



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Efecto de la sustitución del agregado fino natural por relave minero
en las propiedades físico y mecánicas de un mortero para relleno
estructural, Caraz, 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Mora Angeles, Carlos Enmanuel (orcid.org/0000-0002-2171-5086)

ASESOR:

Dr. Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique (orcid.org/0000-0002-0684-5114)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

HUARAZ – PERÚ

2024

DEDICATORIA

A mi madre Ruth Maria Angeles Bravo le dedico con todo mi corazón esta tesis, porque gracias a su apoyo incondicional y ejemplo de vida, me formo como una persona de bien, por eso te brindo mi trabajo en ofrenda por tu bondad y amor.

AGRADECIMIENTO

Expreso gratitud de todo corazón a mis familiares que me apoyaron durante todo mi proceso de formación y toda mi vida, resaltado el apoyo incondicional de mi madre, Ruth Maria Angeles Bravo y mi tío Jorge Teófilo Angeles Bravo.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, MORA ANGELES CARLOS ENMANUEL estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - HUARAZ, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Efecto de la sustitución del agregado fino natural por relave minero en las propiedades físico y mecánicas de un mortero para relleno estructural, Caraz, 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
CARLOS ENMANUEL MORA ANGELES DNI: 73326925 ORCID: 0000-0002-2171-5086	Firmado electrónicamente por: CAMORAAN el 29-04- 2024 09:55:36

Código documento Trilce: TRI - 0743577



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - HUARAZ, asesor de Tesis titulada: "Efecto de la sustitución del agregado fino natural por relave minero en las propiedades físico y mecánicas de un mortero para relleno estructural, Caraz, 2023", cuyo autor es MORA ANGELES CARLOS ENMANUEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 11.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

HUARAZ, 29 de Abril del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE DNI: 07239759 ORCID: 0000-0002-0684-5114	Firmado electrónicamente por: CANCHOZUNIGA el 06-05-2024 10:55:52

Código documento Trilce: TRI - 0743579



ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- MARCO TEÓRICO.....	6
III.- METODOLOGÍA	18
3.1. Tipo y diseño de investigación	18
3.2. Variables y Operacionalización	19
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	21
3.5. Procedimientos:	22
3.6. Método de análisis de datos.....	24
3.7. Aspectos éticos:.....	24
IV.- RESULTADOS.....	26
V.- DISCUSIÓN	49
VI.- CONCLUSIONES	52
VII.- RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS	55
ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Propiedades físicas de los relaves mineros	11
Tabla 2 Tamaño de partícula del relave minero vs. Arena retenida	13
Tabla 3 Granulometría	14
Tabla 4 Tipos de mortero en base a la dosificación cemento/arena	15
Tabla 5 Propiedades del agregado fino	26
Tabla 6 Dosificación en volumen del diseño de mezcla.....	27
Tabla 7 Dosificación en peso del diseño de mezcla	28
Tabla 8 Determinación Petrográfica y Abundancia de Componentes.....	32
Tabla 9 Cavidades en Mortero de Edad 7 días.....	33
Tabla 10 Cavidades en Mortero de Edad 14 días.....	34
Tabla 11 Cavidades en Mortero de Edad 28 días.....	35
Tabla 12 Características físicas y químicas de minerales	38
Tabla 13 Caracterización mineralogía	40
Tabla 14 Resistencia a la compresión de mortero patrón.....	41
Tabla 15 Resistencia a la compresión de mortero + 5% de relave minero	42
Tabla 16 Resistencia a la compresión de mortero + 10% de relave minero	43
Tabla 17 Resistencia a la compresión de mortero con incorporación del 15% de relave minero.....	43
Tabla 18 Prueba de normalidad a la resistencia a la compresión de un mortero ($f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$)	45
Tabla 19 Prueba ANOVA a la resistencia a la compresión de un mortero ($f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$)	46
Tabla 20 Prueba de normalidad a la determinación petrográfica.....	46
Tabla 21 Prueba ANOVA a la determinación petrográfica.....	47
Tabla 22 Prueba de normalidad a las cavidades en mortero.....	47
Tabla 23 Prueba ANOVA a las cavidades en mortero.	48

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1: Análisis granulométrico del Agregado Fino	27
Figura 2: Muestra analizada corresponde a agregado de granulometría de medio a fino,	28
Figura 3: Muestra en escala microscópica.	29
Figura 4: Muestra en escala microscópica de la presencia de cuarcita.	30
Figura 5: Muestra en escala microscópica de la presencia de granodiorita.	30
Figura 6: Muestra en escala microscópica de la presencia de diorita.	31
Figura 7: Muestra en escala microscópica de la presencia de andesita.	31
Figura 8: Cavidades en Mortero de Edad: 7 días	34
Figura 9: Cavidades en Mortero de Edad: 14 días	35
Figura 10: Cavidades en Mortero de Edad: 28 días	36
Figura 11: Fragmentos líticos de cuarcita (cc), diorita (di), cuarzo (cz), andesita (an) y granodiorita (gd).	38
Figura 12: Valores ploteados en el gráfico de Mielenz. (Incluye la división entre agregados Reactivos y No reactivos).	39
Figura 13: Porcentaje de abundancia según cada especie mineral. Nota. Elaboración propia.	40
Figura 14: Resistencia a la compresión a los 7 días Nota. Elaboración propia. ...	44
Figura 15: Resistencia a la compresión a los 14 días Nota. Elaboración propia. .	44
Figura 16: Resistencia a la compresión a los 28 días Nota. Elaboración propia. .	45

RESUMEN

La presente investigación estableció por objetivo determinar el efecto del relave minero en las propiedades físicas y mecánicas de un mortero, Caraz, 2023. Contemplando por metodología de investigación de tipo básica, diseño cuasiexperimental y enfoque cuantitativo; la población y muestra logró estar dada con alrededor de 36 especímenes de mortero con incorporación de relave minero al 0%, 5%, 10% y 15%; dentro de las técnicas se empleó la observación participante y no participante compuestos por instrumentos como guías de observación. Los resultados obtenidos indicaron que alrededor del porcentaje igual a 10% de relave minero, se alcanzó por resistencia a la compresión 290,57 kg/cm² sobrepasando la resistencia de diseño a los 28 días de edad. Sin embargo, al incorporar en el concreto 5% y 10% de relave minero sus propiedades mecánicas decaen y no cumplen con lo requerido para un $f'c = 280$ kg/cm². La prueba petrográfica y mineralógica determinó que el componente principal del relave minero fue el cuarzo (27,86%), seguido de granodiorita (20,71%) y diorita (28,57%), resaltando que ningún componente generó una reacción expansiva en el concreto. Llegando a concluir que el relave minero se puede reutilizar siendo sustituto de agregado fino, pero con un porcentaje de 10%.

Palabras clave: Relave minero, petrografía, composición química, resistencia a la compresión, mortero de albañilería.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the effect of mining tailings on the physical and mechanical properties of a mortar, Caraz, 2023. Contemplating a basic research methodology, quasi-experimental design and quantitative approach; the population and sample consisted of about 36 specimens of mortar with the incorporation of mining tailings at 0%, 5%, 10% and 15%; within the techniques, participant and non-participant observation was used, composed of instruments such as observation guides. The results obtained indicated that around the percentage equal to 10% of mining tailings, the compressive strength reached 290.57 kg/cm², exceeding the design strength at 28 days of age. However, when 5% and 10% of mining tailings were added to the concrete, its mechanical properties declined and did not meet the required $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$. The petrographic and mineralogical test determined that the main component of the tailings was quartz (27.86%), followed by granodiorite (20.71%) and diorite (28.57%), highlighting that no component generated an expansive reaction in the concrete. It was concluded that the mining tailings can be reused as a substitute for fine aggregate, but with a percentage of 10%.

Keywords: Mining tailings, petrography, chemical composition, compressive strength, masonry mortar.

I.- INTRODUCCIÓN

El mortero, componente esencial en la construcción, se ha empleado en una variedad de aplicaciones a lo largo del tiempo, desde la albañilería hasta el revestimiento de paredes y pisos, incluso para relleno estructural. Su importancia radica en su capacidad para exhibir una fluidez adecuada y una alta resistencia inicial, aspectos cruciales para asegurar su eficacia en las estructuras edificadas. No obstante, alcanzar estas cualidades óptimas representa un desafío considerable, ya que está intrínsecamente ligado a la selección meticulosa de los insumos fundamentales y la correcta proporción de los componentes.

A nivel internacional, Chile es mundialmente conocido por su destacada industria minera, especialmente por la extracción de cobre, siendo este mineral el más importante en términos de producción minera. Por lo que, Chile ostenta uno de los primeros lugares alrededor del mundo como uno de los productores de cobre, poseyendo más del 30% de las reservas globales de este recurso. Como resultado, el país cuenta con numerosos depósitos de relaves mineros distribuidos en su territorio (Rodríguez, 2022).

A nivel nacional, el Perú se destaca como uno de los principales productores a nivel global de plata, cobre, zinc, molibdeno, plomo, estaño y oro en América Latina. No obstante, la actividad minera, dada su magnitud, conlleva adversidades e incertidumbres relacionados con los Pasivos Ambientales Mineros (PAM), los cuales comprenden instalaciones de relaves, efluentes, emisiones y residuos generados por operaciones mineras que han sido abandonadas o están inactivas (Revista Económica, 2022). Por otro lado, diferentes estudios han demostrado el empleo efectivo del relave minero sobre morteros de concreto, alcanzando con alrededor del 100% de incorporación una máxima resistencia a compresión de 18.29MPa en comparación con las muestras patrón y porcentajes menores (Luna, Lojano, & Robles, 2022). Asimismo, la investigación de Furlong (2022) amplió el entendimiento sobre el uso de relaves mineros al ser sustituto del agregado fino parcial o totalmente en mezclas de concreto, ya que analiza cómo al ser incorporado los relaves mineros de oro y hierro alcanzan mejoras en las propiedades físico y mecánicas tanto del concreto seco como del fluido, evaluando sus resistencias a la compresión y tracción, además de la fluidez y trabajabilidad.

Además, investigaciones previas han puesto de manifiesto que el alcance de mejoras en las propiedades del mortero no se limita únicamente a la selección meticulosa de los materiales existentes, sino que también implica la posibilidad de integrar nuevos aditivos o componentes que puedan potenciar su rendimiento, tales como relaves de mina de hierro y oro, incluso relaves de flotación de minerales polimetálicos (Pardavé, 2023). Al mismo tiempo, reducir los costos de fabricación, entre ellos se encuentra que mostró una tendencia ascendente y alcanzó su valor máximo cuando el índice de reemplazo como agregado fino fue del 40%. Este enfoque, no solo tiene el potencial de elevar la calidad del mortero, sino que podría hacer que el proceso de construcción sea más eficiente y económico en su conjunto (Gao, Xiao, Shen, Hou, & Guo, 2023).

Por otro lado, Yifru y Mitikie (2020) mencionaron que el agregado en gran parte logró ser empleada en la preparación de morteros de construcción, aunque debido al rápido crecimiento de esta industria, la demanda de este material aumentará en gran medida a más de 7,5 mil millones de m³ al año para 2025, lo que provocaría deficiencias en las zonas de las cuales se realiza la extracción y escasez de estos mismos, por tanto, generará un incremento del 15% en el costo de la construcción.

Dado que la forma en que se desempeña la albañilería de concreto tiende a depender de la calidad del mortero en estado endurecido, es imperativo mejorar las propiedades del mortero, por ello se opta por la implementación de un componente nuevo que además de ayudar al medio ambiente, también se alcanzarán mejoras en las propiedades finales del mortero conllevando a mejores construcciones y viviendas aptas para vivir. Tal como la investigación de Lojano y Robles (2022), quienes refieren que la mezcla con 60% de arena sílice y el 40% de relave minero, registró por resistencia promedio 13,1340 MPa. Sin embargo, la muestra compuesta íntegramente de relave minero destacó por su mayor resistencia en este estudio, alcanzando los 18,929 MPa. Este resultado evidenció que los morteros con un mayor porcentaje de relave minero demostraron una resistencia superior en comparación con aquellas compuestas únicamente de arena sílice.

Por ello, la reutilización de estos componentes al ser sustituyentes de la arena en

el mortero de construcción en estado endurecido ofrece las ventajas de reducir el manejo costoso de los relaves, logrando ser una óptima alternativa para uso en las construcciones debido a las diferentes composiciones químicas y elementos potenciales del cual deben realizarse estudios detallados para su uso al ser producidos materiales constructivos. Del mismo modo, a través del estudio de Arias et al., (2021) se exploraron opciones para utilizar los desechos generados por empresas mineras en El Bajo Cauca Antioqueño al ser elaboradas mezclas de mortero de revoque y concreto estructural. Los análisis realizados sugieren que estos residuos de la industria minera tienen el potencial de ser aprovechados de manera efectiva en actividades productivas dentro del sector de la construcción.

Por tanto, la propuesta del presente estudio busca el establecimiento de nuevas formas que permitan la reutilización de relaves mineros, logrando funcionar como un agregado que mejore en las mezclas de mortero sus propiedades en estado endurecido, en donde se brinde una segunda oportunidad y a la vez sea sustentable con el medio ambiente, en tal sentido se deberá alcanzar optimizaciones en las propiedades del mortero a través del empleo de la dosificación más adecuada a la mezcla, alcanzando una óptima absorción de agua, resistencia a la compresión eficiente, al igual que una buena trabajabilidad, alcanzando una adherencia correcta de las unidades de albañilería para su implementación en construcciones de albañilería futuras.

Debido a ello, se formula por problema general: ¿Cuál es el efecto del relave minero en las propiedades físicas y mecánicas de un mortero para relleno estructural, Caraz, 2023?, y por problemas específicos: i) ¿Cuál es el efecto del relave minero en la petrografía de un mortero, Caraz, 2023?; ii) ¿Cuál es el efecto de la composición química del relave minero en un mortero, Caraz, 2023? y iii) ¿Cuál es el efecto del relave minero en la resistencia a la compresión de un mortero, Caraz, 2023?

Por otro lado, la investigación por justificación social pretende mejorar la propiedad de resistencia del mortero para ser empleado como relleno estructural, beneficiando a la población de Caraz al contar con edificaciones mucho más seguras y durables, por medio de la incorporación de un nuevo material beneficiando a las propiedades del mortero en el tema de manejabilidad, resistencia a la compresión y

óptima adherencia de cada unidad de albañilería al hacer uso de esta nueva mezcla de mortero.

Bajo la justificación teórica, buscará el aporte a los conocimientos prácticos del mortero como relleno estructural por medio del empleo de un nuevo y óptimo material como uno de los sustituyentes parciales en el diseño de mezcla del agregado fino, además servirá como apoyo a otros estudios debido a que se informará sobre las propiedades de resistencia a compresión, del cual presenta el empleo de este nuevo material sobre el mortero brindado información de relevancia del cual no se conocía anteriormente a otros investigadores. Al investigar y evaluar el impacto de este nuevo material en las propiedades del mortero, se espera obtener información valiosa que no solo beneficiará la práctica de la construcción, sino que también permitirá generalizar los resultados a principios más amplios.

Por justificación metodológica, debido a que la investigación tendrá un fin diferente a comparación de otras investigaciones, donde la variable en estudio será evaluada cuantitativamente, asimismo se buscará explicar y definir conceptualmente las variables en estudio y de qué manera se relacionan ambas, la cual pasarán por un proceso cuasiexperimental donde se obtendrán resultados, los cuales serán de conocimiento para demás investigadores. Esta información servirá como base para revisar y desarrollar teorías relacionadas con la formulación y el diseño de mezcla de mortero, así como para apoyar o probar teorías existentes dentro del ámbito de la ingeniería civil y la ciencia de materiales.

Por justificación práctica se realiza por la necesidad de generar óptimas condiciones de vida en la zona de estudio, además la realización de construcciones aptas para habitar, en relación al uso del mortero tendrá que ser el adecuado para albañilería, a través de un óptimo diseño, que este mismo servirá para ser construidas de viviendas seguras, con ello el desarrollo del bienestar de vida del lugar.

Por último, por justificación ambiental se busca la reducción de los contaminantes que genera el relave minero, dado que estos desechos no cuentan con un tratamiento y se depositan en represas de relave convirtiéndose en un peligro al medio ambiente, por ello se busca nuevas formas que permitan el empleo de estos desechos, logrando funcionar como un agregado que mejore las propiedades de

un material, en donde se le brinde una segunda oportunidad y a la vez sea sustentable con el medio ambiente

Además, se plantea por objetivo general: Determinar el efecto del relave minero en las propiedades físicas y mecánicas de un mortero, Caraz, 2023 y por objetivos específicos: i) Determinar el efecto del relave minero en la petrografía de un mortero, Caraz, 2023; ii) Determinar el efecto de la composición química del relave minero en un mortero, Caraz, 2023; y iii) Determinar el efecto del relave minero en la resistencia a la compresión de un mortero, Caraz, 2023.

Siguiendo esta línea, se presenta por Hipótesis general: El efecto del relave minero es significativo en la optimización de las propiedades físicas y mecánicas de un mortero, Caraz, 2023. Por Hipótesis específicas: i) El efecto del relave minero es significativo en la optimización de la petrografía de un mortero, Caraz, 2023; ii) El efecto de la composición química del relave minero es significativo en un mortero, Caraz, 2023 y iii) El efecto del relave minero es significativo en la optimización de la resistencia a la compresión de un mortero, Caraz, 2023.

II.- MARCO TEÓRICO

Respecto a los antecedentes que se relacionan con la investigación en estudio se encuentra en el plano internacional a Lojano y Robles. (2022), en su trabajo investigativo *Análisis de la resistencia a la compresión simple en morteros utilizando relave minero de la planta de beneficio Gold serviplant cia Ltda, Portovelo - El Oro*, plantearon como objetivo utilizar como sustituto del agregado fino el relave minero para las mezclas para morteros. La metodología utilizada tiene como enfoque el cuantitativo y el diseño del estudio es del tipo cuasiexperimental. La muestra se agrupó en 63 probetas de concreto, utilizando dosificaciones de 20%, 40%, 60%, 80% y 100% de sustitución de material de relave. La probeta #uno, conformada por 100% de arena sílice, registró por resistencia 7,7450 MPa, a su vez, la probeta #14, conformada por 100% de relave, evidenció por resistencia 18,9290 MPa; conforme a la probeta #5, conformada por una combinación del 40% de relave minero y el 60% de arena sílice, evidenció por resistencia 13,1340 MPa. Se concluyó que las probetas que fueron elaboradas con alrededor del 100% relave minero, alcanzaron resistencias superiores en el estudio dentro de los 7, 14 y 28 días.

Paula y Souza (2022), en su artículo científico *Avaliação da utilização do rejeito de minério de ferro na formulação de argamassas*, plantearon como objetivo realizar un estudio exploratorio sobre la utilización de los residuos del mineral de hierro proveniente de mina en la producción de morteros. La metodología utilizada tiene como enfoque el cuantitativo y el diseño del estudio fue del tipo cuasiexperimental. La muestra se agrupó en dosificaciones de 0%, 25%, 50% y 100% como sustitución de agregado fino con respecto al material de relave. Como resultado se obtuvo que la resistencia del grupo control fue 23.42Mpa viéndose disminuido a 23Mpa, 20.20 Mpa y 13.73 Mpa para dosificaciones de 25%,50% y el 100% de reemplazo de sustitución. Logró concluir que, al ser reemplazado por relave minero de hierro, esta no presentó sobre la resistencia a la compresión axial mejoras significativas.

Siddique y Jang (2020), en su artículo científico *Assessment of molybdenum mine tailings as filler in cement mortar*, plantearon como objetivo investigar las propiedades de tipo mecánica del mortero, así como la durabilidad del mortero de cemento incorporando material de relaves mineros de molibdeno. Contemplaron por metodología el enfoque el cuantitativo y diseño cuasiexperimental. La muestra para estudiar la resistencia del mortero se separó en 16 especímenes para

dosificaciones al 0%, 5%, 10% y 15% y 20% de adición de material de relave para una mezcla de mortero de 1:3, tomando como días de curado a los 7 y 28 días. Como resultado se obtuvo que, para los 7 días y 28 días, la mezcla de mortero de 20 % registró un aumento de 20 % y 16 %, respectivamente, en comparación con el grupo patrón. Así mismo, después del curado a 28 días, las muestras con 5%, 10% y 15% sobre su resistencia a la compresión registró un incremento del 3%, 1% y 10%, respectivamente, con respecto al grupo patrón. Se observó una tendencia similar para la resistencia a flexión, ya que adicionar relaves de mina de molibdeno mejoró este tipo de resistencia de los morteros. Se concluyó que hacer uso de material de relaves de mina de molibdeno proporcionó una mejora sobre los niveles en las resistencias a la compresión y a la flexión de los morteros de cemento debido al efecto filler, que favorece la compacidad y la densificación de poros.

