	9,264,000.00	773,000.00	9,263,637.27	772,743.76
3	9,263,000.00	773,000.00	9,262,637.28	772,743.76
4	9,263,000.00	772,000.00	9,262,637.27	771,743.78



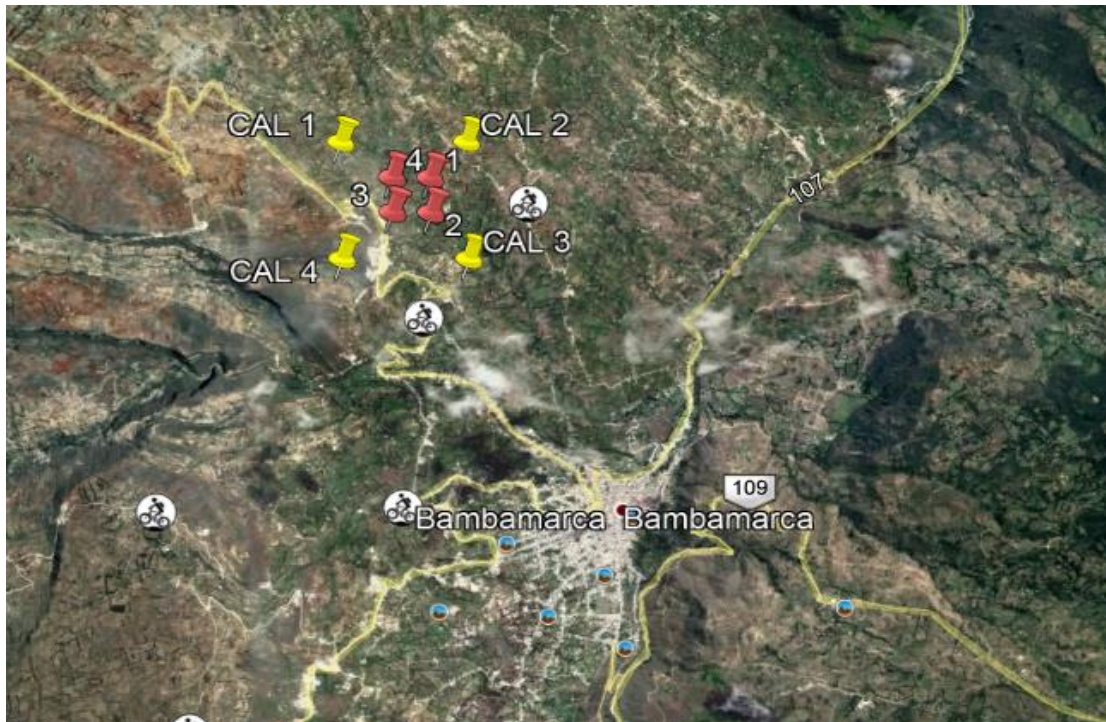
Fuente: GEOCATMIN-INGEMMET

ANEXO 2: Ubicación de la concesión



Fuente: Google Maps