Yildirim et al. (2020), en su artículo científico *Evaluation of gold mine tailings in cement mortar: Investigation of the effects of chemical admixtures*, plantearon como objetivo fue evaluar los relaves de la mina de oro en lugar de cemento en los morteros. Contemplaron por metodología el enfoque cuantitativo y cuasiexperimental. La muestra fue de 24 clases de mezcla cuyo cemento a utilizar fue de clase 42.5R adicionalmente, los relaves de oro fueron de la mina Bergama, así mismo, el material de relave fue con proporciones de material de sustitución del 5% al 25% con relación a/c de 0.50, 0.45 y 0.40 tomando como días de curado a los 3 días, 7 días y 28 días. Como resultado se obtuvo que los morteros con relaciones a/b de 0,50 y 0,45 presentaron mayor resistencia a la flexión que la mezcla de referencia para relación a/b de 0,40, así mismo, las crecientes cantidades de relaves de la mina de oro como reemplazo del cemento provocaron un decrecimiento en la resistencia a la flexión para las relaciones w/b de 0,50 y 0,45. Se concluyó que los morteros que contenían relaves mineros alcanzaron valores más altos para la relación a/b de 0,50, además que el aumento de la cantidad de relaves de la mina de oro como reemplazo del cemento reduce la resistencia mecánica.

Ince (2019) en su artículo científico *Reusing gold-mine tailings in cement mortars: Mechanical properties and socio-economic developments for the Lefke-Xeros area*

of Cyprus, plantearon como objetivo investigar el uso de material de relaves de oro, obtenidos de la mina del área de Chipre en morteros de cemento respecto a su durabilidad y propiedades mecánicas. La metodología utilizada tiene como enfoque el cuantitativo y el diseño cuasiexperimental. La muestra que se utilizó es el cemento portland clase 32.5R cuyo nivel de reemplazo fueron 10, 20 y 30 por ciento, para una dosificación de mortero cuya relación de agua: ligante: arena de 0.74:1:2 por volumen. Como resultado se obtuvo un incremento en más del 25%, 35%, 40% para dosificación de 10% y 20% y 30% respectivamente; sin embargo, una pequeña disminución para dosificación del 40% con respecto al 30%. Se concluyó que al aumentar la dosificación de reemplazo del material de relave de oro permitió un incremento sustancial en la resistencia a la compresión del mortero, principalmente al momento en que llegó a ser reemplazada la arena.

Como antecedente nacional tenemos a Meregildo (2021), en su trabajo investigativo *Diseño de mortero con relave minero y escoria para edificaciones de albañilería, Trujillo - 2021*, plantearon por objetivo la determinación de la influencia al hacer uso de relaves mineros - escorias en el mortero sobre sus propiedades aplicado en edificaciones de tipo albañilería-Trujillo. La metodología utilizada tiene como enfoque el cuantitativo y el diseño es cuasiexperimental. La muestra fue de 297 probetas en cubo de mortero a fin de ser evaluada su resistencia a la compresión contemplando tres dosificaciones de mortero siendo de 1:3,1:4 y 1:5. Como resultado se obtuvo que hubo una pérdida de resistencia al agregar el material de relave minero y escoria al 4%, 5% y 6%, así mismo, se presentan mejoras bajo ciertas proporciones en su resistencia de 2% y 3% con respecto al mortero patrón. Se concluyó que adicionar material de relaves mineros y escorias lograron influir positivamente bajo dosificaciones al 2% y 3% presentado mejoras en su resistencia a la compresión al ser comparado con el mortero patrón, no obstante, al agregar dosificaciones de 4%, 5% 6% de material de relaves mineros, la resistencia a la carga compresiva se vio disminuida al compararse con el mortero patrón.

Huerta y León (2021), en su trabajo investigativo *Análisis de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ aplicando relave minero, Huaraz 2021*, plantearon por objetivo realizar una evaluación sobre cómo llega a influir los relaves

provenientes de mina en el concreto con $f'c=210\text{kg/cm}^2$ sobre su resistencia mecánica a la compresión. La metodología utilizada tiene como enfoque el cuantitativo y diseño cuasiexperimental. La muestra fue de 45 probetas de concreto, utilizando dosificaciones de 0%, 6%, 12%, 25% y 50% de sustitución de material de relave. Como resultado lograron que la resistencia a compresión se incrementó en 11.00%, 16.20% y 19.50%, 4.80% y -2.60% respectivamente, esto en base al rango de progreso del concreto sobre su resistencia considerando 28 días de curado. Se concluyó que la dosificación óptima corresponde al 12% del material de relave como material de sustitución.

Aguilar y Lama (2020), por medio de su trabajo investigativo *Influencia de sustitución del agregado fino por relave, Mina Santa Luisa, sobre la resistencia a compresión del concreto - 2020*, plantearon por objetivo estudiar la influencia al ser sustituido el agregado fino con un material de relave de la mina Santa Luisa, bajo una resistencia a compresión a $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$. La metodología utilizada tuvo como enfoque el cuantitativo y diseño no experimental. La muestra se agrupó en 36 probetas de concreto, utilizando concentraciones al 0%, 5%, 10% y 15% para sustituir por material de relave al agregado fino. Tuvo como conclusión que respecto al $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ al emplear relaves mejoró la resistencia superando su resistencia conforme al grupo patrón en cada periodo de curado y, además, que el 5% de dicho componente después de los 7, 14 y 28 días alcanzó una óptima resistencia en comparativa al concreto estándar.

Carhuamaca y Coras (2019), por medio de la tesis de investigación *Relave Minero como Componente del Agregado Fino para Elaborar Concreto Mayor A $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con Fines Ambientales*, se propuso como objetivo verificar en qué medida influye los relaves mineros siendo componentes de los agregados de grano fino a fin de realizar la elaboración del concreto con $f'c=175\text{kg/cm}^2$. La metodología utilizada tiene como enfoque el cuantitativo y diseño cuasiexperimental. Para esta investigación la muestra fue de 72 especímenes de concreto conformado por 24 para cada resistencia de 175, 210 y 280 con dosificaciones de 0% 10%,25% y 50% de material de relave. Los resultados dieron que existió una baja de la resistencia en relación al grupo sin incorporación en todas las resistencias, presentando una similitud a la resistencia cuando la dosificación fue de 10% de relave minero. Concluyeron que el empleo de relaves mineros usados en esa investigación (cuya

composición fue de carbonato de calcio 1.40% el óxido de silicio 1.10% y el carbonato de magnesio y calcio 97.20%,) como como componente del agregado fino no puede usarse como para ninguno de los tipos de construcciones.

Salazar (2019) en su tesis de investigación *Identificación de agregados reactivos por medio petrográfico en las canteras de San Marcos Cajamarca y su influencia en el concreto*, se propuso por objetivo realizar la identificación de la presencia de agregados reactivos en base al estudio petrográfico y efectuar la evaluación del comportamiento del concreto. Por metodología emplearon de enfoque cuantitativo y diseño experimental. Tuvo por resultados que hubo presencia en un 74% de rocas areniscas cuarzosas en los agregados, calizas en un 24.30% y calizas dolomíticas en un 1.70%. Concluyeron que los agregados cumplían con los requerimientos según la norma al tener una densidad de 2650kg/m³.

Namuche (2018), por medio de su investigación *Resistencia de la sustitución del 5 %, 10 % y 15 % de cemento, por la combinación de relave minero en la elaboración de morteros de edificaciones de albañilería en Huaraz, 2017*, propusieron de finalidad la determinación de la resistencia del mortero a compresión con FC= 100 kg/cm² bajo dosificaciones de 5% ,10% y 15% del cemento en concordancia con material de relave minero. La metodología utilizada tiene como enfoque el cuantitativo y diseño cuasiexperimental. Elaboraron 48 especímenes de mortero con una resistencia de f'c igual a 100 kg/cm² con 12 especímenes de control, 12 especímenes con una sustitución de 5 %, 10 % y 15 % de material de relave. Se usó por técnica a la observación y fichas técnicas como instrumentos. Los resultados fueron favorables al sustituir el material de relave minero bajo proporciones de 10% y 15%, dado ello obtuvo ciertas semejanzas de resistencias al de la prueba patrón. Se concluyó que al sustituir con un 15% del cemento por relaves mineros obtuvo una resistencia equivalente a la muestra de mortero sin incorporación.

En referencia a las bases teorías vinculados al tema de investigación se encontró como definición de relave minero: para Xiaolong et al. (2021) los relaves mineros consisten en rocas molidas y efluentes producidos durante el procesamiento del

mineral, asimismo logran representar los desechos que quedan después de la extracción de los productos deseados de los minerales de la mina, que nunca ha sido un proceso 100% eficiente.

Por otro lado, Wang et al. (2023) indica que los relaves mineros logran producirse por medio del proceso de extracción y fundición de metales, donde estos mismos pueden contener altos niveles de metales pesados, como cobre, plomo y zinc, siendo fuentes importantes de contaminación por metales pesados al asociarse de manera directa con el agua y suelo.

Las propiedades de los relaves dependen principalmente de la mineralogía del mineral extraído, la geoquímica, la naturaleza de los pasos de proceso, los tamaños de partículas de los materiales triturados y los tipos de productos de tipo químico utilizados en el procesamiento. Por otro lado, Esmaeili y Aslani (2019) indican que los principales minerales de la superficie de la tierra son ricos en silicio, hierro, aluminio, calcio, potasio y sodio; como resultado, los relaves mineros ricos en estos elementos son teóricamente aptos como materia prima para materiales de construcción.

Tabla 1

Propiedades físicas de los relaves mineros

Propiedad	Relave minero
Gravedad específica	2.750
Tamaño de partícula (cm ² /g)	5776
Expansión por Le Chatelier (mm)	1.00
Expansión por autoclave (%)	0.060
Tiempos de fraguado inicial (min)	142
Tiempos de fraguado final (min)	193

Nota. Tomado de Esmaeili y Aslani (2019)

Por otro lado, para el Ministerio de energía y minas (2020) indica que la diferente disposición que existe en los relaves mineros se encuentran dos tipos de materiales: arenas que fueron acumuladas por medio de algún mecanismo hidráulico y limos acumulados por medio del proceso de sedimentación, donde cada uno de las propiedades son de importancia para la comprensión de cómo

llegará a responder los depósitos a las cargas, infiltraciones y movimientos sísmicos.

Según He et al. (2022) los relaves mineros se acumulan en gran mayoría en los estanques de relaves y vertederos de desechos mineros, la forma de las partículas de relaves mineros es angulares, dando por resultado un alto ángulo de fricción de los relaves secos, de igual forma su tamaño varía mucho y es difícil generalizar porque depende de los requisitos de procesamiento del mineral. Los relaves tienen naturaleza polimetálica por lo que presentan distintos tipos de mineral poseyendo diferentes formas donde el mineral que contiene el relave minero se presenta bajo formas de tipo angular, sub angular y sub redondas; sin embargo, llegan a predominar de la forma sub redondeadas.

Si se habla de la textura de estos componentes, Wu et al. (2022) mencionan que la naturaleza de deposición del relave minero, en deposiciones superficiales los relaves son transportados por medio de tuberías en formas de pulpas (mezclas de agua y sólido) y es descargada por medio de diques formándose una playa de pequeña inclinación; por lo que, el material más grueso se asienta en la pulpa, luego la partícula de mayor finura logra asentarse lejanamente de las playas y las muchas de mayor finura de los tamaños de limos y arcillas logran asentarse cerca de las pozas para decantaciones.

En otro punto, la absorción corresponde al cambio en masa del agregado fino donde el agua logra absorberse en cada espacio de sus poros dentro de cada partícula constituyente, comparándolas con las condiciones secas, teniendo en cuenta que los agregados con el agua deberán tener los tiempos suficientes para el cumplimiento del valor requerido de absorción (NTP 400.022, 2018). Dado ello, García et al. (2022) logran indicar que la densidad relativa en la superficie seca saturada de la arena de un relave minero fue de 2770kg/m^3 , con una densidad real de 2780kg/m^3 , y densidad aparente de 2280kg/m^3 , obteniendo por porcentajes de absorción a 0.460%.

Según las instrucciones de la N.T.P 400.022. (2018) que corresponde a normativa de absorción de los agregados finos, menciona que consiste en sumergir en agua

la muestra durante 24h luego de lo cual se lleva a la condición de peso específico aparente saturado y superficialmente seco.

En referencia a la granulometría, de acuerdo con Peys et al. (2022) lo definen por los tamaños de la partícula sólida, que ayudan a la determinación de la posible adaptación, calidad y redención; este parámetro logra tener dependencia a la tipología de métodos mineralógicos que llegaron a emplearse sobre la concentración o extracción del mineral.

En conformidad al Ministerio de energía y minas (2020) en base a su granulometría en depósitos mineros se menciona a las arenas, arena de relave, o relave arenoso, siendo estos mismos los que sobrepasan los 0.0740 mm, significando por lo menos el 50% es fino que este tipo de tamaños, por otro lado, para lama, son de tamaños de los limos, mayores al 50% menores de 0.0740 mm.

Tabla 2

Tamaño de partícula del relave minero vs. Arena retenida

Tamiz	Relave minero retenido (%)	Arena retenida (%)
<45 micras	2.20	-
45 micras	11.40	-
75 micras	3.00	-
150 micras	82.20	-
300 micras	-	98.00
600 micras	-	1.00

Nota. Tomado de Wu et al. (2022).

Con referencia a la base teórica del mortero para muros de albañilería, tenemos a Chen et al. (2023) quienes mencionan que el mortero se compone de cemento, cal, árido fino (arena) y agua para formar las pastas, además la arena para albañilería se emplea por arena natural o con arena producida a partir de piedra triturada, en comparativa con la arena utilizada en el concreto, la arena de albañilería es más fina, asimismo en la lechada, su composición es similar a la del mortero, pero el tamaño de los áridos en ciertas ocasiones ser mayor.

Para Judd et al. (2023) el mortero está disponible en varios espesores, desde 9,53 mm en las juntas de los lechos hasta 15,9 mm, las principales propiedades del mortero son su trabajabilidad y su punto resistente a la compresión, puesto que,

además de unir ladrillos, el mortero relleno huecos, sella las unidades de ladrillos, transfiere fuerzas entre ladrillos, reduce la distorsión de los ladrillos y proporciona una superficie de losa lisa para que la estructura sea plana y lisa.

SENCICO (2020) menciona que los morteros llegarán a conformarse por mezclas de aglomerantes y agregados finos a los cuales se le agrega las óptimas cantidades de agua para obtener mezclas que sean trabajables, adhesivas y que no tenga segregaciones los agregados. A fin de elaborar morteros destinados para albañilería, deberá tenerse de guía la norma NTP399.607 y 399.610.

Según SENCICO (2020) los componentes de dichas mezclas estarán constituido por material aglomerante y agregado fino. Con respecto al material aglomerante puede ser el cemento Portland tipo II y I (NTP334.009), cemento IP (NTP334.830), mezclas de cementos adicionados y cales hidratadas (SENCICO, 2020).

Tabla 3

Granulometría

Mallas ASTM (N°)	Porcentajes que pasa
4 □ 4.7500mm	100
8 □ 2.3600mm	Entre 100 y 95
16 □ 1.1800mm	Entre 100 y 70
30 □ 0.6000mm	Entre 75 y 40
50 □ 0.3000mm	Entre 35 y 10
100 □ 0.1500mm	Entre 15 y 2
200 □ 0.07500mm	Menor a 2

Nota. Tomado de referencia de SENCICO (2020)

Además, los agregados de grano fino seleccionado para el concreto en su mezcla deben cumplir con que el módulo de finura debe estar entre 1.6 y 2.5, no será proveniente de agua de mar; así mismo, no tendrá que retener un porcentaje mayor a 50 de arenas entre 2 tipos de malla consecutivamente y que los porcentajes de partícula quebradiza no sobrepase del 1% (SENCICO, 2020).

De igual forma, Rashad et al. (2023) la mezcla de concreto fresco o plástico en la elaboración del mortero debe cumplir con la trabajabilidad o manejabilidad de la misma y de una cantidad de agua necesaria para cumplir con los alcances de un

diseño de mezcla. Por lo que Ma et al. (2022) mencionan que la manejabilidad del concreto en estado plástico es la característica del concreto de ser mezclada, transportada y colocada, sin esfuerzos excesivos y sin segregación para ser usados en la producción en obra.

En cuanto a las proporciones del mortero en estado suelto depende de su uso por lo que presenta una variación en su proporción de arena y cemento.

Tabla 4

Tipos de mortero en base a la dosificación cemento/arena

Tipos	Uso	Cemento	Arenas	Cal
NP	Muro No Portante	1	Hasta 6	-
P-1	Muro Portante	1	3 a 3 1/2	0 a ¼
P-2	Muro Portante	1	4 a 5	0 a ½

Nota. Tomado de referencia de SENCICO (2020).

Galderisi et al. (2022) mencionan que la petrografía microscópica de los agregados finos se realiza en guía de la norma ASTM C295, además se encarga del estudio de rocas en secciones delgadas por medio de un microscopio petrológico, en otras palabras, se ocupa principalmente de la clasificación sistemática y la descripción precisa de las rocas.

Wang et al. (2023) mencionan realizar el estudio de petrografía se puede identificar los principales componentes litológicos en las fracciones de arena, implica un estudio detallado que logra emplearse, como herramientas para comprender las características originales de los agregados y mejorar el desempeño del material utilizado en la vía, así como también cómo reacciona el material al proceso de degradación.

Por otro lado, tenemos a la composición química del relave, donde según el MTC E-217 indica que es la composición del material el cual está en su gran mayoría conformado por formadores de rocas y en su minoría se obtienen restos de distintos minerales como oro, cobre o plata representando el 1%.

Asimismo, Mo et al. (2021) indican que existen otros tipos de elementos que se pueden obtener e identificar en relación a partes por millón en relación a elementos

contaminantes, son: Difractómetros de rayos x, carbonato de calcio, óxido de silicio, cloruro de cobre y carbonato de calcio y magnesio.

Liu et al. (2022) indica que dentro de las propiedades del concreto endurecido del mortero está determinado por la adherencia y la resistencia a la compresión, donde el primero en mención depende de cada característica del mortero de albañilería y, viene a ser la propiedad que posee el mortero para adherir ciertos componentes de los cuales logren estar en contacto.

Según SENCICO (2020) entre las propiedades mecánicas establece que la resistencia a compresión será de resistencias mínimas a cargas compresivas igual a un $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$ siendo cada una de las probetas no curadas las que tendrán que mantenerse en un periodo de 28 días.

Por otro lado, para Lemougna et al. (2020) el indicador de resistencia a la compresión se realiza a través de una misma máquina de ensayo para cada una de las muestras, con una tasa de carga de que corresponda, donde para cada composición, se prueban al menos tres especímenes para cada composición de material, y el promedio se consideró como el valor representativo de la resistencia.

Sin embargo, Zhao et al. (2023) mencionan que es difícil medir compresión este tipo de resistencia en el mortero in situ, esto se debe a que la composición del mortero recién colocado en la unidad de mampostería cambia rápidamente a medida que la unidad de mampostería absorbe agua, por lo que la resistencia in situ del mortero puede diferir significativamente de la resistencia de laboratorio de la muestra de mampostería, dado ello si la resistencia es menor que la resistencia especificada, la estructura se considerar inadecuada.

III.- METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

Tipo:

Al ser de tipo básica, Arias y Covinos (2021) mencionan que uno de los tipos de investigación que se enfoca en generar cierto conocimiento nuevo y trascendental sin esta ser aplicada o utilidad práctica inmediata en mente. Den la misma línea, Rodríguez (2020) indica que tiene por fin generar una ampliación de la comprensión de acontecimientos naturales, sociales o culturales, explorando conceptos, teorías y principios subyacentes. Además, para Ramírez y Calles (2021) la investigación básica se caracteriza por su carácter exploratorio y teórico, sin buscar soluciones a problemas específicos o la aplicación directa de sus hallazgos.

Debido a esto, la investigación fue de tipo básica, donde se descubrió patrones, establecer relaciones causales o explicar fenómenos, que en este caso es buscar la optimización del mortero por medio de la incorporación de un nuevo material para la mejora de sus propiedades.

Diseño:

El diseño pre experimental, según Arias (2020) se basa en el manejo de una o más variables independientes, lo que significa que las variables independientes deben afectar a la dependiente generando efecto alguno. Para Cerda (2021) este tipo de diseño posee un grupo control y un grupo experimental, de forma que el grupo experimental reciba intervención o manipulación alguna para el estudio que corresponda, en otras palabras, trata de buscar la provocación de un fenómeno a fin de ser estudiado. Asimismo, Ñaupas et al. (2019) indican que dentro de este tipo de diseño logra reunir parámetros característicos del control manipulado, observado y medido, aunque en ciertas ocasiones este último no se logre completamente.

La investigación optó por el diseño pre experimental dado que se indagó y buscó el alcance de mejoras en el mortero sobre sus propiedades por medio de la incorporación del relave minero.

Enfoque:

Para Villanueva (2022), la investigación es cuantitativa cuando se hace referencia a cantidades, por ello, se aplica a ciertos casos que logran expresarse numéricamente a comparación del estudio cualitativo, que se enfoca en los atributos. Además, Castañeda (2022) menciona que este enfoque en un estudio emplea el método científico para generar cierto modelo, teoría e hipótesis, además de desarrollar cada instrumento de medición para la recogida de datos estadísticos. De igual manera, Hurtado (2020) indica que, a través de la investigación cuantitativa, los datos se recogen de forma que permitan medir en cifras el fenómeno estudiado.

Por ello, la investigación fue de enfoque cuantitativo al hacer uso de instrumentos de medición, que en este caso se aplicó para el estudio de las propiedades del mortero y los agregados, además de manipular las variables, así como la obtención de datos estadísticos del estudio.

3.2. Variables y Operacionalización:

Variable cuantitativa 1:

Propiedades físicas y mecánicas de un mortero: Según Chen et al. (2023) se refieren a las características que determinan su comportamiento y rendimiento tanto en términos de su estructura física como de su resistencia ante fuerzas externas. Las propiedades físicas incluyen aspectos como la densidad, la porosidad, la absorción de agua y la retracción, además, respecto a las propiedades mecánicas se centran en las resistencias a la compresión, la flexión, la tracción y la adherencia. Estas propiedades son fundamentales a fin de ser examinada la calidad y la excelencia de un mortero para su uso en diversas aplicaciones de construcción.

Variable Cuantitativa 2:

Relave minero: Xiaolong et al. (2021) indican que los relaves mineros consisten en rocas molidas y efluentes producidos durante el procesamiento del mineral, logran producirse por medio del proceso de extracción y fundición de metales, siendo fuentes importantes de contaminación al relacionarse con el agua y suelo. Para ello, se analizaron las propiedades como agregado fino el relave minero, considerando su análisis granulométrico, determinación de la inalterabilidad de agregados, materiales finos que logran pasar a través del tamiz N°200, peso específico y absorción, Impurezas orgánicas y densidad.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:

Población:

La población se comprendió con alrededor de la totalidad de especímenes de mortero para relleno con incorporación de relave minero, Caraz 2023.

Muestra:

La muestra se comprendió con alrededor de 36 especímenes de mortero con incorporación de relave minero al 5%, 10%, 15%, Caraz 2023.

Muestreo:

El muestreo fue no probabilístico por conveniencia del investigador, dado que se seleccionaron los componentes de la muestra basándose a través de factores como la disponibilidad, el acceso, la conveniencia o el juicio del investigador. No se utilizó ningún método estadístico para generar garantía de que la muestra sea una de las representativas de la población, utilizando criterios subjetivos o de conveniencia a razón de ser elegido cada elemento que perteneció a la muestra.

Unidad de análisis:

Las unidades de análisis estuvieron conformadas por los especímenes de mortero con incorporaciones porcentuales de relave minero como agregado fino.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Técnicas:

Sánchez y Murillo (2021) dan a conocer que la observación participante se basa en donde aquel investigador logra interactuar de manera directa en base a la observación y la no participante se enfoca en que sólo el investigador recopila datos, mas no interfiere en el comportamiento de lo que se investiga. Además, Retegui (2020) indica que en la observación el investigador visualiza los cambios o procesos que se están realizando a los componentes en estudio, mientras que la no participante el investigador no está admitido para generar cambio alguno en el componente que se esté estudiante. De igual forma para Handley et al. (2019), la investigación no participante solo se contempla en lo que está aconteciendo, mientras que la participante selecciona a una muestra y visualiza los cambios que se generan en ello.

Se consideró por técnica a la observación participante y no participante, debido a que se observaron los datos que se logró en cada uno de los ensayos, en otras palabras, la visualización de los cambios que presenten las muestras en cada uno de los ensayos, y no se intervino en lo que se estudió (Maya, 2014).

Instrumentos:

Sánchez et al. (2021) mencionan que la guía de observación tiende a ser uno de los instrumentos constituidos por un listado de indicadores que logran orientar al tema de investigación, señalando cada aspecto de relevancia a observar y hacer la respectiva recopilación de datos por medio de la ficha. Para Rodríguez (2020), este instrumento es uno de los documentos que permiten el encauzamiento de la observación de ciertos casos, donde esta guía está estructurada de manera ordenada, favoreciendo en organizar los valores recogidos. Además, Arias (2020) indica que estos instrumentos ayudan a evaluar y registrar cada desempeño, estableciendo categorías, admitiendo al investigador observar cada actividad desarrollada por lo evaluado de forma más integral.

Se consideró por instrumento a la guía de observación, proporcionada por el profesional a cargo del laboratorio, dado que se realizó la recolección de datos en fichas para tomar dichos valores brindados por medio de los valores

resultantes alcanzados a través de los ensayos de laboratorio, cuya validez se realizó mediante juicio de expertos, siendo en este caso el técnico de laboratorio.

3.5. Procedimientos:

Primero, se realizó la recolección de relave minero con la finalidad de ser trasladado a la ciudad de Caraz, además de hacer la compra del agregado fino y del cemento para ser realizado el diseño de mezcla de mortero.

Segundo, se ejecutó el estudio petrográfico de los materiales por medio de la observación microscópica donde en primera instancia se seleccionó la cantidad de material de muestra para el estudio, del cual se pudo conocer los aspectos, texturas y composición mineralógica; posterior a ello se clasificaron los minerales y componentes de cada material.

Tercero, se determinó como estuvo compuesto químicamente el relave minero por medio del ensayo de laboratorio a fin de evaluar el contenido de Cuarzo, Pirita, Moscovita, Clorita, Calcita, Yeso, Diopsido y Arsenopirita.

Cuarto, se realizaron diferentes ensayos para la determinación de las características presentes en los materiales, a fin de que sean empleados en el diseño de mezcla, los cuales son presentados a continuación:

Se ejecutó el análisis granulométrico por medio del uso de agregado seco, del cual paso por cada uno de los tamices que estuvieron colocados en fila, antes de ello debieron pesarse para luego determinar el porcentaje de agregado que pasa y es retenido en cada uno de los tamices.

Logró ser determinado el módulo de fineza de los materiales, para determinar si estos son buenos o no para su uso, calculando la suma de los valores porcentuales retenidos por medio del tamiz, dividiendo dicho resultado en 100.

Se realizó la determinación del peso unitario suelto en los materiales, considerando que el recipiente fue llenado con el material a una altura de 5 centímetros, con ayuda de una regla de metal; se eliminó el excedente que sobresale del recipiente y se realizó el pesado del mismo, donde dicho

resultado se restó el peso del molde vacío, siendo este resultado dividido por el volumen del recipiente, obteniendo así esta característica.

Se determinó el peso unitario compactado de los materiales, por medio de un recipiente llenado por fases de 3 capas, donde en cada una de ellas se realizó el apisonado con ayuda de una varilla a 25 golpes, posterior a ello, se efectuó el pesado de la muestra en el molde, el cual se restó con el peso del molde vacío, obteniendo así el peso unitario compactado del material.

Se tuvo que determinar el contenido de humedad de los materiales; en primera instancia se pesó la muestra en su estado natural, para posterior a ello pasar por uno de los procesos de secado en horno con la finalidad de extraerle la humedad, después de ello se pesó siendo este mismo valor restado al peso de la muestra inicial, dicho resultado se dividió por el peso de la muestra seca, multiplicando este último valor obtenido por 100.

Se determinó el valor porcentual de absorción y peso específico luego de sumergirse en agua en el periodo de un día la muestra, posterior a ello se retiró el agua de la muestra impidiendo que no se pierda material alguno, luego de ello se extendió la muestra sobre una superficie para el respectivo secado, posterior a ello se apisona en un molde haciendo uso de 25 golpes con una varilla de metal, deseando obtener que la muestra esté completamente seca al levantar dicho cono.

Se hizo uso de un frasco el cual se llenó con 500 gramos de muestra, luego de ello se llenó con agua hasta cierta marca establecida, luego de ello se agitó manualmente a razón de ser eliminadas las burbujas de aire, se ajustó a la temperatura de entre 21 a 25 °C y se llegó a ser determinado el peso total del frasco, el peso de la muestra y el volumen del agua.

Esta última prueba ayudó a calcular primeramente el peso específico de las muestras, dado que para conocer dicho valor la diferencia del volumen del frasco menos el volumen del agua que se añadió al frasco, al restarse con la diferencia de 500 menos el peso de la muestra secada en el horno, donde dicho valor dividió a la muestra secada en el horno a fin de ser multiplicada por 100.

Quinto, luego de ello y después de realizar el diseño de mezcla, se moldearon 36 especímenes de mortero con el diseño de mezcla y las cuales pasaron por el ensayo de resistencia a la compresión.

Sexto, se les aplicó una carga a cada una de las muestras, las cuales debieron superar o estar dentro de los parámetros estables, se realizaron 3 muestras por cada porcentaje de incorporación y se realizó en los periodos de tiempo de 7, 14 y 28 días.

Séptimo, al haber finalizado cada uno de los ensayos y después de la obtención de los valores en cada una de las pruebas que pasaron por la recopilación de datos, estos fueron interpretados para un mayor entendimiento, los cuales sirvieron para el desarrollo de las conclusiones y recomendaciones del estudio.

3.6. Método de análisis de datos:

En el presente estudio, se procesaron y analizaron los datos en términos descriptivos e inferencial, donde para analizar los datos se realizó por medio de la visualización, es decir se recolectaron, analizaron, ordenaron y representaron todo lo recolectado en las fichas de toma de datos por medio de gráficas y tablas, con el propósito de evidenciar cada uno de los resultados que se obtengan (Rädiker & Kuckartz, 2021).

Asimismo, se trabajó con el método estadístico haciendo uso del software IBM SPSS 26 a razón de efectuar la validación de la hipótesis aplicando la prueba de ANOVA si los datos presentan una distribución paramétrica, caso contrario de no ser paramétrica se emplea la prueba de KRUSKAL-WALLIS (Perdigón & Pérez, 2022).

3.7. Aspectos éticos:

Los principios instaurados a través del código de ética de la UCV tienen por fin velar el cumplimiento del rigor científico, honestidad y responsabilidad, dentro de ellos se tiene al respeto por cada persona en su autonomía e integridad, por medio del reconocimiento de la dignidad de los mismos, respetando su condición, raza y demás.

La búsqueda del bienestar basado en el accionar del bien de la persona en la etapa de estudio, evitando daño alguno a las personas y al medio ambiente; justicia, tratando igualitariamente a cada participante en el estudio, sin excepción alguna.

Honestidad, la transparencia del estudio al divulgar cada hecho investigado posibilitando que los resultados sean empleados por otros evaluadores.

Rigor científico, realizando un exhaustivo seguimiento del proceso al recopilar los datos en estudio; competencia científica y profesional manteniendo el elevado nivel profesional al realizar cada etapa presente en el estudio hasta ser publicado.

Responsabilidad, el estudio se realizó en base al cumplimiento estricto de cada requerimiento de seguridad, legal y ético.

Respetando el bienestar de las personas, animales y del medio ambiente, preservando por medio del cuidado; la publicación del estudio tuvo el consentimiento de los partícipes, cumpliendo con la norma editorial a donde se publicó; la política antiplagio promueve la originalidad de cada investigación por medio del programa Turnitin además acatar lo establecido a través del comité de ética de la universidad; derechos de autor evitando el plagio de otras investigaciones por ello llega a ser necesario el uso de las citas.

El estudio tuvo la guía de un docente investigador al momento de realizar la planificación, ejecución y evaluación del estudio; por último, de las instalaciones y equipamientos los cuales garantizaron el buen desarrollo de cada actividad presente en el estudio investigativo.

IV.- RESULTADOS

4.1. Propiedades físicas de los agregados y diseño de mezcla

A razón de ser determinadas las propiedades del mortero, primero se efectuó el diseño de mezcla del mismo, para lo cual se evaluaron las propiedades de los agregados que formaron parte del mortero en su diseño de mezcla.

4.1.1. Propiedades físicas de los agregados

El agregado fino proviene de la cantera de Pueblo Libre, situado alrededor del distrito de Pueblo Libre, provincia de Huaylas. Para ello, fue evaluada la granulometría, contenido de humedad, peso unitario y peso específico del agregado fino, obteniendo los resultados de los cuales se mencionan a continuación:

Tabla 5

Propiedades del agregado fino

Propiedades del agregado fino	Valor
Módulo de fineza	3.63
Contenido de humedad	3.39%
Peso unitario compactado	1959 kg/m ³
Peso unitario suelto	1745
Peso específico nominal	2.658
Peso específico aparente	2.587
Absorción	1.03

Nota. Elaboración propia.



Figura 1: Análisis granulométrico del Agregado Fino

Nota. Elaboración propia.

4.1.2. Diseño de mezcla del mortero para relleno estructural

Definiendo las propiedades fue ejecutado el diseño de la mezcla tras definir las propiedades de los materiales. En este proceso, se seleccionaron el tamaño máximo nominal (TMN), el asentamiento, la relación agua/cemento (a/c), el contenido de aire y el volumen de agua de diseño. Esto se hizo con el fin de calcular el peso seco del agregado fino, los volúmenes absolutos, el contenido de agregado grueso y el factor cemento. Posteriormente, se ajustaron los valores de diseño considerando la humedad del agregado y, al culminar, se determinaron las proporciones en peso y volumen por tanda. Para esto, se necesitaron 11.95 bolsas, 1.01 m³ y 0.16 m³ de materiales por m³ de mortero.

Tabla 6

Dosificación en volumen del diseño de mezcla

Material	Cantidad
Cemento	11.95 bolsas
Arena	1.01 m ³
Agua	0.16 m ³

Nota. Elaboración propia.

Del mismo, por medio de la tabla 7 se presenta la cantidad de material sobre una briqueta de 12 kg sin desperdicios.

Tabla 7

Dosificación en peso del diseño de mezcla

Material	Cantidad
Cemento	2.7 kg
Arena	9.3 kg
Agua	5.9 ml

Nota. Elaboración propia.

4.2. Efecto del relave minero en la petrografía de un mortero.

El ensayo petrográfico de las muestras se realizó siguiendo el método propuesto a través del Laboratorio de Mineralogía de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería.

4.2.1. Descripción física del agregado fino de relave minero

La muestra analizada corresponde a un agregado de granulometría fina (aproximada a Malla 100), con presencia de componentes de color gris oscuro en humedad y cambia a gris claro luego del secado.

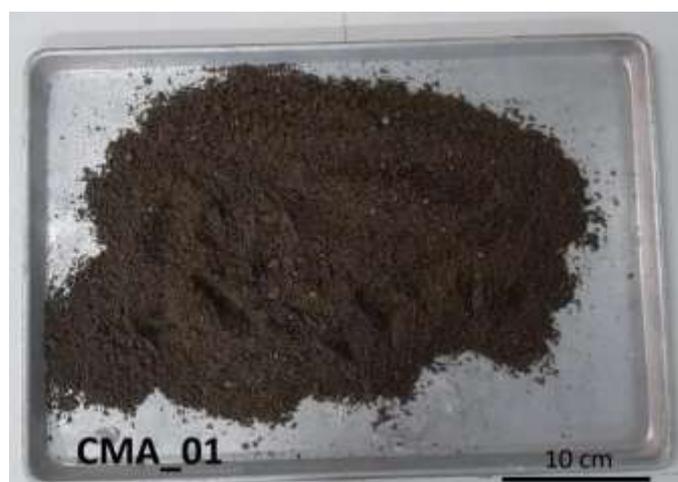


Figura 2: Muestra analizada corresponde a agregado de granulometría de medio a fino,

Nota. Laboratorio de Mineralogía, UNI.

4.2.2. Morfología del agregado fino de relave minero

La morfología de la muestra consta mayoritariamente de forma subangular a subredondeado.

4.2.2.1.1. Características principales a escala macroscópica del agregado fino de relave minero

A partir de fragmentos representativos de la muestra, se tamiza en mallas de 50 y 100, encontrando que:

- Malla 50: Se presenta variedad litológica entre rocas ígneas y metamórficas las cuales equilibran abundancia con cuarzo anhedral
- Malla 100: Se presenta en mayor abundancia cuarzo anhedral, litología ígnea y en menor medida litología metamórfica.

4.2.2.1.2. Características principales a escala microscópica del agregado fino de relave minero

La muestra en estudio presenta una distribución litológica heterogénea, reconociéndose principalmente fragmentos subredondeados de cuarcita con pigmentación superficial de óxidos de fierro. Así mismo, se aprecia la abundancia de cuarzo libre (ver Figura 3).

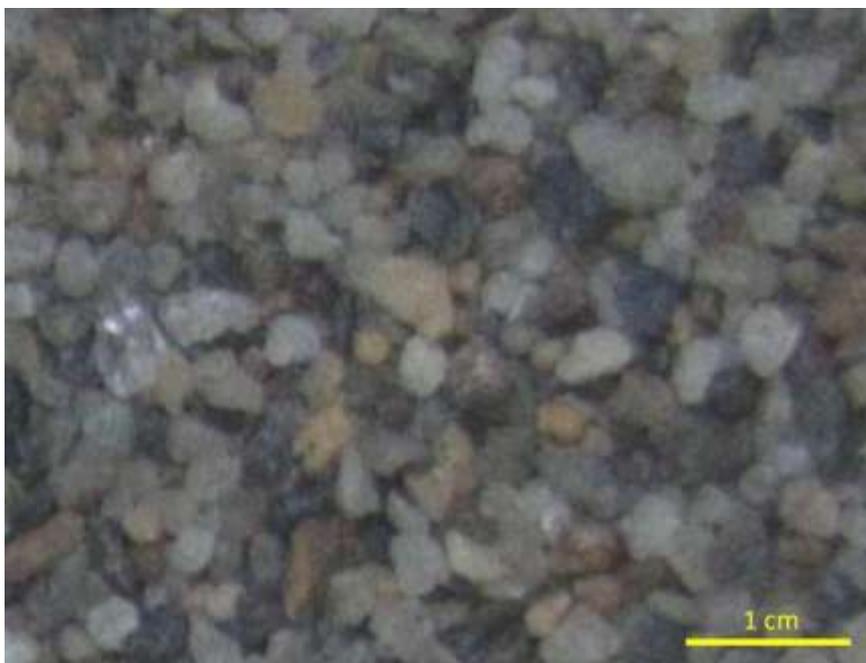


Figura 3: Muestra en escala microscópica.

Nota. Laboratorio de Mineralogía, UNI.

4.2.3. Composición petrográfica del agregado fino de relave minero

De acuerdo con el análisis de laboratorio, el agregado está compuesto por 40.40% de rocas ígneas y 39.60% de rocas metamórficas. Presenta cuarzo libre anhedral (mineral libre) en 27.86 % de abundancia

Asimismo, los componentes líticos de la muestra se encuentran conformado por:

- Cuarzita: Cristales de cuarzo anhedral de bordes suturados, de tendencia equigranular (ver Figura 4).



Figura 4: Muestra en escala microscópica de la presencia de cuarcita.

Nota. Laboratorio de Mineralogía, UNI.

- Granodiorita: Cristales de feldespatos y plagioclasas subhedrales con tendencia inequigranular. Adicionalmente cristales de hornblenda incipientemente sericitizados (ver Figura 5).



Figura 5: Muestra en escala microscópica de la presencia de granodiorita.

Nota. Laboratorio de Mineralogía, UNI.

- Diorita: Cristales de plagioclasas y cuarzo subhedrales con tendencia inequigranular. Adicionalmente cristales de hornblenda moderadamente alterados (ver Figura 6).



Figura 6: Muestra en escala microscópica de la presencia de diorita.

Nota. Laboratorio de Mineralogía, UNI.

- Andesita: Cristales de plagioclasas subhedrales con tendencia inequigranular sobre matriz vítrea. Aisladamente nódulos anhedrales de hornblenda (ver Figura 7).



Figura 7: Muestra en escala microscópica de la presencia de andesita.

Nota. Laboratorio de Mineralogía, UNI.

Las muestras evaluadas poseen homogeneidad petrográfica, por tal razón se esperaba valores similares.

4.2.4. Efecto de la composición petrográfica del relave minero en un mortero.

De acuerdo con los resultados del análisis petrográfico, se evaluaron la muestra patrón (CMA_03), la muestra con 5% de relave (CMA_04), la muestra con 10% de relave (CMA_05) y la muestra con 15% de relave (CMA_06). Encontrando que la muestra patrón tiene mayor presencia de granodiorita, cuarcita y diorita; y la muestra CMA_06 presenta un 9% de abundancia de andesita.

Asimismo, solo la muestra patrón se encuentra libre de sulfuros, ya que tanto las muestras CMA_04, CMA_05 y CMA_06 tienen 3%, 3% y 4% respectivamente de abundancia de pirita. Todas las muestras en análisis no poseen presencia de materia orgánica.

Tabla 8

Determinación Petrográfica y Abundancia de Componentes

Fracción	Componente	Mineral	Porcentaje de Abundancia			
			CMA_03	CMA_04	CMA_05	CMA_06
Agregado	Petrografía	Granodiorita	35.0	15.0	30.0	15.0
		Cuarcita	25.0	35.0	30.0	12.0
		Diorita	35.0	29.0	20.0	12.0
		Andesita	3.0	4.0	4.0	9.0
		Cuarzo libre	0.0	7.0	12.0	20.0
Matriz	Relave	Pirita	0.0	3.0	3.0	4.0
		Galena	0.0	2.0	0.0	2.0
		Sulfuros				
		Esfalerita	0.0	0.0	1.0	1.0
		Cavidades	2.0	4.0	5.0	12.0
		Materia Orgánica	0.0	0.0	0.0	0.0
Totales			100.0	100.0	100.0	100.0

Nota. Tomado del informe del Laboratorio de Mineralogía, UNI (LabMinUNI-036-2023).