ANEXO 3: Ubicación de la Calera Bendición De Dios E.I.R.L



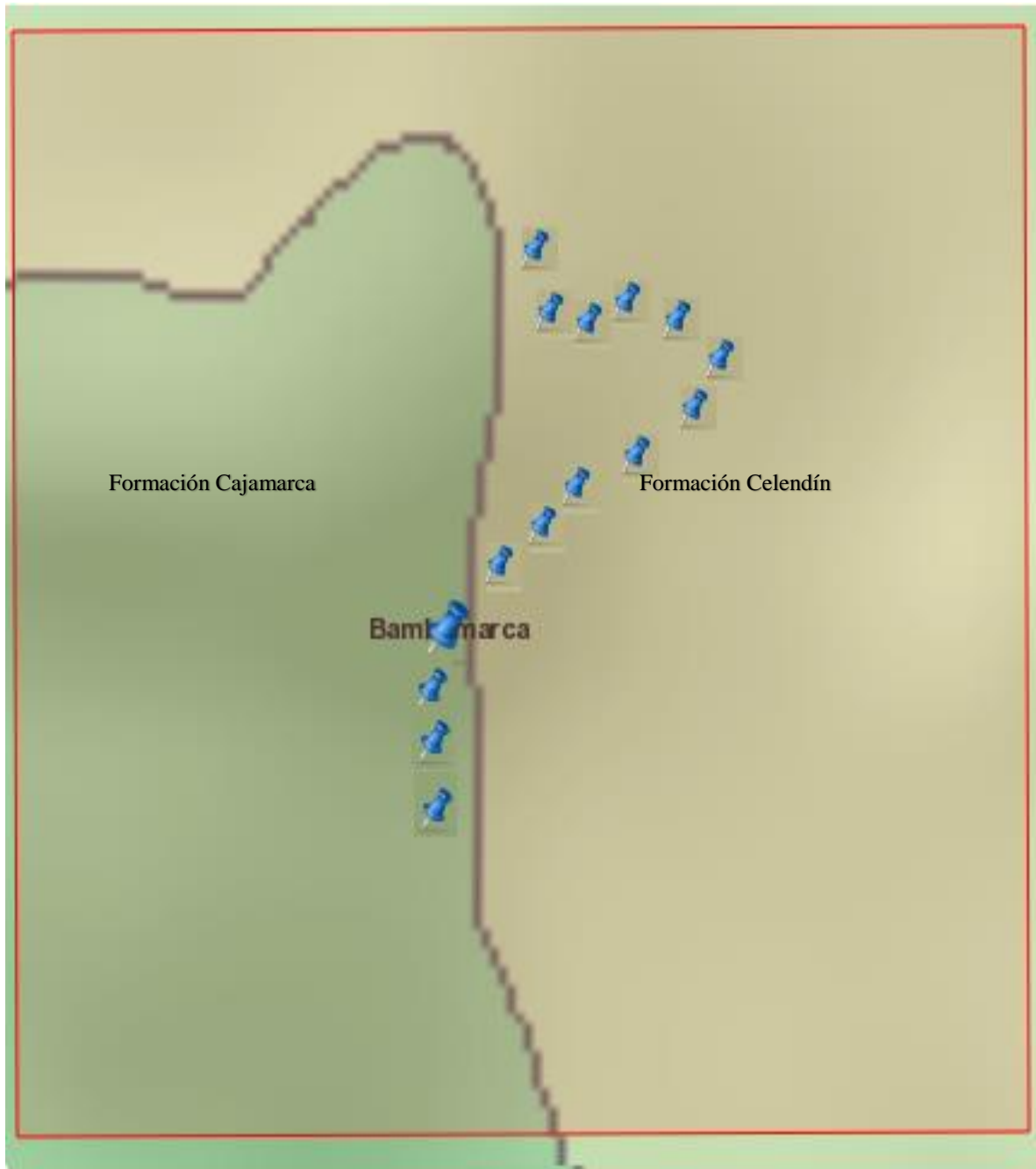
Fuente: Google Maps

ANEXO 4: Ubicación de los puntos de GPS de la toma de muestras



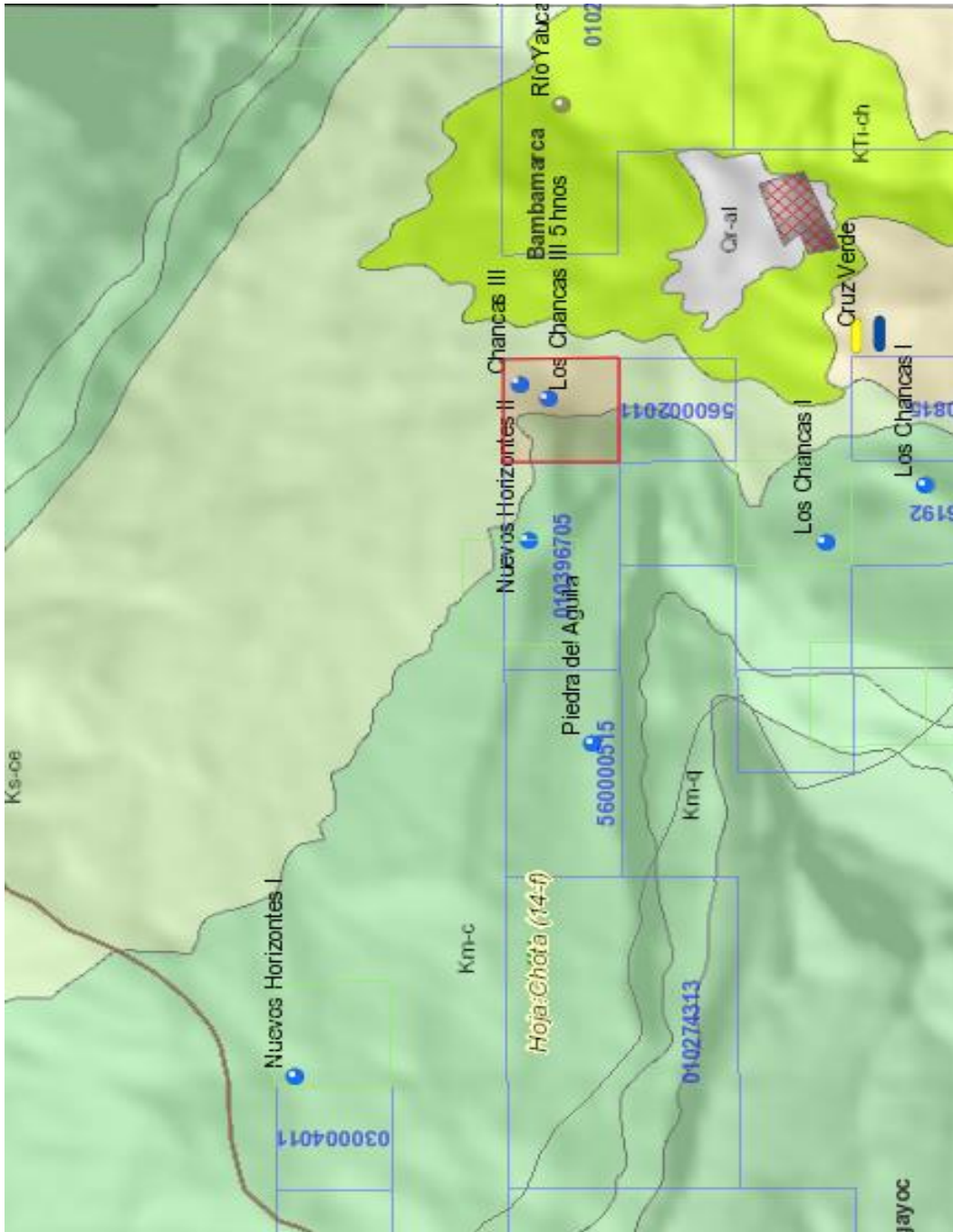
Fuente: Google Maps