Además, la muestra CMA_06 con 15% de relave tiene mayor presencia de

cavidades, sulfuros y andesita, así como, presencia de cuarzo proveniente del relave, existencia de desprendimiento de agregado grueso y ausencia de alteraciones supergenas. De igual modo, la muestra CMA_05 y CMA_04, poseen cavidades en porcentajes similares, el cuarzo libre se encuentra en proporciones similares, la abundancia de sulfuros esta principalmente identificada a piritita (Fe_2S), respecto a la abundancia de andesita son similares entre ambos, hay ausencia del desprendimiento de agregado grueso, dentro de cavidades no se observa fracturas y relleno, y no existe alteraciones supergenas. Al mismo tiempo, la muestra CMA_03 cuenta con presencia de cavidades en porcentajes menores respecto a las demás, la abundancia de andesita es menor al 10 %, ausencia del desprendimiento de agregado grueso, dentro de cavidades no se observa fracturas y relleno, ausencia de alteraciones supergenas y la muestra no presenta características de reacciones sílice álcali en su totalidad.

Por otra parte, el informe de laboratorio muestra que existe 26 cavidades en mortero a los 7 días de edad en la muestra CMA_06 en un rango de diámetro entre 0.1 y 0,5 de diámetro, siendo mayor en comparación con las demás (ver Tabla 9).

Tabla 9

Cavidades en Mortero de Edad 7 días

Muestra	+ Relave	Diámetros (mm)						
		< 0.1	< 0.1 - 0.5 >	< 0.5 - 1 >	< 1 - 2 >	< 2 - 5 >	< 5 - 10 >	> 10
CMA_03 + 0 %		12	16	13	11	7	2	0
CMA_04 + 5 %		15	17	16	13	9	6	3
CMA_05 + 10 %		19	21	18	16	12	10	6
CMA_06 + 15 %		25	26	21	21	20	19	13
Totales		71	80	68	61	48	37	22

Nota. Tomado del informe del Laboratorio de Mineralogía, UNI (LabMinUNI-038-2023).

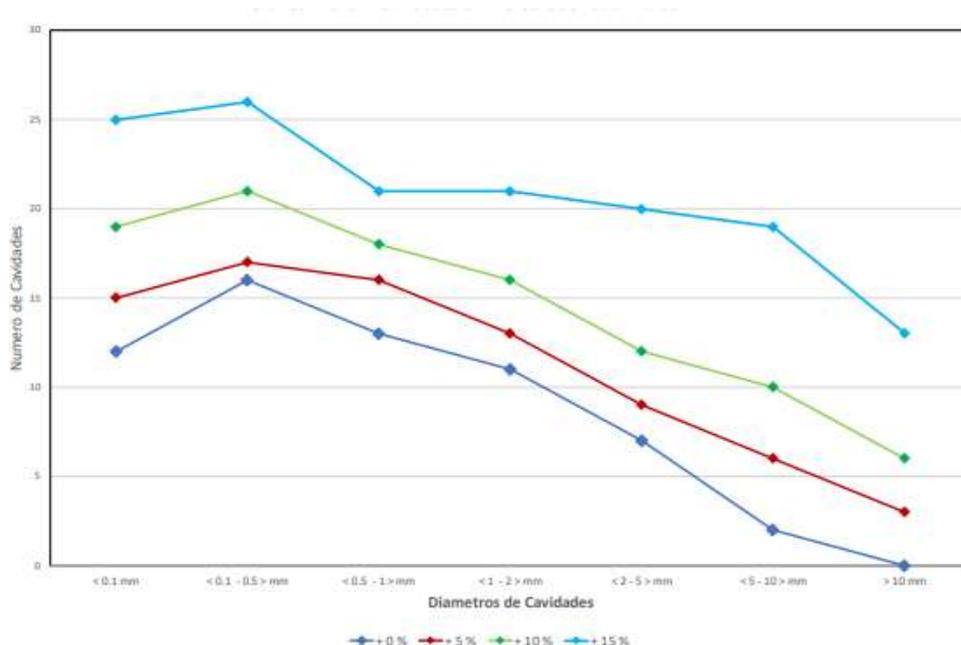


Figura 8: Cavidades en Mortero de Edad: 7 días

Nota. Laboratorio de Mineralogía, UNI.

Por medio de la figura 8, se evidencia que la muestra patrón tiende a presentar una menor cantidad de cavidades en comparación con las muestras que incorporan 5%, 10% y 15% de relave a los 7 días de edad.

Tabla 10

Cavidades en Mortero de Edad 14 días

Muestra	+ Relave	Diámetros (mm)						
		< 0.1	< 0.1 - 0.5 >	< 0.5 - 1 >	< 1 - 2 >	< 2 - 5 >	< 5 - 10 >	> 10
CMA_07 + 0 %		10	11	9	7	5	0	0
CMA_08 + 5 %		12	13	11	9	9	6	2
CMA_09 + 10 %		14	15	13	11	11	8	4
CMA_10 + 15 %		25	22	21	17	16	17	14
Totales		71	61	61	54	44	41	31

Nota. Tomado del informe del Laboratorio de Mineralogía, UNI (LabMinUNI-038-2023).

Tabla 11

Cavidades en Mortero de Edad 28 días

Muestra + Relave	Diámetros (mm)						
	< 0.1	< 0.1 - 0.5 >	< 0.5 - 1 >	< 1 - 2 >	< 2 - 5 >	< 5 - 10 >	> 10
CMA_11 + 0 %	7	6	6	5	4	2	0
CMA_12 + 5 %	10	11	10	8	7	4	2
CMA_13 + 10 %	12	13	13	10	9	8	4
CMA_14 + 15 %	23	20	19	17	16	15	13
Totales	52	50	48	40	36	29	19

Nota. Tomado del informe del Laboratorio de Mineralogía, UNI (LabMinUNI-038-2023).

En la Tabla 10 y 11, se detalla que cuando se evalúa el mortero a los 14 y 28 días de edad, se aprecia que el mayor número de cavidades se encuentran cuando el diámetro es menor a 0.1 mm en la muestra CMA_10 y CM_14 (15% de relave minero).

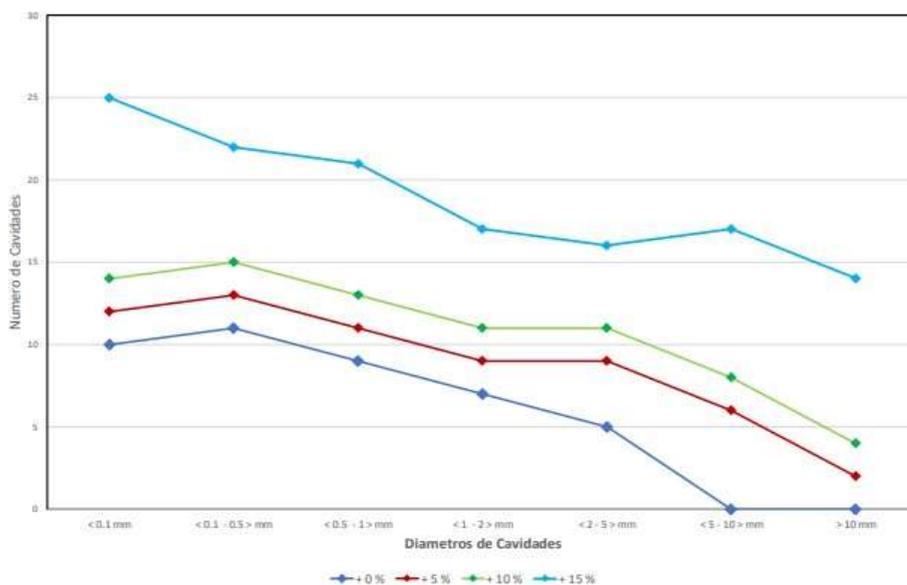


Figura 9: Cavidades en Mortero de Edad: 14 días

Nota. Laboratorio de Mineralogía, UNI.

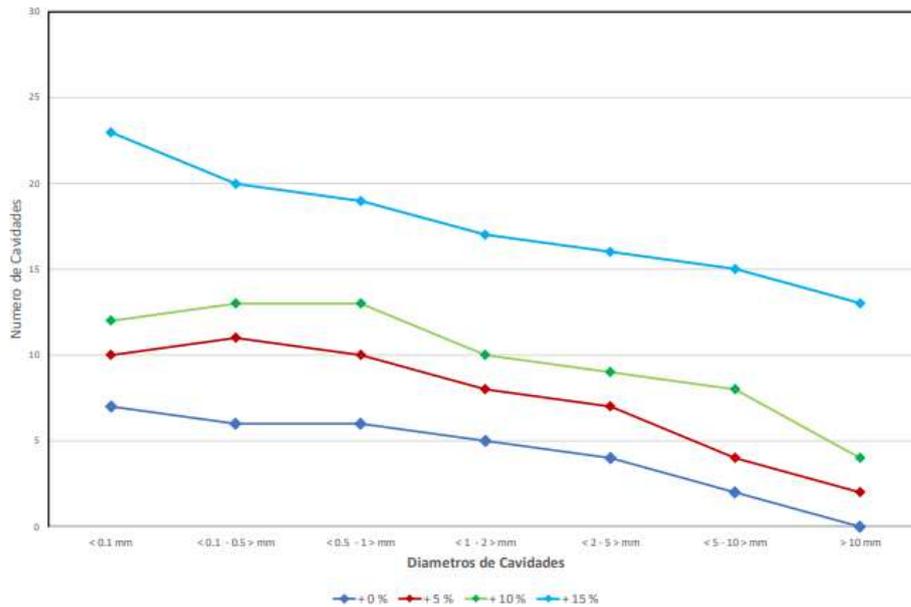


Figura 10: Cavidades en Mortero de Edad: 28 días

Nota. Laboratorio de Mineralogía, UNI.

En la figura 9 y 10, se visualiza la tendencia del mortero a la edad de 14 y 28 días respectivamente, en donde la muestra con incorporación de 15% poseen un mayor número de cantidades de cavidad; todo contrario con la muestra patrón que tiene reducida presencia de las mismas.

Por ello, el efecto de la composición petrográfica del relave minero en un mortero influye principalmente en la cantidad de cavidades del mortero, esta influencia puede ser positiva como negativa, en las propiedades y el comportamiento del material, tales como:

- Reducción de la densidad: La presencia de cavidades redujo la densidad aparente del mortero, la cual derivó en una reducción de la resistencia a la compresión y la durabilidad del concreto. La falta de material sólido debilitó la estructura global.
- Disminución de la resistencia mecánica: Las cavidades actuaron como discontinuidades en el material, lo que redujo la cohesión y la resistencia a la tracción del mortero, disminuyendo así la resistencia mecánica general del concreto.
- Aumento de la porosidad: Contribuyeron al aumento de la porosidad del mortero, afectando su capacidad para resistir la penetración de agua y

agentes agresivos como los sulfatos o cloruros. Esto resultó en una menor durabilidad y una mayor susceptibilidad a la corrosión y otros procesos de deterioro.

- Mejora de la trabajabilidad: En algunos casos, las cavidades mejoraron la trabajabilidad del mortero al actuar como espacios de lubricación, facilitando la colocación y compactación del concreto durante la construcción.
- Reducción del peso: La presencia de cavidades redujo el peso del concreto, lo que resultó beneficioso en aplicaciones donde se requería una carga estructural más liviana, como en ciertas estructuras prefabricadas o en elementos de revestimiento.

En resumen, las cavidades dentro del mortero en un concreto que contenía relave minero tuvieron impactos significativos en sus propiedades y comportamiento. Fue importante evaluar cuidadosamente el tamaño, la distribución y el efecto de estas cavidades en el desempeño del concreto, así como tomar medidas apropiadas para mitigar cualquier efecto negativo, como la optimización de la mezcla y la implementación de técnicas de compactación adecuadas.

4.3. Composición química del agregado de relave minero

4.3.1. Composición mineralógica

La muestra en estudio está compuesta por: cuarzos libres anhedrales, mineralogía de rocas ígneas (cuarzo, plagioclasas, feldespatos y accesorio hornblenda) y mineralogía de rocas metamórficas (cuarzo).



Figura 11: Fragmentos líticos de cuarcita (cc), diorita (di), cuarzo (cz), andesita (an) y granodiorita (gd).

Nota. Laboratorio de Mineralogía, UNI.

Cabe mencionar, que el principal mineral presente en la muestra es el cuarzo, el cual presenta un color transparente, con una dureza de 7 en la escala de Mohs y no presenta ninguna reacción química o magnética. Por otro, la granodiorita, cuarcita, diorita y andesita muestran un color gris claro, claro, gris oscuro y gris verduzco respectivamente (ver Tabla 12).

Tabla 12

Características físicas y químicas de minerales

Especie Mineral	Color	Forma	Dureza	Magnetismo	Reacciones Químicas
y/o Componente					
Cuarzo	Transparente	Anhedral	7	Ausente	No Reactivo
Granodiorita	Gris claro	Subredon deado	ND	Ausente	No Reactivo
Cuarcita	Claro	Subredon deado	ND	Ausente	No Reactivo
Diorita	Gris oscuro	Subredon deado	ND	Ausente	No Reactivo

Andesita	Gris verduzco	Subredondo	ND	Ausente	No Reactivo
Mineralogía		deado			
Metálica				Ausente	
Materia					
Orgánica				Ausente	

Nota. Tomado del informe del Laboratorio de Mineralogía, UNI (LabMinUNI-038-2023).

Por otro lado, mediante el ensayo de reacción álcali – sílice (RAS) se determina cuáles son los componentes que pueden llegar a generar una reacción expansiva, conduciendo a la formación de un gel álcali-silicato, provocando la absorción de agua e hinchazón, causando un incremento de alta tensión y agrietamiento del concreto. De acuerdo con el análisis químico realizado, se selecciona los tipos de rocas determinados previamente, tales como: cuarzo, granodiorita, diorita, cuarcita y andesita; cuya finalidad es obtener la representatividad del ensayo y plotear los contenidos Sc vs Rc de cada uno de los tipos de roca (ver Figura 12).

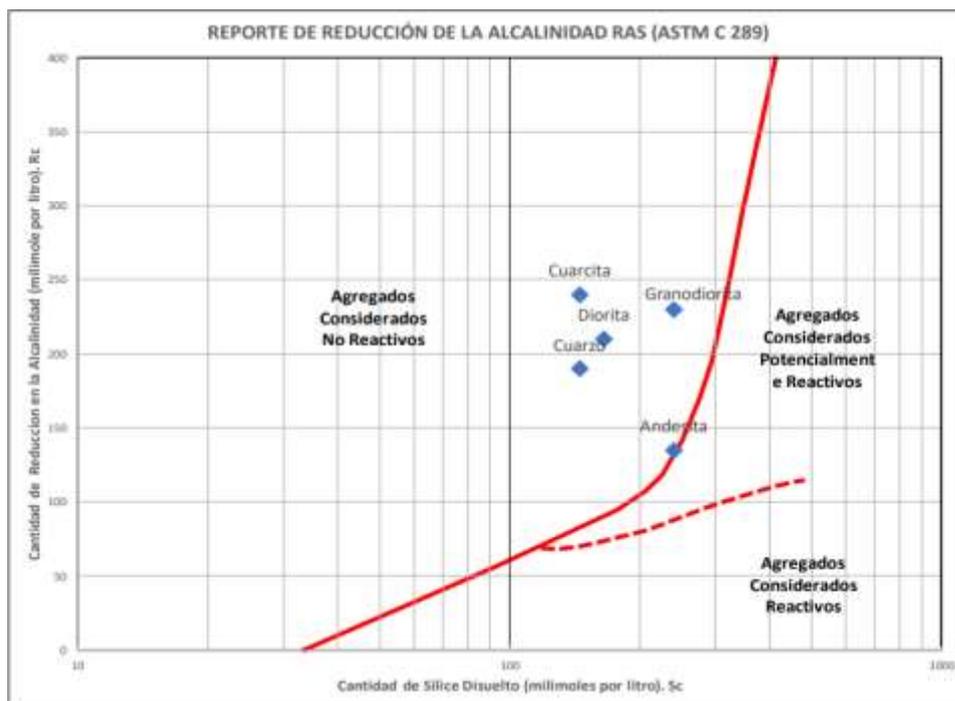


Figura 12: Valores ploteados en el gráfico de Mielenz. (Incluye la división entre agregados Reactivos y No reactivos).

Nota. Laboratorio de Mineralogía, UNI

De la Figura 17, se deduce que las rocas presentes en la muestra cómo; el cuarzo, granodiorita, diorita y cuarcita poseen una abundancia de 27.86%, 20.71%, 28.57% y 14.29% respectivamente, siendo no reactivas para la mezcla de concreto. Sin embargo, la presencia de andesita con 8.57 % de abundancia, propone condición de potencial reactivo.

Asimismo, al realizar el análisis de una segunda muestra (CMA_02) del agregado de relave minero, se determinó la caracterización mineralógica ordenada según su abundancia en la Figura 18, encontrándose una abundancia del 60% de cuarzo, 25% de pirita y 15% de calcopirita.

Tabla 13

Caracterización mineralogía

Especie Mineral	Abreviatura	Formula Química	% Abundancia
Cuarzo	cz	SiO ₂	60.00
Pirita	py	Fe ₂ S	25.00
Calcopirita	cp	CuFeS ₂	15.00
	Total		100.00

Nota. Tomado del informe del Laboratorio de Mineralogía, UNI (LabMinUNI-038-2023).

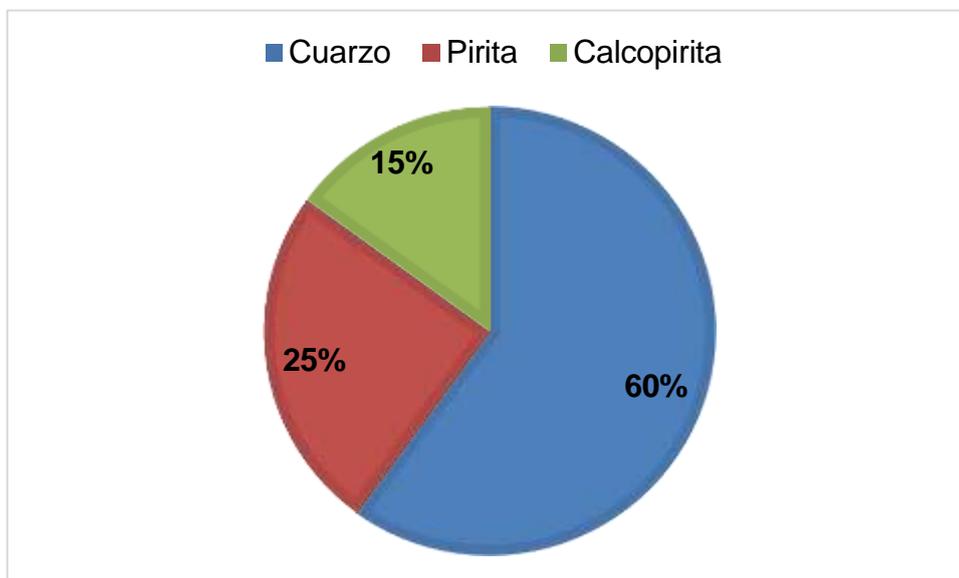


Figura 13: Porcentaje de abundancia según cada especie mineral.

Nota. Elaboración propia.

Por lo tanto, el cuarzo, al presentarse en mayor cantidad en el mortero de concreto, tuvo un efecto significativo sobre la resistencia, dado que se conoce por su alta dureza y resistencia, lo que mejoró la resistencia mecánica del material. Además, era un mineral estable que no se contraía ni expandía significativamente con los cambios de temperatura o humedad, lo que pudo haber contribuido a la estabilidad dimensional del mortero. Sin embargo, la pirita, al ser un mineral que podía oxidarse en presencia de oxígeno y agua, produciendo ácido sulfúrico y óxidos de hierro, condujo a problemas de corrosión y deterioro del concreto. Asimismo, la presencia de pirita pudo haber afectado la durabilidad y la integridad química del mortero de concreto, especialmente en ambientes agresivos o con fluctuaciones de humedad. Por otro lado, la calcopirita, al igual que la pirita, pudo haberse oxidado y contribuido a la generación de ácido sulfúrico y productos de oxidación que afectaron la durabilidad del concreto. Por lo tanto, pudo haber interactuado con otros componentes del mortero de concreto, lo que pudo haber afectado su comportamiento físico y químico.

4.4. Efecto del relave minero en la resistencia a la compresión de un mortero.

Se evaluó la resistencia a compresión del concreto de acuerdo a la normativa NTP 334.051, bajo la incorporación del 5%, 10% y 15% de relave minero a los 7, 14 y 28 días, siguiendo los parámetros descritos en la NTP 339.034, la cual tiende a establecer el método de ensayo para ser determinada la carga máxima en la que se produce la fractura del concreto en estado endurecido.

El mortero patrón dentro de los 7 días alcanzó por resistencia 230,03 kg/cm², dentro de los 14 días alcanzó por resistencia 258,53 kg/cm² y dentro de los 28 días alcanzó por resistencia 301,70 kg/cm².

Tabla 14

Resistencia a la compresión de mortero patrón

Muestra	Edad (días)	Carga Máxima (kgf.)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia a compresión promedio (kg/cm ²)
M1	7	41352	234,0	
M2	7	39785	225,2	230,03

M3	7	40803	230,9	
M4	14	46297	262,0	
M5	14	44916	254,2	258,53
M6	14	45832	259,4	
M7	28	53390	303,2	
M8	28	52579	297,6	301,70
M9	28	53782	304,3	

Nota. Elaboración propia.

El mortero con la incorporación del 5% de relave minero dentro de los 7 días alcanzó por resistencia 221.50 kg/cm², dentro de los 14 días alcanzó por resistencia 232.33 kg/cm² y dentro de los 28 días alcanzó por resistencia 277.70 kg/cm².

Tabla 15

Resistencia a la compresión de mortero + 5% de relave minero

Muestra	Edad (días)	Carga Máxima (kgf.)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia a compresión promedio (kg/cm ²)
M1	7	39980	226,3	
M2	7	39920	225,9	221,50
M3	7	37510	212,3	
M4	14	41074	232,5	
M5	14	42008	237,7	232,33
M6	14	40082	226,8	
M7	28	48640	275,3	
M8	28	49124	278,0	277,70
M9	28	49433	279,8	

Nota. Elaboración propia.

El mortero con la incorporación del 10% de relave minero dentro de los 7 días alcanzó por resistencia 212,50 kg/cm², dentro de los 14 días alcanzó por resistencia 251,30 kg/cm² y dentro de los 28 días alcanzó por resistencia 290,57 kg/cm².

Tabla 16*Resistencia a la compresión de mortero + 10% de relave minero*

Muestra	Edad (días)	Carga Máxima (kgf.)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia a compresión promedio (kg/cm ²)
M1	7	36170	204,7	
M2	7	37305	211,1	212,50
M3	7	39175	221,7	
M4	14	44585	252,3	
M5	14	44962	254,5	251,30
M6	14	43655	247,1	
M7	28	50869	287,9	
M8	28	50363	285,0	290,57
M9	28	52797	298,8	

Nota. Elaboración propia.

El mortero con la incorporación del 15% de relave minero dentro de los 7 días alcanzó por resistencia 203,40 kg/cm², dentro de los 14 días alcanzó por resistencia 227,60 kg/cm² y dentro de los 28 días alcanzó por resistencia 290,57 kg/cm².

Tabla 17*Resistencia a la compresión de mortero con incorporación del 15% de relave minero*

Muestra	Edad (días)	Carga Máxima (kgf.)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia a compresión promedio (kg/cm ²)
M1	7	35117	198,7	
M2	7	36270	205,3	203,40
M3	7	34439	206,2	
M4	14	40656	230,1	
M5	14	39512	223,6	227,60
M6	14	40482	229,1	
M7	28	49831	282,0	
M8	28	47630	274,9	277,13
M9	28	48507	274,5	

Nota. Elaboración propia.

Se puede demostrar que a mayor incorporación de relave minero menor es la resistencia a la compresión a los 7 días alcanzada por el mortero.

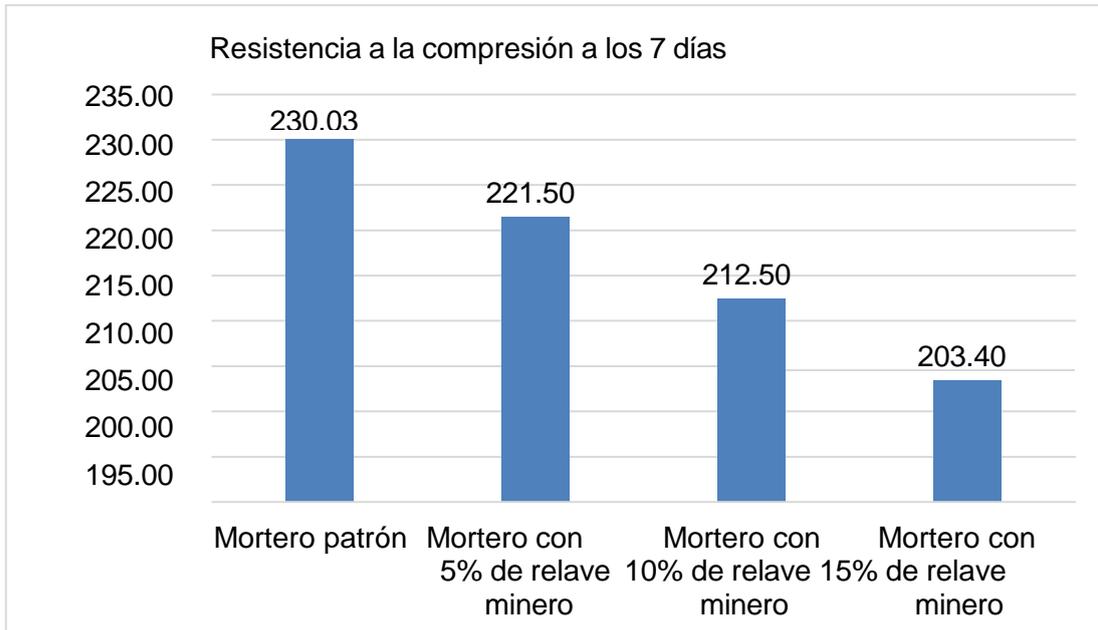


Figura 14: Resistencia a la compresión a los 7 días

Nota. Elaboración propia.

Así mismo, a mayor incorporación de relave minero menor es la resistencia a la compresión a los 14 días alcanzada por el mortero; sin embargo, se observa en la Figura 14, que con una adición de 10% presenta una resistencia mayor en comparación a los porcentajes de reemplazo de 5% y 15%.

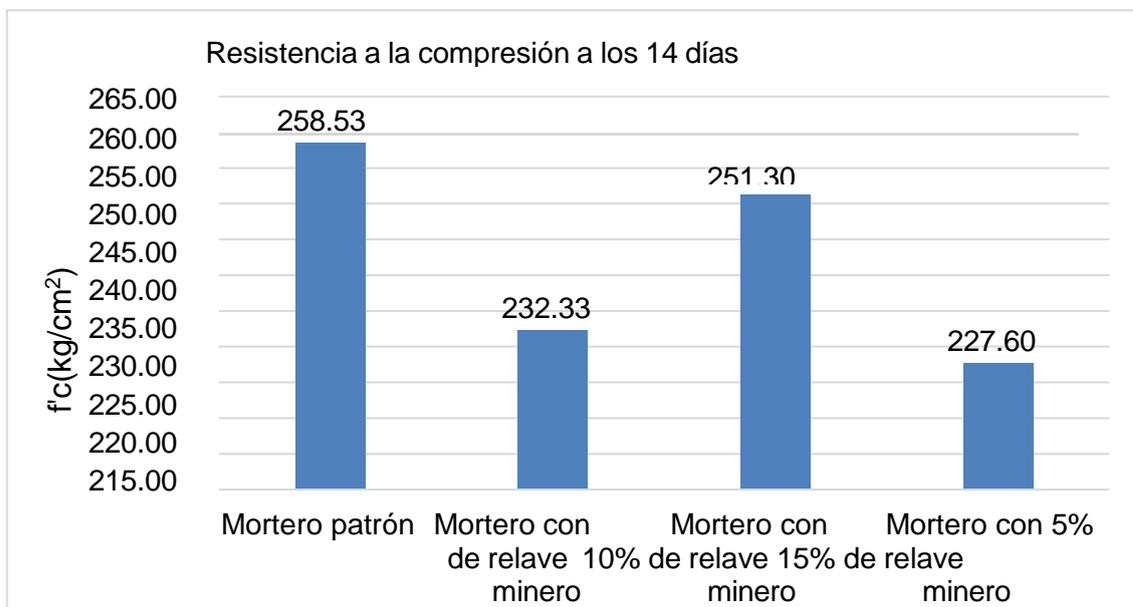


Figura 15: Resistencia a la compresión a los 14 días

Nota. Elaboración propia.

De igual forma, a los 28 días se mantiene la tendencia del comportamiento del mortero a los 14 días presentando una mayor resistencia a la compresión cuando

se incorpora un 10% de relave minero y disminuye al añadirse un 15% de relave minero.

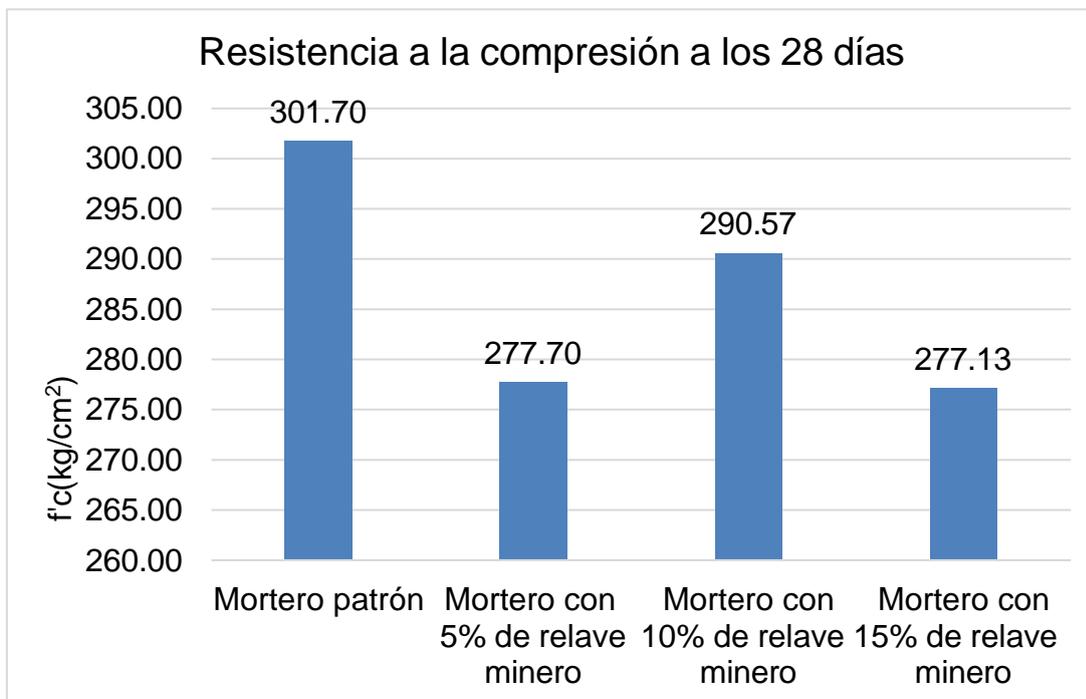


Figura 16: Resistencia a la compresión a los 28 días

Nota. Elaboración propia.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Prueba de hipótesis para la resistencia a la compresión de un mortero

Tabla 18

Prueba de normalidad a la resistencia a la compresión de un mortero ($f'c = 280$ kg/cm²)

Resistencia a la compresión de un mortero	Tratamientos	Kolmogoro v- Smirnov		Shapiro-Wilk	
		Estadístico	gl	Estadístico	gl
Resistencia a la Compresión diseño de 280 Kg/cm ²	Patrón	,329	3	,869	3
	5 % AF relave minero	,219	3	,987	3
	10 % AF relave minero	,310	3	,899	3
	15 % AF relave minero	,368	3	,790	3

Nota. Elaboración propia.

Por medio de la Tabla 18 fue efectuada la prueba de normalidad en la resistencia a la compresión de un mortero en base a Shapiro-Wilk dado que las muestras fueron 36 datos, no superando a lo necesitado de 50 datos. Respecto a ello, la totalidad de resistencias evidenciaron una sig. que superó el 0.05 significando que tienden a seguir una distribución normal.

Tabla 19

Prueba ANOVA a la resistencia a la compresión de un mortero ($f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$)

ANOVA: Resistencia a la Compresión diseño de 280 Kg/cm²					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1237,349	3	412,450	18,582	,001
Dentro de grupos	177,573	8	22,197		
Total	1414,923	11			

Nota. Elaboración propia.

Dado el carácter paramétrico de las muestras, se efectuó el análisis ANOVA como se detalla en la Tabla 19, revelando una significancia estadística por debajo de 0.05, lo cual es una de las evidencias para respaldar la hipótesis alternativa, en donde se especifica que existió una mejorar de la resistencia a compresión del mortero, en otros términos, existió una diferencia significativa sobre las diversas incorporaciones de relave minero aplicados.

4.3.2. Análisis estadístico para la determinación petrográfica,

Tabla 20

Prueba de normalidad a la determinación petrográfica.

Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Patrón	,263	4	.	,819	4	,142
5 % AF relave minero	,223	4	.	,955	4	,749
Petrografía 10 % AF relave minero	,268	4	.	,844	4	,207
15 % AF relave minero	,250	4	.	,945	4	,683

Nota. Elaboración propia.

Por medio de la Tabla 20 fue efectuada la prueba de normalidad en la determinación petrográfica en base a Shapiro-Wilk dado que las muestras fueron 16 datos, no superando a lo necesitado de 50 datos. Respecto a ello, la totalidad de resistencias evidenciaron una sig. que superó el 0.05 significando que tienden a seguir una distribución normal.

Tabla 21

Prueba ANOVA a la determinación petrográfica.

ANOVA: Petrografía				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F Sig.
Entre grupos	340,188	3	113,396	,783 ,526
Dentro de grupos	1737,750	12	144,813	
Total	2077,938	15		

Nota. Elaboración propia.

Dado el carácter paramétrico de las muestras, se efectuó el análisis ANOVA como se detalla en la Tabla 21, revelando una significancia por debajo de 0.05, por lo que existe una de las evidencias estadísticas suficientes para ser rechazada la hipótesis alterna y ser aceptada la hipótesis nula, en otros términos, no hay existencia de una diferencia significativa sobre los componentes de la determinación petrográfica de la muestra analizada.

4.3.3. Análisis estadístico para las cavidades en mortero

Tabla 22

Prueba de normalidad a las cavidades en mortero.

	Tratamiento	Kolmogoro v- Smirnov		Shapiro-Wilk	
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico gl Sig.
	Patrón	,184	7	,200	,916 7 ,441
Cavidades	5 % AF relave minero	,207	7	,200	,910 7 ,395

en Mortero	10 % AF relave minero	,175	7	,200	,906	7	,369
	15 % AF relave minero	,139	7	,200	,986	7	,982

Nota. Elaboración propia.

Por medio de la Tabla 22 fue ejecutada la prueba de normalidad a las cavidades de un mortero respecto a Shapiro-Wilk dado que las muestras fueron 36 datos, no superando a lo necesitado de 50 datos. Respecto a ello, la totalidad de cavidades evidenciaron una sig. que supera los 0.05 significando que tienden a seguir una distribución normal.

Tabla 23

Prueba ANOVA a las cavidades en mortero.

ANOVA: Cavidades en Mortero					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	675,000	3	225,000	22,909	,000
Dentro de grupos	235,714	24	9,821		
Total	910,714	27			

Nota. Elaboración propia.

Debido a la naturaleza paramétrica de las muestras, se llevó a cabo un análisis ANOVA en la Tabla 23, evidenciando un valor de significancia inferior a 0.05, lo que sugiere que existe evidencia estadística suficiente para respaldar la hipótesis alternativa, en otras palabras, se observa una diferencia significativa entre el número de cavidades en mortero añadiendo diferentes porcentajes de relave minero.

V.- DISCUSIÓN

En esta etapa, se llevó a cabo una síntesis exhaustiva y una evaluación meticulosa de los hallazgos, fusionando datos provenientes de la triangulación, contexto informativo y teorías pertinentes, con los valores resultantes alcanzados. Estos últimos, surgidos del presente estudio, se entrelazan directamente con el objetivo general del estudio: determinar el efecto del relave minero en las propiedades físicas y mecánicas de un mortero, el cual, basándose en los resultados descritos en el ítem anterior, se obtuvo una mejora en dichas características del mortero a nivel físico y mecánico, siendo 10% el porcentaje óptimo. De igual forma, la investigación de Siddique y Jang (2020), muestran que el uso de material del 15% de relaves de mina de molibdeno proporcionó una mejora en los niveles de resistencia a la compresión y a la flexión de los morteros de cemento. Del mismo modo, en el estudio de Ince (2019), propone y comprueba que el uso de material de relave de oro al aumentar la dosificación de reemplazo permitió un incremento sustancial en la resistencia a la compresión del mortero, principalmente cuando se usan un 30% como reemplazo de arena. No obstante, en el trabajo investigativo realizado por Paula y Souza (2022), determinó que el reemplazo de relave minero de hierro no presentó una mejora significativa en la resistencia a la compresión axial con ninguno de los porcentajes propuestos.

En referencia al primer objetivo específico: determinar el efecto del relave minero en la petrografía de un mortero, considerando los valores obtenidos en el ensayo petrográfico, se observa una presencia mayoritaria de la roca ígnea con una participación del 40.40% seguida de un 39.60% de las rocas metamórficas. Asimismo, en el Tabla 10, indica que los minerales predominantes en las muestras analizadas se componen principalmente de: granodiorita, cuarcita, diorita y andesita; siendo la última en mención la única clasificada como potencialmente reactiva. Por otra parte, la cuarcita presente en la muestra es de una textura equigranular, es decir, todos los cristales presentes son aproximadamente del mismo tamaño, y forma anhedral, donde sus cristales son irregulares de bordes saturados; además, la granodiorita, diorita y andesita presentan cristales de plagioclasas subhedrales con tendencia inequigranular, el cual indica que estos cristales no son perfectamente angulares ni completamente desarrollados. Del

mismo modo, el análisis descrito en la presente investigación se complementa con el estudio de Salazar (2019), donde indica la presencia en un 74% de rocas areniscas cuarzosas en los agregados, calizas en un 24.30% y calizas dolomíticas en un 1.70% en sus muestras. En ambas investigaciones, se resalta de los diferentes componentes no generarán reacciones perjudiciales con la pasta de cemento.

Por otro lado, referente al segundo objetivo: determinar el efecto de la composición química del relave minero en un mortero, los hallazgos encontrados en la muestra analizada de acuerdo con el análisis químico, indica que la presencia de andesita con 8.57 % de abundancia es un reactivo potencial, el cual puede llegar a generar una reacción expansiva, conduciendo a la formación de un gel álcali-silicato, provocando la absorción de agua e hinchazón. Sin embargo, en términos generales, los principales componentes de la muestra según su composición mineralógica, no presentan elementos que puedan reaccionar con la pasta de cemento y no existen reactivos que pongan en peligro la durabilidad del concreto. En cambio, en la investigación de Salazar (2019), determinó que el relave minero usado como agregado fino para la realización de concreto con $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ no cumplió con la resistencia requerida en comparación con la muestra patrón al añadirle 10% del material de relave, pues la composición de carbonato de calcio y magnesio (97.20%), el óxido de silicio (1.10%) y el carbonato de calcio (1.40%) en el agregado fino no puede usarse en ningún tipo de construcción.

Finalmente, en relación al tercer objetivo: determinar el efecto del relave minero en la resistencia a la compresión de un mortero, se obtuvieron como resultados que al incorporar 5%, 10% y 15% de relave minero, tan solo llega a superar el $f'c$ de diseño ($280,00 \text{ kg/cm}^2$) el mortero con 10% de relave logrando una resistencia de 290.57 kg/cm^2 ; pero no sobrepasa la resistencia alcanzada de la muestra patrón de $301,70 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días de edad (según la norma peruana, NTP 334.051). Sin embargo, el mortero con 5% y 15% de relave minero decae en su resistencia en un 0.82% y 1.02% respectivamente. De igual forma, por medio del trabajo investigativo de Aguilar y Lma (2020), se utiliza concentraciones al 0% (muestra patrón), 5%, 10% y 15% de relave de mina como sustitutos del agregado fino, siendo el 5% de dicho componente que alcanzó una resistencia óptima en comparación con el concreto estándar, un porcentaje menor

al obtenido en la presente investigación. No obstante, el estudio realizado por Siddique y Jang (2020), muestra que los porcentajes de 5%, 10% y 15% de incorporación de relaves de mina de molibdeno obtienen un incremento de la resistencia a la compresión de 3%, 1% y 10% respectivamente, proporcionando una mejora en el mortero de cemento debido al efecto filler, que favorece la compacidad y la densidad de poros; sin embargo, el porcentaje óptimo de esta investigación no concuerda con los resultados obtenidos, debido a que con el 15% de reemplazo no se logra alcanzar la resistencia de diseño. En contraste con la investigación realizada por Lojano y Robles (2022), detalla que utilizando dosificaciones de 20%, 40%, 60%, 80% y 100% de sustitución de material de relave, logra una mayor resistencia a la compresión con un porcentaje de 100% de relave minero de 18,929 MPa a los 28 días, el cual no presenta similitud con los resultados obtenido.

VI.- CONCLUSIONES

1.- Se concluyó, que el efecto de la sustitución del relave minero en el mortero de concreto con un porcentaje de 10% como reemplazo de agregado fino presentó una mejora sus propiedades mecánicas, es decir una influencia positiva en su resistencia a compresión alcanzado 290.57 kg/cm^2 . Sin embargo, la adición de 5% y 15% de relave minero no logra aumentar la resistencia a la compresión por ende no cumple con la resistencia de diseño, disminuyendo las propiedades físico - mecánicas del concreto.

2.- Se concluyó, que las muestras evaluadas poseen homogeneidad petrográfica, por tal razón se esperaba valores similares. En donde, el mortero con 15% de relave tiene mayor presencia de cavidades, existe desprendimiento de agregado grueso y ausencia de alteraciones supergenas. Por otro lado, las muestras con 5% y 10% de relave minero poseen presencia de cuarzo libre, la abundancia de sulfuros esta principalmente identificada a pirita, hay ausencia del desprendimiento de agregado grueso, dentro de cavidades no se observa fracturas y relleno, y no existe alteraciones supergenas. En contraste con la muestra patrón cuyo porcentaje de presencia es menor respecto a las demás, la abundancia de andesita es menor al 10 %, hay ausencia del desprendimiento de agregado grueso, dentro de cavidades no se observa fracturas y relleno, ausencia de alteraciones supergenas y no se presenta características de reacciones sílice álcali en su totalidad. Debido a esto, se deduce que, a menor porcentaje de incorporación de relave minero, el número de cavidades en el mortero disminuirá y no se generarán fracturas en el concreto. Por lo que, el efecto principal radica en la reducción de la densidad, disminución de la resistencia mecánica, aumento de la porosidad, mejora de la trabajabilidad y reducción del peso.