ANEXO 5: Formaciones presentes en la calera Bendición de Dios



Fuente: GEOCATMIN-INGEMMET

ANEXO 6: Formaciones Geológicas presentes en la calera



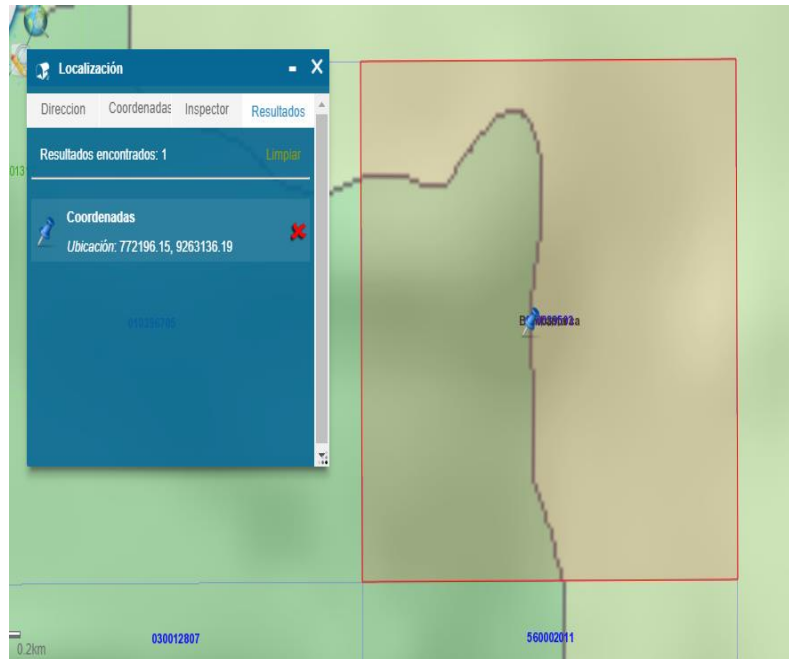
Fuente: GEOCATMIN-INGEMMET

ANEXO 7: Formación Cajamarca (Km-c) y formación Celendín (ks-ce)