3.- Se concluyó, que se identificaron las principales características químicas del relave minero, el cual de acuerdo a la muestra analizada posee una abundancia de 27,86% de cuarzo, 20,71% de granodiorita, 28,57% diorita, 14,29% cuarcita y 8.57% de andesita. Por lo que, ninguno de los componentes anteriores genera efectos químicos adversos a excepción de la andesita, ya que al ser clasificada como potencialmente reactivo puede llegar a generar una reacción expansiva, conduciendo a la formación de un gel álcali-silicato, provocando un incremento de alto tensiones y agrietamiento del concreto. Sin embargo, en términos generales el

91.43% de los componentes se presentan dentro de la región “Agregados Considerados No Reactivos”, brindando un panorama favorable en la fabricación de mortero con relave minero. Por lo que, el efecto principal de las características químicas del relave minero en el mortero fue sobre el efecto significativo en la resistencia, pero la presencia de pirita y calcopirita afecta la durabilidad y la integridad química, especialmente en ambientes agresivos o con fluctuaciones de humedad.

4.- Se concluyó, que la capacidad de resistencia a la compresión del mortero que alcanza con una incorporación de 5% de relave minero a los 7 días es de 221,50 kg/cm², a los 14 días, 232.33 kg/cm² y a los 28 días, 277,70 kg/cm². Asimismo, al añadir el 10% de relave minero se logra a los 7, 14 y 28 días una resistencia de 212,50 kg/cm², 251,50 kg/cm² y 290,57 kg/cm² respectivamente. Por otro lado, cuando se analiza con un 15% de relave se obtiene resistencias de 203,40 kg/cm², 227,60 kg/cm² y 277,13 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días respectivamente. Por lo que, en relación a la muestra patrón a los 7 días el mortero con 5% de relave minero presenta un mejor comportamiento; sin embargo, a los 28 días no consigue la resistencia de diseño, al igual que la incorporación de 15% de relave minero. En contraste, con el reemplazo de 10% de relave se logra sobrepasar la resistencia de diseño, pero no la resistencia obtenida de la muestra patrón.

VII.- RECOMENDACIONES

La presente investigación cumplió con los objetivos planteados, sin embargo, se recomienda lo siguiente:

- Para una resistencia a la compresión de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, se recomienda usar un 10% de relave minero como reemplazo de agregado fino siendo el porcentaje óptimo de la presente investigación; ya que si se excede este porcentaje decaerá su resistencia de diseño.
- Asegurar de que la proporción entre agua y cemento elegida sea la más apropiada para alcanzar la trabajabilidad, resistencia y durabilidad necesarias, las cuales varían según las necesidades específicas de la estructura. Además, es importante verificar que el diseño se mantenga constante en términos de trabajabilidad y relación agua/cemento durante las condiciones de construcción.
- Explorar innovadoras metodologías de extracción en la industria minera con el propósito de reducir la utilización de sustancias que provoquen la formación de sulfatos y, consecuentemente, aumenten la acidez de los desechos en el proceso metalúrgico. Esto se hace con la intención de producir residuos que sean susceptibles de ser reciclados.
- Proponer la creación de un mapa de áridos que incluya información detallada sobre las propiedades físicas, químicas y petrográficas de los agregados, así como su comportamiento esperado dentro del concreto. Esto debería extenderse a las canteras utilizadas en todo el país, tanto las que se han empleado como las que podrían ser utilizadas en el futuro. Esta iniciativa tendría beneficios significativos tanto desde una perspectiva técnica como económica, proporcionando a los diseñadores y constructores información valiosa para sus proyectos

REFERENCIAS

AGRO-WASTE fiber reinforced mortar for augmenting the performance of masonry structures. **Ranjan [et al.]. 2023.** s.l. : *Construction and Building Materials*, 363: 1-23, 2023.

AGUILAR, J. y LAMA, J. 2020. *Influencia de sustitución del agregado fino por relave, Mina Santa Luisa, sobre la resistencia a compresión del concreto - 2020.* 2020.

ALKALI-silica reactivity of lightweight aggregate: A brief overview. **Mo [et al.]. 2021.** s.l. : *Construction and Building Materials*, 270: 1-10, 2021.

ARIAS, J. 2020. *Proyecto de tesis: Guía para la elaboración.* Arequipa : Biblioteca Nacional del Perú, 2020.

ARIAS, J. y COVINOS, M. 2021. *Diseño y metodología de la investigación.* s.l. : Enfoques Consulting EIRL, 2021.

CARHUAMACA, Denith y CORAS, Rocio. 2019. *Relave Minero como Componente del Agregado Fino para Elaborar Concreto Mayor A $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con Fines Ambientales.* 2019.

CERDA, H. 2021. *Los elementos de investigación.* s.l. : Magisterio, 2021.

COEN. 2019. *Por pasivos ambientales mineros en el Distrito de Pampas - Ancash. Centro de operaciones de emergencia nacional. [En línea] 14 de Junio de 2019.* <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/10/REPORTE-DE-PELIGRO-INMINENTE-N-123-15NOV2019-POR-PASIVOS-AMBIENTALES-MINEROS-EN-EL-DISTRITO-DE-PAMPAS-%C3%A1NCASH-07.pdf>.

COMPARATIVE mechanical properties of conventional concrete mixture and concrete incorporating mining tailings sands. **Garcia [et al.]. 2022.** s.l. : *Case Studies in Construction Materials*, 16: 1-12, 2022.

DISPOSAL of mine tailings via geopolymerization. **Xiaolong [et al.]. 2021.** s.l. : *Cleaner Production*, 284: 1-15, 2021.

EFFECT of micro-sized lead oxide on the workability, mechanical strength and durability of alkali-activated slag mortar. Rashad [et al.]. 2023. s.l. : Construction and Building Materials, 373: 1-12, 2023.

EFFECT of size and water content on the compressive strength of mortar. Judd [et al.]. 2023. s.l. : Construction and Building Materials, 368: 1-15, 2023.

EFFECTIONS of spodumene flotation tailings as aggregates on mechanical properties of cement mortar. Wu [et al.]. 2022. s.l. : Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 640: 1-13, 2022.

ESMAEILI, Jamshid y ASLANI, Hossein. 2019. *Use of copper mine tailing in concrete: strength characteristics and durability performance.* s.l. : Journal of Material Cycles and Waste Management, 21: 729–741, 2019.

EVALUATION of gold mine tailings in cement mortar: Investigation of the effects of chemical admixtures. Yildirim [et al.]. 2020. s.l. : Sigma, 38(4): 2155-2168, 2020.

FORMATION of marine sylvite on the Khorat Plateau, Southeast Asia: Evidence from B isotopes, trace elements, and petrography. Wang [et al.]. 2023. s.l. : Sedimentary Geology, 444: 1-13, 2023.

Furlong , S. (2022). *Relave de mina de oro y hierro como sustituto del agregado fino para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto.* Retrieved from https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/6051/T030_7341965_5_T%20KATHERINE%20ROSMERY%20VENTOCILLA%20SANCHEZ%20-%20FURLONG%20GOICOCHEA%20SANDRA%20CRISTINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gao, Q., Xiao, J., Shen, J., Hou, Y., & Guo, J. (2023). *PROPERTIES of super-thin layer mortar with recycled brick fines for sintered perforated block masonry.* Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02015>

HUERTA, R. y LEÓN, S. 2021. *Análisis de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ aplicando relave minero, Huaraz 2021.* 2021.

IMPACT of heat curing regime on the compressive strength and drying shrinkage of alkali-activated slag mortar. **Chen [et al.]. 2023.** s.l. : Developments in the Built Environment, 14: 1-9, 2023.

INCE, C. 2019. *Reusing gold-mine tailings in cement mortars: Mechanical properties and socio-economic developments for the Lefke-Xeros area of Cyprus.*

s.l. : Cleaner Production, 238: 1-11, 2019.

Li [et al.]. 2023. *INFLUENCE of fine aggregate's morphology on mortars' rheology.* s.l. : Building Engineering, 63(1): 1-10, 2023.

LOJANO, G. y ROBLES, J. 2022. *Análisis de la resistencia a la compresión simple en morteros utilizando relave minero de la planta de beneficio GOLDSERVIPLANT CIA LTDA, Portovelo - El Oro.* 2022.

Lojano, G., & Robles, J. (2022). *Análisis de la resistencia a la compresión simple en morteros utilizando relave minero de la planta de beneficio GOLDSERVIPLANT CIA LTDA, Portovelo - El Oro.* Retrieved from <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/12519/1/18046.pdf>

Luna, E., Lojano, G., & Robles, J. (2022). *Análisis de la resistencia a la compresión simple en morteros utilizando relave minero de la planta de beneficio Goldserviplant Cia Ltda, Portovelo-El Oro.* Retrieved from <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/12519>.

Maya, E. (2014). *Métodos y técnicas de investigación.* UNAM. Retrieved from <http://www.librosoa.unam.mx/handle/123456789/2418>

MEREGILDO, M. 2021. *Diseño de mortero con relave minero y escoria para edificaciones de albañilería, Trujillo - 2021.* 2021.

METODOLOGÍA de la Investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis.

Ñaupas [et al.]. 2019. s.l. : Ediciones de la U, 5:1-560, 2019.

MINE tailings-based geopolymers: A comprehensive review. **He [et al.]. 2022.** s.l. : Ceramics International, 48(17): 24192-24212, 2022.

MINEM. 2020. *Remediación de pasivos ambientales mineros en el Perú.* s.l. : Ministerio de Energía y Minas, 2020.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. 2020. *Guía Ambiental Para el Manejo de Relaves Mineros.* 2020.

NAMUCHE, Franklin. 2018. *Resistencia de la sustitución del 5 %, 10 % y 15 % de cemento, por la combinación de relave minero en la elaboración de morteros de edificaciones de albañilería en Huaraz, 2017.* 2018.

NTP 400.022. 2018. *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa y absorción del agregado fino.* Lima. 2018.

OPTIMAL design of fresh sand fog seal mortar using response surface methodology (RSM): Towards to its workability and rheological properties. **Ma [et al.]. 2022.** s.l. : Construction and Building Materials, 340: 1-13, 2022.

Pardavé, W. (2023). *Obtención de concreto a partir del reuso de relaves de flotación de minerales polimetálicos de California Santander.* Retrieved from <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/9753823a-e7fd-45dc-9044-916b7695507c/content>

PAULA, W. y SOUZA, C. 2022. *Avaliação da utilização do rejeito de minério de ferro na formulação de argamassas.* s.l. : Research, Society and Development, 11(4): 1-26, 2022.

Perdigón, R., & Pérez, M. (2022). *Herramientas de código abierto para el análisis estadístico en investigaciones científicas. Anales de la ACC, 12 (3): 1-10.* Retrieved from [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2304-](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2304-01062022000300022&script=sci_arttext&tlng=en)

[01062022000300022&script=sci_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2304-01062022000300022&script=sci_arttext&tlng=en)

Rådiker, S., & Kuckartz, U. (2021). *Análisis de datos cualitativos con MAXQDA. BoD-Books on Demand.* Retrieved from <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=X0UmEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA189&dq=M%C3%A9todo+de+an%C3%A1lisis+de+datos&ots=K53Z6oMB1t&sig=6PvWbb7aj0jihgSDguOzyLUO9P0>

PETROGRAPHY of construction and demolition waste (CDW) from Abruzzo region (Central Italy). **Galderisi [et al.]. 2022.** s.l. : Waste Management, 137(1): 61-71, 2022.

PROPERTIES of super-thin layer mortar with recycled brick fines for sintered perforated block masonry. **Gao [et al.]. 2023.** s.l. : Case Studies in Construction Materials, 1: 1-24, 2023.

RAMÍREZ, J. y CALLES, R. 2021. *Manual de metodología de la investigación en negocios internacionales.* s.l. : Ecoe Ediciones, 2021.

RETEGUI, L. 2020. *La observación participante en una redacción. Un caso de estudio.* s.l. : La Trama de la Comunicación, 24(2): 103-119, 2020.

REUSE and stabilization of sulphide mine tailings as fine aggregate for construction mortar. **Andrews [et al.]. 2022.** s.l. : Cleaner Production, 357: 1-9, 2022.

Revista Económica. (2022, Junio 26). *Minería: ¿Qué son los relaves mineros y qué acciones están tomando las principales empresas mineras?* Retrieved from <https://www.revistaeconomia.com/mineria-que-son-los-relaves-mineros-y-que-acciones-estan-tomando-las-principales-empresas-mineras/>

RODRÍGUEZ, Y. 2020. *Metodología de la investigación.* s.l. : Klik Soluciones Educativas, 2020.

Rodriguez, M. (2022). *Caracterización del proceso de filtrado aplicado a la recuperación de aguas en tranques de relave en Chile.* Retrieved from <https://repositorio.unab.cl/server/api/core/bitstreams/0e4430b1-9aab-46a6-918e-43d4ada68fe6/content>

SALAZAR, V. 2019. *Identificación de agregados reactivos por medio petrográfico en las canteras de San Marcos Cajamarca y su influencia en el concreto.* s.l. : Repositorio Institucional UNI, 2019.

SÁNCHEZ, A. y MURILLO, A. 2021. *Enfoques metodológicos en la investigación histórica: cuantitativa, cualitativa y comparativa.* s.l. : Debates por la Historia, 9(2): 147-181, 2021.

SENCICO. 2020. *NORMA E.070 ALBAÑILERIA.* s.l. : Gerencia de Investigación y Normalización del SENCICO, 2020.

SIDDIQUE, S. y JANG, J. 2020. *Assessment of molybdenum mine tailings as filler in cement mortar.* s.l. : Building Engineering, 31: 1-8, 2020.

SOLIDIFICATION and stabilization of Pb–Zn mine tailing with municipal solid waste incineration fly ash and ground granulated blast-furnace slag for unfired brick fabrication☆. **Wang [et al.]. 2023.** s.l. : Environmental Pollution, 321: 1-9, 2023.

TÉCNICAS e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. **Sánchez [et al.]. 2021.** s.l. : UISRAEL, 18(1): 113-128, 2021.

TRANSFORMATION of mine tailings into cement-bound aggregates for use in concrete by granulation in a high intensity mixer. Peys [et al.]. 2022. s.l. : Cleaner Production, 365: 1-10, 2022.

USING non-participant observation to uncover mechanisms: Insights from a realist evaluation. Handley [et al.]. 2019. s.l. : Evaluation, 26(3): 1-14, 2019.

UTILISATION of glass wool waste and mine tailings in high performance building ceramics. Lemougna [et al.]. 2020. s.l. : Building Engineering, 31: 1-10, 2020.

UTILIZITING bamboo biochar in cement mortar as a bio-modifier to improve the compressive strength and crack-resistance fracture ability. Liu [et al.]. 2022. s.l. : Construction and Building Materials, 327: 1-12, 2022.

VILLANUEVA, F. 2022. *Metodología de la investigación.* s.l. : Klil Soluciones Educativas, 2022.

WORKABILITY, compressive strength, and microstructures of one-part rubberized geopolymers mortar. Zhao [et al.]. 2023. s.l. : Building Engineering, 68: 1-15, 2023.

ANEXO 1: Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala de medición
V1: Propiedades físicas y mecánicas de un mortero de albañilería.	Según Chen et al. (2023) son las características presentes del mortero respecto a su composición, asentamiento y resistencia, empleados al realizar el levantamiento de muros de albañilería, compuestos de cemento, cal, arena y agua para formar las mezclas, donde la arena para albañilería se emplea por arena natural o con arena producida a partir de piedra triturada.	Se realizará el estudio de la Petrografía y composición química de los materiales para posteriormente realizar los especímenes de mortero para la realización del ensayo de resistencia a la compresión.	Petrografía	Composición mineralógica	Guía de observación	Nominal
			Composición química del relave minero	Porcentaje de elementos	Guía de observación	Nominal
			Resistencia a la compresión	Carga de rotura		
V2: Sustitución del agregado fino por relave minero.	Xiaolong et al. (2021) indican que los relaves mineros consisten en rocas molidas y efluentes producidos durante el procesamiento del mineral, logran producirse por medio del proceso de extracción y fundición de metales, siendo fuentes importantes de contaminación al relacionarse con el agua y suelo.	Se evaluarán las propiedades del relave minero, así como la del agregado fino para el conocimiento de sus características, además de la Petrografía y la composición química de los mismos.	Propiedades del relave minero	Contenido de humedad, granulometría, material que pasa el tamiz N° 200, módulo de finura, peso unitario suelto y compactado, peso específico y absorción.	Guía de observación	Nominal

ANEXO 2: Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Metodología
General	General	General	Variable X		
¿Cuál es el efecto del relave minero en las propiedades físico y mecánicas de un mortero, Caraz, 2023?	Determinar el efecto del relave minero en las propiedades físico y mecánicas de un mortero, Caraz, 2023.	El efecto del relave minero es significativo en la optimización de las propiedades físico y mecánicas de un mortero, Caraz, 2023.	Propiedades físicas y mecánicas de un mortero	Petrografía	Tipo de Investigación
				Composición química del relave minero	Básica
					Resistencia a la compresión
Específicos	Específicos	Específicos	Variable Y	Propiedades del relave minero	Explicativo
¿Cuál es el efecto del relave minero en la petrografía de un mortero, Caraz, 2023?	Determinar el efecto del relave minero en la petrografía de un mortero, Caraz, 2023.	El efecto del relave minero es significativo en la optimización de la petrografía de un mortero, Caraz, 2023.	Relave minero		Diseño de la Investigación
					Pre experimental
¿Cuál es el efecto de la composición química del relave minero en un mortero, Caraz, 2023?	Determinar el efecto de la composición química del relave minero en un mortero, Caraz, 2023.	El efecto de la composición química del relave minero es significativo en un mortero, Caraz, 2023.			Muestra
					Conformada por 54 especímenes cúbicos de 5 cmx5cmx5cm
Instrumentos	Determinar el efecto del relave minero en la resistencia a la compresión de un mortero, Caraz, 2023.	El efecto del relave minero es significativo en la optimización de la resistencia a la compresión de un mortero, Caraz, 2023.		Guía de Análisis documental	
¿Cuál es el efecto del relave minero en la resistencia a la compresión de un mortero, Caraz, 2023?					

ANEXO 3: Instrumento de recolección de datos

- Análisis granulométrico

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
D (plg)	D (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
1/4"					
#4					
#8					
#16					
#30					
#50					
#100					
#200					
Fondo					
TOTAL					

- Peso unitario de la muestra suelta y compactada

PESO DE LA MUESTRA (Kg)	PROMEDIO (Kg)

- Contenido de humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD			
PROCESO	1	2	3
PESO DE LATA (gr)			
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA (gr)			
PESO DEL SUELO SECO + LATA (gr)			
PESO DEL AGUA (gr)			
PESO DEL SUELO SECO (gr)			
% DE HUMEDAD			
PROMEDIO % DE HUMEDAD			

- Ficha resumen

AGREGADO	FINO	UNIDAD
Módulo de Finura		%
Peso Especifico Superficialmente Seco		Kg/m ³
Peso Específico Seco		Kg/m ³
Porcentaje de Absorción		%
Peso Unitario Compactado		Kg/m ³
Peso Unitario Suelto		Kg/m ³
Contenido de Humedad		%
Material pasante de la Malla N° 200		%

- Petrografía

Clasificación petrográfica más probable:		
Posible tipo de roca:		
Composición	- mineral:	
	- petrográfica:	
Textura	- tipo de textura:	
	- tamaño de grano:	
Otras características distintivas:		
Otros comentarios:		

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA:

<i>Aspecto general:</i>	
<i>Color:</i>	
<i>Compacidad:</i>	
<i>Coherencia:</i>	
<i>Orientación:</i>	
<i>Homogeneidad:</i>	
<i>Estructuras:</i>	
<i>Alteración:</i>	
<i>Otras características:</i>	

COMPOSICIÓN:

Componentes petrográficos		%	Composición mineral		%
<i>Granos o Cristales:</i>					
<i>Fase de unión:</i>					
<i>Otros:</i>					
<i>Vacios²:</i>					

CLASIFICACIÓN:

<i>Clasificación petrográfica estimada:</i>	

	ASGEOTEC GEOTECNIA Y CONSTRUCCION EIRL LABORATORIO DE MATERIALES Consultorías, Supervisión y Ejecución de Obras	
	OFICINAS Y LABORATORIO: Jr. Los Jazmines 3ra cdra. 5/N. – Urb. Villón Alto Ms. 172 Lot. 6 – Huaraz – Ancash Telf.: 943692631, 943492123, (043)426317 Email: asgeotec@yahoo.com	RUC: 20605616713 Revisión: 01

DISEÑO DE MEZCLAS DE MORTERO
 DISEÑO: 1 c = 280 Kg/cm²

CANTIDAD DE MATERIALES POR METRO CUBICO DE MORTERO
 (CEMENTO - ARENA - AGUA)

SOLICITADO : Carlos Emmanuel Mora Angeles
UNIVERSIDAD : "Cesar Vallejo"
TITULO DE TESIS: "Efecto de la Sustitución del Agregado fino Natural por Relave Minero en las Propiedades Físico-Mecánicas de un Mortero para Relleno Estructural, Caraz, 2023"
FECHA : 2 de Junio de 2023

CANTIDAD DE MATERIAL x M³ (sin desperdicios)

CEMENTO	=	11.95	bolsas	
ARENA	=	1.01	m ³	
AGUA	=	0.16	m ³	= 162 Litros

CANTIDAD DE MATERIAL EN PESO : para una briqueta de 12.0 Kg. (sin desperdicios)

CEMENTO	=	2.7	Kg.
ARENA	=	9.3	Kg.
AGUA	=	5.9	ml.

NOTA:

- * El diseño de mezclas calculado, se realizó con arena muestreada y entregada al laboratorio por el solicitante.
- * La selección de las proporciones del concreto se realizó mediante el procedimiento señalado por CAPECO para el aporte unitario de materiales para morteros.
- * El presente diseño calculado, debe ser verificado en obra preparando mezclas de pruebas para ser sometidas a ensayos de resistencia a compresión axial, a fin de efectuar los ajustes necesarios.


ASGEOTEC
 Lab. Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentación
FERNANDO E. ITARODRIGUEZ
 Ingeniero Civil CIPN° 83948
 Maestría en Geotécnica



ASGEOTEC GEOTECNIA Y CONSTRUCCION EIRL
LABORATORIO DE MATERIALES
 Consultorías, Supervisión y Ejecución de Obras



OFICINAS Y LABORATORIO:
 J. Los Jazmines 3ra cdra. S/N. - Urb. Villon Alto Ms. 172 Lot. 6 - Huaraz - Ancash
 Tel: 943692631, 943492123, (043)426317
 Email: asgeotec@yahoo.com

RUC: 20605616713

Revisión: 01

SOLICITADO POR: Carlos Emmanuel Mora Angeles
 UNIVERSIDAD : "Cesar Vallejo"
 TITULO DE TESIS: "Efecto de la Sustitución del Agregado fino Natural por Relave Minero en las Propiedades Fisico-Mecánicas de un Mortero, Caraz, 2023"
 CANTERA : Pueblo Libre
 UBICACIÓN: Pueblo Libre -Huaylas
 MUESTRA : MA - 01
 MATERIAL : Arena Gruesa
 FECHA : 1 de Junio de 2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 ASTM C-136

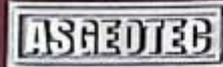
AGREGADO FINO (A.F.) PT=		2,771.00				grs.
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	23.40	0.84	0.84	99.16	
3/8"	9.525	58.70	2.12	2.96	97.04	
# 4	4.760	335.50	12.11	15.07	84.93	
# 8	2.380	527.50	19.04	34.11	65.89	
# 16	1.190	640.40	23.11	57.22	42.78	
# 30	0.590	440.00	15.86	73.10	26.90	
# 50	0.297	404.40	14.59	87.69	12.31	
# 100	0.149	238.70	8.61	96.30	3.70	
# 200	0.074	70.80	2.56	98.86	1.14	
<# 200	0.000	31.60	1.14	100.00	0.00	



OBSERVACIONES:

* Las muestras de los agregados fueron entregadas al laboratorio por el solicitante.

ASGEOTEC
 Lab: Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos
 FERNANDO E. ITA RODRIGUEZ
 Ingeniero Civil CIP N° 63948
 Maestro en Geotécnica

	ASGEOTEC GEOTECNIA Y CONSTRUCCION EIRL LABORATORIO DE MATERIALES Consultorías, Supervisión y Ejecución de Obras	
	ORIGEN Y LABORATORIO: Jr. Los Jazmines 3ra c/cta. 5ta. - Urb. Villon Alto Ms. 172 Lot. 6 - Huacra - Arequipa Tel: 943692631, 943492123, (043)426317 Email: asgeotec@yahoo.com	RUC: 20605616713 Revisión: 01

SOLICITADO POR: Carlos Emmanuel Mora Angeles UNIVERSIDAD : "Cesar Vallejo" TITULO DE TESIS: "Efecto de la Sustitución del Agregado fino Natural por Relave Minero en las Propiedades Físico-Mecánicas de un Mortero para Relleno Estructural, Caraz, 2023"	CANTERA : Pueblo Libre UBICACIÓN: Pueblo Libre - Huaylas MUESTRA : MA - 01 MATERIAL : Arena Gruesa FECHA : 1 de Junio de 2023
---	--

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D-2216

MATERIAL	Arena Gruesa	
	MA - 01	
MUESTRA		
PROFUNDIDAD (m.)	-	
FRASCO N°	13	10
(1) Ph. + P.S.H. (gr.)	816.60	831.60
(2) Ph. + P.S.S. (gr.)	795.80	809.10
(3) P. agua (gr.) (1)-(2)	20.80	22.50
(4) Ph. (gr.)	175.50	150.70
(5) P.S.S. (gr.) (2)-(4)	620.30	658.40
(6) C. Humedad (%) (3)/(5)	3.35	3.42
Contenido Hum. Promedio (%)	3.39	

NOTA:

- Ph. = Peso del frasco
- P.S.H. = Peso de Suelo Húmedo
- P.S.S. = Peso de Suelo Seco
- P. agua = Peso de agua

OBSERVACIONES :

* Las muestras de los agregados fueron entregadas al laboratorio por el solicitante.


ASGEOTEC
 Lab. Mecánica de Suelos, Cimentación y Pavimentación
FERNANDO E. ITA RODRIGUEZ
 Ingeniero Civil CIP N° 83948
 Maestría en Geotécnica

	ASGEOTEC GEOTECNIA Y CONSTRUCCION EIRL LABORATORIO DE MATERIALES Consultorías, Supervisión y Ejecución de Obras	
	OFICINAS Y LABORATORIO: Jt. Los Jazmines 3ra c/da. 5/7A. - Urb. Villón Año Am. 172 Lot. 6 - Huancayo - Ancash Telf.: 943492631, 943492123, (043)426317 Email: asgeotec@yahoo.com	RUC: 20605616713 Revisión: 01

SOLICITADO POR: Carlos Emmanuel Mora Angeles UNIVERSIDAD : "Cesar Vallejo" TITULO DE TESIS: "Efecto de la Sustitución del Agregado fino Natural por Relave Minero en las Propiedades Físico-Mecánicas de un Mortero de Albañilería, Cañaz, 2023"	CANTERA : Pueblo Libre UBICACIÓN: Pueblo Libre - Huaylas MUESTRA : MA - 01 MATERIAL : Arena Gruesa FECHA : 1 de Junio de 2023
---	--

**PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS
ASTM C-29**

TIPO DE PESO UNITARIO MUESTRA PROFUNDIDAD (m.)	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO VARILLADO		
	MA-01			MA-01		
FRASCO Nº	2	2	2	2	2	2
Peso del Material + Molde (gr.)	21.223 0	21.206 0	21.212 0	23.297 0	23.264 0	23.292 0
Peso del Molde (gr.)	4.235 0	4.235 0	4.235 0	4.235 0	4.235 0	4.235 0
Peso del Material (gr.)	16.988 0	16.971 0	16.977 0	19.062 0	19.049 0	19.057 0
Volumen del Molde (cm³)	9.728 8	9.728 8	9.728 8	9.728 8	9.728 8	9.728 8
Peso Unitario (gr/cm³)	1.745	1.744	1.745	1.959	1.958	1.959
Peso Unitario Promedio (gr/cm³)	1.745			1.959		

OBSERVACIONES :

* Las muestras de los agregados fueron entregadas al laboratorio por el solicitante.


ASGEOTEC
 Lab. Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos
FERNANDO E. ITA RODRIGUEZ
 Ingeniero Civil CIP Nº 83848
 Maestría en Geotécnica

	ASGEOTEC GEOTECNIA Y CONSTRUCCION EIRL LABORATORIO DE MATERIALES Consultorías, Supervisión y Ejecución de Obras	
	OFICINAS Y LABORATORIO: Jr. Los Jazmines 3ra cdra. 5/N. - Urb. Vilon Alto Ms. 172 Lof. 4 - Huoraz - Ancash Tel: 943692631, 943492123, (043)426317 Email: asgeotec@yahoo.com	RUC: 20605616713 Revisión: 01

SOLICITADO POR: Carlos Emmanuel Mora Angeles UNIVERSIDAD : "Cesar Vallejo" TITULO DE TESIS: "Efecto de la Sustitución del Agregado fino Natural por Relave Minero en las Propiedades Físico-Mecánicas de un Mortero para Refeno Estructural, Caraz, 2023"	CANTERA : Pueblo Libre UBICACIÓN: Pueblo Libre - Huaylas MUESTRA : MA - 01 MATERIAL : Arena Gruesa FECHA : 1 de Junio de 2023
--	--

PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO
 ASTM C-128

Picnómetro N° : 01
 Temperatura : 17.5 °C

<u>DATOS:</u>			
A : Peso al aire de la muestra desecada	=	494.90	gr.
B : Peso del picnómetro aforado lleno de agua	=	660.60	gr.
C : Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua	=	969.30	gr.
S : Peso de la muestra saturada, con superficie seca	=	500.00	gr.
<u>RESULTADOS:</u>			
PESO ESPECÍFICO NOMINAL	=	$\frac{A}{B + A - C}$	= 2.658
PESO ESPECÍFICO APARENTE	=	$\frac{A}{B + S - C}$	= 2.587
PESO ESPECÍFICO APARENTE (S.S.S.)	=	$\frac{S}{B + S - C}$	= 2.614
ABSORCIÓN DE AGUA EN PORCENTAJE	=	$\frac{S - A}{A} \times 100$	= 1.03
<u>OBSERVACIONES:</u>			
* Las muestras de los agregados fueron entregadas al laboratorio por el solicitante.			

ASGEOTEC,
 Lab. Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimento:

FERNANDO E. ITA RODRIGUEZ
 Ingeniero Civil CIP N° 83948
 Maestría en Geotecnia



ASGEOTEC GEOTECNIA Y CONSTRUCCION EIRL
LABORATORIO DE MATERIALES
 Consultorías, Supervisión y Ejecución de Obras

ASGEOTEC

Informe de ensayo:
ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS
 Norma: NTP 339.034-2008, ASTM C-39, AASHTO T-22

Rev: 01
 Código: AGC-CB-71-01-22
 Página 1

INFORMACION DEL PROYECTO

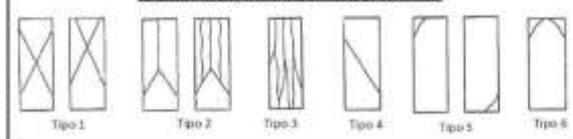
Solicitante: Carlos Emmanuel Mora Angeles
 Universidad: "Cesar Vallejo"
 Título de Tesis: "Efecto de la sustitución del agregado fino natural por relleno minero en las propiedades físico-mecánicas de un mortero de para relleno estructural, Caraz, 2023"

INFORME DE ENSAYO

DATOS DE LA PROBETA:

Tipo de Probeta: Probetas de concreto cilíndricas
 Dimensiones de la probeta:
 Altura (cm.) = 30.00
 Diámetro (cm) = 15.00

ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPOS DE FRACTURA



N°	CÓD.	PROBETA DESCRIPCIÓN	DISEÑO (Kg/cm ²)	FECHA		EDAD (Días)	CARGA		AREA (cm ²)	TIPO DE FRACT.	f _c		f _c /f _c (%)
				MOLDEO	ROTURA		Kgt	KN			Kgt/cm ²	Mpa	
1	--	Mortero - Muestra Patrón N° 01	280	04/Jun/2023	11/Jun/2023	7	41,352	405.5	176.7	3	234.0	22.9	83.6%
2	--	Mortero - Muestra Patrón N° 01	280	04/Jun/2023	11/Jun/2023	7	39,785	390.2	176.7	3	225.2	22.1	80.4%
3	--	Mortero - Muestra Patrón N° 01	280	04/Jun/2023	11/Jun/2023	7	40,803	400.1	176.7	3	230.9	22.6	82.5%

OBSERVACIONES:

* Las muestras de probetas de concreto y sus datos correspondientes fueron entregadas al laboratorio por el solicitante, para su respectivo ensayo a compresión.

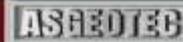
* El ensayo de resistencia a compresión de los testigos cilíndricos de concreto se efectuó de acuerdo a la Norma ITINTEC 339.034.

ASGEOTEC
 Lab. Mecánica de Suelos, Construcción y Pavimentos

FERNANDO E. ITA RODRIGUEZ
 Ingeniero Civil Civil 12048
 Muestrero en Construcción



ASGEOTEC GEOTECNIA Y CONSTRUCCION EIRL
LABORATORIO DE MATERIALES
 Consultorías, Supervisión y Ejecución de Obras



Nombre de ensayo:
**ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA
 A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS**
 Norma: NTP 339.034-2008, ASTM C-39, AASHTO T-22

Rev: 01
 Código: AGC-CB-71-01-22
 Página 1

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

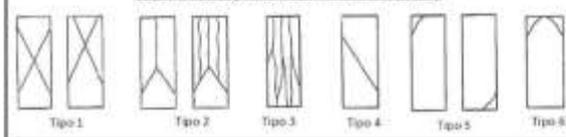
Solicitante: Carlos Emmanuel Mora Angeles
 Universidad: "Cesar Vallejo"
 Título de Tesis: "Efecto de la sustitución del agregado fino natural por relave minero en las propiedades físico-mecánicas de un mortero para relleno estructural, Caraz, 2023"

INFORME DE ENSAYO

DATOS DE LA PROBETA:

Tipo de Probeta: Probetas de concreto cilíndricas
 Dimensiones de la probeta:
 Altura (cm.) = 30.00
 Diámetro (cm) = 15.00

ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPOS DE FRACTURA



N°	CÓD.	PROBETA DESCRIPCIÓN	DISEÑO (Kg/ftm ²)	FECHA		EDAD (días)	CARGA		AREA (cm ²)	TIPO DE FRACT.	f _c		f _c /f _c (%)
				MOLDED	ROTURA		Kgt	KN			Kgf./cm ²	Mpa	
1	--	Sustitución del 3% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	14/Jun/2023	7	39,980	392.1	178.7	3	226.3	22.2	80.8%
2	--	Sustitución del 5% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	14/Jun/2023	7	39,920	391.5	178.7	3	225.9	22.2	80.7%
3	--	Sustitución del 5% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	14/Jun/2023	7	37,510	367.8	178.7	3	212.3	20.8	75.8%

OBSERVACIONES:

* Las muestras de probetas de concreto y sus datos correspondientes fueron entregadas al laboratorio por el solicitante, para su respectivo ensayo a compresión.

* El ensayo de resistencia a compresión de los testigos cilíndricos de concreto se efectuó de acuerdo a la Norma ITINTEC 339.034.

ASGEOTEC
 Lab. Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

FERNANDO E. ITA RODRIGUEZ
 Ingeniero Civil C-00000003349
 Muestrita en Oficina

DINAS Y LABORATORIO:

Av. Jazmines 3ra. etapa, S/N - Urb. Villón Alto Mz. 172 Lt. 6 - Huaraz - Ancash
 : 943662631, 943492123, (043)426317.
 e: asgeotec@yahoo.com
 : 20605616713



ASGEOTEC GEOTECNIA Y CONSTRUCCION EIRL
LABORATORIO DE MATERIALES
 Consultorías, Supervisión y Ejecución de Obras



Informe de ensayo:
ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS
 Norma: NTP 339.034-2008, ASTM C-39, AASHTO T-22

Rev: 01
 Código: AGC-CB-71-01-22
 Página 1

INFORMACION DEL PROYECTO

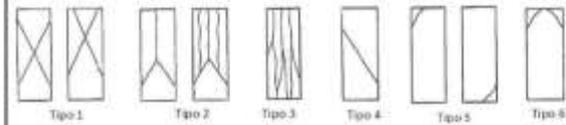
Solicitante: Carlos Emmanuel Mora Angeles
 Universidad: "Cesar Vallejo"
 Título de Tesis: "Efecto de la sustitución del agregado fino natural por relave minero en las propiedades físico-mecánicas de un mortero para relleno estructural, Caraz, 2023"

INFORME DE ENSAYO

DATOS DE LA PROBETA:

Tipo de Probeta: Probetas de concreto cilíndricas
 Dimensiones de la probeta:
 Altura (cm.) = 30.00
 Diámetro (cm) = 15.00

ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPOS DE FRACTURA



N°	CÓD.	PROBETA DESCRIPCIÓN	DISEÑO (Kg/cm ²)	FECHA		EDAD (días)	CARGA		AREA (cm ²)	TIPO DE FRACT.	f _c		f _c /f _{c0} (%)
				MOLEDEO	ROTURA		Kgt	KN			Kgt/cm ²	Mpa	
1	--	Sustitución del 10% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	14/Jun/2023	7	36,170	354.7	176.7	3	204.7	20.1	73.1%
2	--	Sustitución del 10% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	14/Jun/2023	7	37,305	365.8	176.7	3	211.1	20.7	75.4%
3	--	Sustitución del 10% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	14/Jun/2023	7	39,175	384.2	176.7	3	221.7	21.7	79.2%

OBSERVACIONES:

* Las muestras de probetas de concreto y sus datos correspondientes fueron entregadas al laboratorio por el solicitante, para su respectivo ensayo a compresión.

* El ensayo de resistencia a compresión de los testigos cilíndricos de concreto se efectuó de acuerdo a la Norma ITINTEC 339.034.

ASGEOTEC
 Lab. Mecánica de Suelos, Control y Asesoría
 FERNANDO E. ITA RODRIGUEZ
 Ingeniero Civil Geotecnia
 Maestro en Geotecnia

DINAS Y LABORATORIO:
 Jazmines 3ra cdra. S/N - Urb. Villón Alto Mz. 172 Lt. 6 - Huaraz - Ancash
 : 94362631, 943492123, (043)426317.
 E: asgeotec@yahoo.com
 T: 20005616713



ASGEOTEC GEOTECNIA Y CONSTRUCCION EIRL
LABORATORIO DE MATERIALES
 Consultorías, Supervisión y Ejecución de Obras



Informe de ensayo:
ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS
 Norma: NTP 339.034-2008, ASTM C-39, AASHTO T-22

Rev: 01
 Código: AGC-CB-71-01-22
 Página 1

INFORMACION DEL PROYECTO

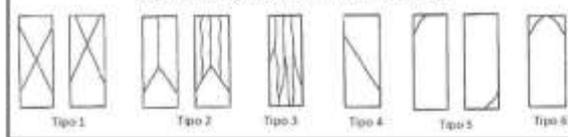
Solicitante: Carlos Emmanuel Mora Angeles
 Universidad: "Cesar Vallejo"
 Título de Tesis: "Efecto de la sustitución del agregado fino natural por relave minero en las propiedades físico-mecánicas de un mortero para relleno estructural, Caraz, 2023"

INFORME DE ENSAYO

DATOS DE LA PROBETA:

Tipo de Probeta: Probetas de concreto cilíndricas
 Dimensiones de la probeta:
 Altura (cm.) = 30.00
 Diámetro (cm) = 15.00

ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPOS DE FRACTURA



N°	CÓD.	PROBETA DESCRIPCIÓN	DISEÑO (Kg/cm ²)	FECHA		EDAD (días)	CARGA		AREA (cm ²)	TIPO DE FRACT.	f _c		f _c /f _{c0} (%)
				MOLEDEO	ROTURA		Kgf	KN			Kgf/cm ²	Mpa	
1	--	Sustitución del 15% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	14/Jun/2023	7	35,117	344.4	176.7	3	198.7	19.5	71.0%
2	--	Sustitución del 15% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	14/Jun/2023	7	36,270	355.7	176.7	3	205.3	20.1	73.3%
3	--	Sustitución del 15% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	14/Jun/2023	7	34,439	357.3	176.7	3	206.2	20.2	73.6%

OBSERVACIONES:

* Las muestras de probetas de concreto y sus datos correspondientes fueron entregadas al laboratorio por el solicitante, para su respectivo ensayo a compresión.

* El ensayo de resistencia a compresión de los testigos cilíndricos de concreto se efectuó de acuerdo a la Norma ITINTEC 339.034.