Fuente: GEOCATMIN-INGEMMET

ANEXO 8: Ubicación de una muestra



Fuente: GEOCATMIN-INGEMMET

ANEXO 9: Ensayo de carga puntual de la muestra 1



Figura 8: ensayo de la carga puntual de la muestra 1

ANEXO 10: Ensayo de carga puntual de la muestra 1



Figura 9: ensayo de la carga puntual de la muestra 2

ANEXO 11: Análisis químico de la roca caliza



LABORATORIO QUIMICO METALURGICO
Análisis de Minerales Metálicos y No Metálicos

INFORME DE ENSAYE N° 051218-0001

CLIENTE	: YANELA DEL ROCÍO ORRILLA ACUÑA – CAROL ELIZABETH GUEVARA VÁSQUEZ
PRODUCTO	: MINERAL NO METÁLICO
ASUNTO	: Análisis Técnico de Piedra caliza
MÉTODO ANALÍTICO	: Permanganimetría - ICP
CANTIDAD DE MUESTRAS	: 03
PROCEDENCIA	: CAJAMARCA
FECHA DE RECEPCION	: 03/12/2018
FECHA DE ANALISIS	: 04/12/2018
FECHA DE ENTREGA	: 05/12/2018

Código Muestra	%CaCO ₃	%CaO	%Al ₂ O ₃	%SiO ₂	%Fe ₂ O ₃
CALIZA AZUL	91.02	51.54	0.056	4.46	0.284
CALIZA ROJA	93.36	52.89	0.074	3.72	0.255
CALIZA CON SÍLICE	90.73	51.41	0.055	4.60	0.355

Trujillo, 05 de Diciembre de 2018



Juan Agustín del Aguila
ING. QUIMICO
R. CIP. N° 188270

Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo refleja los hallazgos del cliente, solo al momento de intervención y dentro de los límites de las instrucciones del cliente, cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados al máximo de la ley.

Mz. D Lote 04- Urb. Monserrate

Celular RPC 991739253 - 977749591

Polimetals.lab.informes@gmail.com

Trujillo - Perú

ANEXO 12: Análisis químico de las muestras de roca caliza

**INFORME DE ENSAYO
PV1800235**

Página 1 de 1

A solicitud de:	CALERA BENDICION DE DIOS E.I.R.L. CASERIO MAYGASBAMBA S/N - BAMBAMARCA	
Por cuenta de:	CALERA BENDICION DE DIOS E.I.R.L. CASERIO MAYGASBAMBA S/N - BAMBAMARCA	
Producto descrito como:	Cal	Cantidad Muestras: 2
Detalle de Análisis:	TIPO LOTE	Fecha de Recepción: 17/04/2018
Tipo de Análisis:	PREPARACION Y ANALISIS QUIMICO	Fecha de Ensayo: Del 17/04/2018 Al 29/04/2018
Localidad de preparación:	CALLAO	
Descripción del Estado y Condición de la Muestra:	En bolsas de plástico con tape Granulometría hasta 1 pulg. Aparentemente secas.	
Referencia Cliente:	Solicitud 16/04/2018	

Esquema	Método
CLA04V	ASTM C 25-11. Standard Test Methods for Chemical Analysis of Limestone, Quicklime, and Hydrated Lime. Available Lime Index. Section 28.

Elemento	Cal Util (CaO)
Esquema	CLA04V
Unidad	%
CAL CAL FINA	85.41
CAL CAL GRANULADA	85.67

Notas de Almacenaje:

Las muestras sólidas podrán ser retiradas por los interesados transcurrido el tiempo de almacenamiento que es de 90 días para Contramuestras y 30 días para Muestras Gruesas, caso contrario se procederá a desecharlas.

Las soluciones se almacenarán por un período de 15 días, transcurrido el tiempo de almacenamiento se procederá a desecharlas.

Emitido en Callao-Perú el , 30/04/2018

**Abel Mendoza Córdova
Coordinador de Laboratorio
C.I.P. 108896**