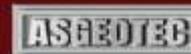
ASGEOTEC
 Lab. Mecánica de Suelos, Control y Materiales

FERNANDO E. ITA RODRIGUEZ
 Ingeniero Civil C-1905-63848
 Muestreo en Geotecnia

DINAS Y LABORATORIO:
 Jirón Jaimes 3ra cdra. S/N - Urb. Villón Alto Mz. 172 Lt. 6 - Huaraz - Ancash
 T: 943862631, 943492123, (043)426317.
 E: asgeotec@yahoo.com
 T: 20005616713



ASGEOTEC GEOTECNIA Y CONSTRUCCION EIRL
LABORATORIO DE MATERIALES
 Consultorías, Supervisión y Ejecución de Obras



Informe de ensayo:
ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS
 Norma: NTP 339.034-2008, ASTM C-39, AASHTO T-22

Rev: 01
 Código: AGC-CB-71-01-22
 Página 1

INFORMACION DEL PROYECTO

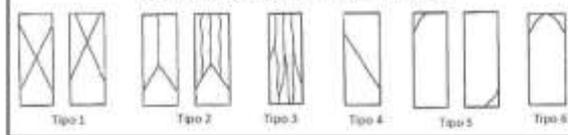
Solicitante: Carlos Emmanuel Mora Angeles
 Universidad: "Cesar Vallejo"
 Título de Tesis: "Efecto de la sustitución del agregado fino natural por relieve mineral en las propiedades físico-mecánicas de un mortero para relleno estructural, Caraz, 2023"

INFORME DE ENSAYO

DATOS DE LA PROBETA:

Tipo de Probeta: Probetas de concreto cilíndricas
 Dimensiones de la probeta:
 Altura (cm.) = 30.00
 Diámetro (cm) = 15.00

ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPOS DE FRACTURA



N°	CÓD.	PROBETA DESCRIPCIÓN	DISEÑO (Kg/cm ²)	FECHA		EDAD (días)	CARGA		AREA (cm ²)	TIPO DE FRACT.	f _c		f _c /f _c (%)
				MOLEDEO	ROTURA		Kgt	KN			Kgt/cm ²	Mpa	
1	--	Mortero - Muestra Patrón N° 01	280	04/Jun/2023	18/Jun/2023	14	46,297	454.0	176.7	4	262.0	25.7	93.6%
2	--	Mortero - Muestra Patrón N° 01	280	04/Jun/2023	18/Jun/2023	14	44,916	440.5	176.7	3	254.2	24.9	90.8%
3	--	Mortero - Muestra Patrón N° 01	280	04/Jun/2023	18/Jun/2023	14	45,832	449.5	176.7	3	259.4	25.4	92.6%

OBSERVACIONES:

* Las muestras de probetas de concreto y sus datos correspondientes fueron entregadas al laboratorio por el solicitante, para su respectivo ensayo a compresión.

* El ensayo de resistencia a compresión de los testigos cilíndricos de concreto se efectuó de acuerdo a la Norma ITINTEC 339.034.

ASGEOTEC
 Lab. Mecánica de Suelos, Cimentación y Pavimentos

FERNANDO E. ITA RODRIGUEZ
 Ingeniero Civil C-11910-52948
 Matriculado en Iquitos

DINAS Y LABORATORIO:

Las Jazmines 3ra cdra. S/N - Urb. Villón Alto Mz. 172 Lt. 6 - Huaraz - Ancash
 T: 943862631, 943492123, (043)426317.
 E: asgeotec@yahoo.com
 T: 20005616713



ASGEOTEC GEOTECNIA Y CONSTRUCCION EIRL
LABORATORIO DE MATERIALES
Consultorías, Supervisión y Ejecución de Obras



Informe de ensayo:
**ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA
A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS**
Norma: NTP 339.034-2008, ASTM C-39, AASHTO-T-22

Rev: 01
Codigo: AGC-CB-71-01-22
Pagina 1

INFORMACION DEL PROYECTO

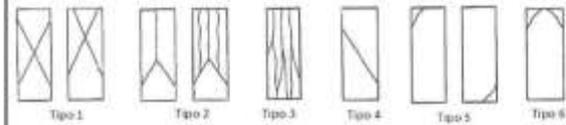
Solicitante: Carlos Emmanuel Mora Angeles
Universidad: "Cesar Vallejo"
Título de Tesis: "Efecto de la sustitución del agregado fino natural por relave minero en las propiedades físico-mecánicas de un mortero para relleno estructural, Caraz, 2023"

INFORME DE ENSAYO

DATOS DE LA PROBETA:

Tipo de Probeta: Probetas de concreto cilíndricas
Dimensiones de la probeta:
Altura (cm.) = 30.00
Diámetro (cm) = 15.00

ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPOS DE FRACTURA



N°	CÓD.	PROBETA DESCRIPCIÓN	DISEÑO (Kg/cm ²)	FECHA		EDAD (Días)	CARGA		AREA (cm ²)	TIPO DE FRACT.	f _c		f _c /f _c (%)
				MOLDEO	ROTURA		Kgf	KN			Kgf/cm ²	Mpa	
1	--	Sustitución del 5% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	21/Jun/2023	14	41.074	402.8	176.7	3	232.5	22.8	83.0%
2	--	Sustitución del 5% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	21/Jun/2023	14	42.008	412.0	176.7	3	237.7	23.3	84.9%
3	--	Sustitución del 5% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	21/Jun/2023	14	40.082	393.1	176.7	3	226.8	22.2	81.0%

OBSERVACIONES:

* Las muestras de probetas de concreto y sus datos correspondientes fueron entregadas al laboratorio por el solicitante, para su respectivo ensayo a compresión.

* El ensayo de resistencia a compresión de los testigos cilíndricos de concreto se efectuó de acuerdo a la Norma ITINTEC 339.034.

ASGEOTEC
Lab. Alébrica de Suelos, Concreto y Asfalto
FERNANDO E. ITA RODRIGUEZ
Ingeniero Civil CURP: 82048
Máster en Construcción

DINAS Y LABORATORIO:

Av. Jazmines 3ra cdra. S/N - Urb. Villon Alto Mz. 172 Lt. 6 - Huaraz - Ancash
Tel: 843662631, 843492123, (043)426317.
E: asgeotec@yahoo.com
T: 20005616713



ASGEOTEC GEOTECNIA Y CONSTRUCCION EIRL
LABORATORIO DE MATERIALES
 Consultorías, Supervisión y Ejecución de Obras



Informe de ensayo:
ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS
 Norma: NTP 339.034-2008, ASTM C-39, AASHTO T-22

Rev: 01
 Código: AGC-CB-71-01-22
 Página 1

INFORMACION DEL PROYECTO

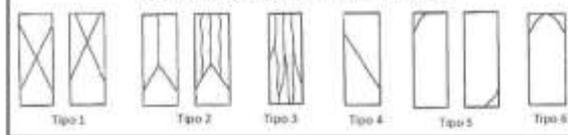
Solicitante: Carlos Emmanuel Mora Angeles
 Universidad: "Cesar Vallejo"
 Título de Tesis: "Efecto de la sustitución del agregado fino natural por relave minero en las propiedades físico-mecánicas de un mortero para relleno estructural, Caraz, 2023"

INFORME DE ENSAYO

DATOS DE LA PROBETA:

Tipo de Probeta: Probetas de concreto cilíndricas
 Dimensiones de la probeta:
 Altura (cm.) = 30.00
 Diámetro (cm) = 15.00

ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPOS DE FRACTURA



N°	CÓD.	PROBETA DESCRIPCIÓN	DISEÑO (Kg/cm ²)	FECHA		EDAD (días)	CARGA		AREA (cm ²)	TIPO DE FRACT.	f _c		f _c /f _c (%)
				MOLDEO	ROTURA		Kgf	KN			Kgf/cm ²	Mpa	
1	--	Sustitución del 10% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	21/Jun/2023	14	44,585	437.2	176.7	3	252.3	24.7	90.1%
2	--	Sustitución del 10% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	21/Jun/2023	14	44,962	440.9	176.7	3	254.5	25.0	90.9%
3	--	Sustitución del 10% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	21/Jun/2023	14	43,655	428.1	176.7	3	247.1	24.2	88.2%

OBSERVACIONES:

* Las muestras de probetas de concreto y sus datos correspondientes fueron entregadas al laboratorio por el solicitante, para su respectivo ensayo a compresión.

* El ensayo de resistencia a compresión de los testigos cilíndricos de concreto se efectuó de acuerdo a la Norma ITINTEC 339.034.

ASGEOTEC
 Lab. Materiales de Suelos, Concreto y Asfaltos

FERNANDO E. ITA RODRIGUEZ
 Ingeniero Civil CIP 107 43948
 Matricado en Geotecnia

DINAS Y LABORATORIO:
 Jirón Jaimes 3ra cdra. S/N - Urb. Villón Alto Mz. 172 Lt. 6 - Huaraz - Ancash
 T: 943862631, 943492123, (043)426317.
 E: asgeotec@yahoo.com
 T: 20005616713



ASGEOTEC GEOTECNIA Y CONSTRUCCION EIRL
LABORATORIO DE MATERIALES
 Consultorías, Supervisión y Ejecución de Obras



Informe de ensayo:
ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS
 Norma: NTP 339.034-2008, ASTM C-39, AASHTO-T-22

Rev: 01
 Código: AGC-CB-71-01-22
 Página 1

INFORMACION DEL PROYECTO

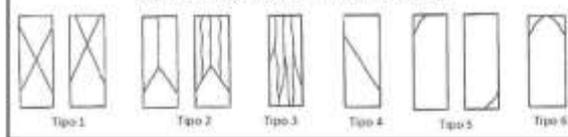
Solicitante: Carlos Emmanuel Mora Angeles
 Universidad: "Cesar Vallejo"
 Título de Tesis: "Efecto de la sustitución del agregado fino natural por relave minero en las propiedades físico-mecánicas de un mortero para relleno estructural, Caraz, 2023"

INFORME DE ENSAYO

DATOS DE LA PROBETA:

Tipo de Probeta: Probetas de concreto cilíndricas
 Dimensiones de la probeta:
 Altura (cm.) = 30.00
 Diámetro (cm) = 15.00

ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPOS DE FRACTURA



N°	CÓD.	PROBETA DESCRIPCIÓN	DISEÑO (Kg/cm ²)	FECHA		EDAD (Días)	CARGA		ÁREA DE FRACT. (cm ²)	f _c		f _c /f _{c0} (%)	
				MOLDEO	ROTURA		Kgf	KN		Kgf/cm ²	Mpa		
1	--	Sustitución del 15% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	21/Jun/2023	14	40,656	398.7	176.7	3	230.1	22.6	82.2%
2	--	Sustitución del 15% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	21/Jun/2023	14	39,512	387.5	176.7	2	223.6	21.9	79.9%
3	--	Sustitución del 15% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	21/Jun/2023	14	40,482	397.0	176.7	3	229.1	22.5	81.8%

OBSERVACIONES:

* Las muestras de probetas de concreto y sus datos correspondientes fueron entregadas al laboratorio por el solicitante, para su respectivo ensayo a compresión.

* El ensayo de resistencia a compresión de los testigos cilíndricos de concreto se efectuó de acuerdo a la Norma ITINTEC 339.034.

ASGEOTEC
 Lab. Mecánica de Suelos, Geotecnia y Pavimentos

FERNANDO E. ITZA RODRIGUEZ
 Ingeniero Civil (D.N.º) 83949
 Membrete en Geotecnia

DINAS Y LABORATORIO:
 Jirón Jaimes 3ra cdra. S/N - Urb. Villón Alto Mz. 172 Lt. 6 - Huaraz - Ancash
 T: 843662631, 843492123, (043)426317.
 E: asgeotec@yahoo.com
 T: 20005616713



ASGEOTEC GEOTECNIA Y CONSTRUCCION EIRL
LABORATORIO DE MATERIALES
 Consultorías, Supervisión y Ejecución de Obras



Informe de ensayo:
ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS
 Norma: NTP 339.034-2008, ASTM C-39, AASHTO-T-22

Rev: 01
 Código: AGC-CB-71-01-22
 Página 1

INFORMACION DEL PROYECTO

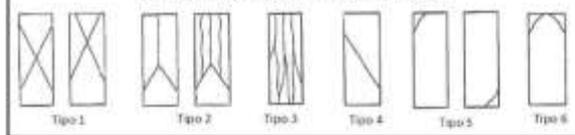
Solicitante: Carlos Emmanuel Mora Angeles
 Universidad: "Cesar Vallejo"
 Título de Tesis: "Efecto de la sustitución del agregado fino natural por relave minero en las propiedades físico-mecánicas de un mortero para relleno estructural, Caraz, 2023"

INFORME DE ENSAYO

DATOS DE LA PROBETA:

Tipo de Probeta: Probetas de concreto cilíndricas
 Dimensiones de la probeta:
 Altura (cm.) = 30.00
 Diámetro (cm) = 15.00

ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPOS DE FRACTURA



N°	CÓD.	PROBETA DESCRIPCIÓN	DISEÑO (Kg/cm ²)	FECHA		EDAD (DÍAS)	CARGA		ÁREA (cm ²)	TIPO DE FRACT.	f _c		f _c /f _{cd} (%)
				MOLDEO	ROTURA		Kgt	KN			Kgt/cm ²	Mpa	
1	--	Mortero - Muestra Patrón N° 01	280	04/Jun/2023	02/Jul/2023	28	53,390	523.6	176.7	4	303.2	29.6	107.9%
2	--	Mortero - Muestra Patrón N° 01	280	04/Jun/2023	02/Jul/2023	28	52,579	515.6	176.7	3	297.6	29.2	106.3%
3	--	Mortero - Muestra Patrón N° 01	280	04/Jun/2023	02/Jul/2023	28	53,782	527.4	176.7	3	304.3	29.8	108.7%

OBSERVACIONES:

* Las muestras de probetas de concreto y sus datos correspondientes fueron entregadas al laboratorio por el solicitante, para su respectivo ensayo a compresión.

* El ensayo de resistencia a compresión de los testigos cilíndricos de concreto se efectuó de acuerdo a la Norma ITINTEC 339.034.

ASGEOTEC
 Lab. Mecánica de Suelos, Geotecnia y Pavimentos

FERNANDO E. ITA RODRIGUEZ
 Ingeniero Civil CIV-10-52948
 Membrete en Tarjetas

DINAS Y LABORATORIO:
 Jirón Jaimes 3ra cdra. S/N - Urb. Villón Alto Mz. 172 Lt. 6 - Huaraz - Ancash
 : 943662631, 943492123, (043)426317.
 E: asgeotec@yahoo.com
 T: 20005616713



ASGEOTEC GEOTECNIA Y CONSTRUCCION EIRL
LABORATORIO DE MATERIALES
Consultorías, Supervisión y Ejecución de Obras

ASGEOTEC

Informe de ensayo:
**ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA
A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS**
Norma: NTP 339.034-2008, ASTM C-39, AASHTO-T-22

Rev: 01
Codigo: AGC-CB-71-01-22
Pagina 1

INFORMACION DEL PROYECTO

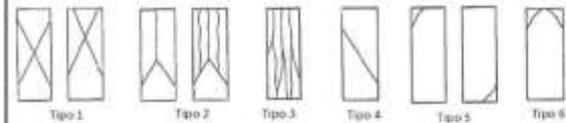
Solicitante: Carlos Enmanuel Mora Angeles
Universidad: "Cesar Vallejo"
Título de Tesis: "Efecto de la sustitución del agregado fino natural por relave minero en las propiedades físico-mecánicas de un mortero para relleno estructural, Caraz, 2023"

INFORME DE ENSAYO

DATOS DE LA PROBETA:

Tipo de Probeta: Probetas de concreto cilíndricas
Dimensiones de la probeta:
Altura (cm.) = 30.00
Diámetro (cm) = 15.00

ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPOS DE FRACTURA



N°	CÓD.	PROBETA DESCRIPCIÓN	DISEÑO (Kg/cm ²)	FECHA		EDAD (DÍAS)	CARGA		AREA (cm ²)	TIPO DE FRACT.	f _c		f _c /f _c (%)
				MOLDEO	ROTURA		Kgf	KN			Kgf/cm ²	Mpa	
1	--	Sustitución del 5% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	05/Jul/2023	28	46,640	477.0	176.7	3	275.3	27.0	98.3%
2	--	Sustitución del 5% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	05/Jul/2023	28	49,124	481.7	176.7	3	278.0	27.3	99.3%
3	--	Sustitución del 5% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	05/Jul/2023	28	49,433	484.8	176.7	3	279.8	27.4	99.8%

OBSERVACIONES:

* Las muestras de probetas de concreto y sus datos correspondientes fueron entregadas al laboratorio por el solicitante, para su respectivo ensayo a compresión.

* El ensayo de resistencia a compresión de los testigos cilíndricos de concreto se efectuó de acuerdo a la Norma ITINTEC 339.034.

ASGEOTEC
Lab. Alébrica de Suelos, Concreto y Pavimentos
FERNANDO E. ITA RODRIGUEZ
Ingeniero Civil CURP: 82048
Mesa de Partes

DINAS Y LABORATORIO:

Av. Jazmines 3ra cdra. S/N - Urb. Villón Alto Mz. 172 Lt. 6 - Huaraz - Ancash
Tel: 943662631, 943492123, (043)426317.
E: asgeotec@yahoo.com
T: 20005616713



ASGEOTEC GEOTECNIA Y CONSTRUCCION EIRL
LABORATORIO DE MATERIALES
 Consultorías, Supervisión y Ejecución de Obras



Informe de ensayo:
ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS
 Norma: NTP 339.034-2008, ASTM C-39, AASHTO T-22

Rev: 01
 Código: AGC-CB-71-01-22
 Página 1

INFORMACION DEL PROYECTO

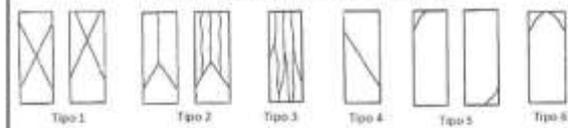
Solicitante: Carlos Emmanuel Mora Angeles
 Universidad: "Cesar Vallejo"
 Título de Tesis: "Efecto de la sustitución del agregado fino natural por relave minero en las propiedades físico-mecánicas de un mortero para relleno estructural, Caraz, 2023"

INFORME DE ENSAYO

DATOS DE LA PROBETA:

Tipo de Probeta: Probetas de concreto cilíndricas
 Dimensiones de la probeta:
 Altura (cm.) = 30.00
 Diámetro (cm) = 15.00

ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPOS DE FRACTURA



N°	CÓD.	PROBETA DESCRIPCIÓN	DISEÑO (Kg/cm ²)	FECHA		EDAD (días)	CARGA		AREA (cm ²)	TIPO DE FRACT.	f _c		f _c /f _{ck} (%)
				MOLDEO	ROTURA		Kgf	KN			Kgf/cm ²	Mpa	
1	--	Sustitución del 10% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	05/Jul/2023	28	50,869	498.8	176.7	3	287.9	28.2	102.8%
2	--	Sustitución del 10% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	05/Jul/2023	28	50,363	493.8	176.7	3	285.0	28.0	101.8%
3	--	Sustitución del 10% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	05/Jul/2023	28	52,797	517.8	176.7	3	298.8	29.3	106.7%

OBSERVACIONES:

* Las muestras de probetas de concreto y sus datos correspondientes fueron entregadas al laboratorio por el solicitante, para su respectivo ensayo a compresión.

* El ensayo de resistencia a compresión de los testigos cilíndricos de concreto se efectuó de acuerdo a la Norma ITINTEC 339.034.

ASGEOTEC
 Lab. Mecánica de Suelos, Control y Asesorías

FERNANDO E. ITA RODRIGUEZ
 Ingeniero Civil CIP 20,43648
 Matriculado en Geotecnia

DINAS Y LABORATORIO:

Av. Jaénines 3ra cdra. S/N - Urb. Villón Alto Mz. 172 Lt. 6 - Huaraz - Ancash
 T: 943862631, 943492123, (043)426317.
 E: asgeotec@yahoo.com
 T: 20605616713



ASGEOTEC GEOTECNIA Y CONSTRUCCION EIRL
LABORATORIO DE MATERIALES
Consultorías, Supervisión y Ejecución de Obras



Informe de ensayo:
**ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA
A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS**
Norma NTP 339.034-2008, ASTM C-39, AASHTO T-22

Rev: 01
Codigo: AGC-CB-71-01-22
Pagina 1

INFORMACION DEL PROYECTO

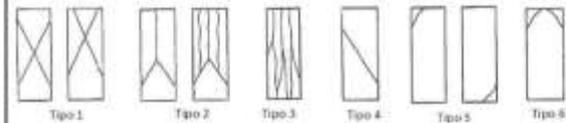
Solicitante: Carlos Emmanuel Mora Angeles
Universidad: "Cesar Vallejo"
Título de Tesis: "Efecto de la sustitución del agregado fino natural por relave minero en las propiedades físico-mecánicas de un mortero para relleno estructural, Caraz, 2023"

INFORME DE ENSAYO

DATOS DE LA PROBETA:

Tipo de Probeta: Probetas de concreto cilíndricas
Dimensiones de la probeta:
Altura (cm.) = 30.00
Diámetro (cm) = 15.00

ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPOS DE FRACTURA



N°	CÓD.	PROBETA DESCRIPCIÓN	DISEÑO (Kg/cm ²)	FECHA		EDAD (días)	CARGA		AREA (cm ²)	TIPO DE FRACT.	f _c		f _c /f _c (%)
				MOLDEO	ROTURA		Kgf	KN			Kgf/cm ²	Mpa	
1	--	Sustitución del 15% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	05/Jul/2023	28	49,831	488.7	176.7	3	282.0	27.7	100.7%
2	--	Sustitución del 15% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	05/Jul/2023	28	48,568	476.3	176.7	2	274.9	27.0	98.2%
3	--	Sustitución del 15% de Agregado Fino de Relave Minero	280	07/Jun/2023	05/Jul/2023	28	48,507	475.7	176.7	3	274.5	26.9	98.0%

OBSERVACIONES:

* Las muestras de probetas de concreto y sus datos correspondientes fueron entregadas al laboratorio por el solicitante, para su respectivo ensayo a compresión.

* El ensayo de resistencia a compresión de los testigos cilíndricos de concreto se efectuó de acuerdo a la Norma ITINTEC 339.034.

ASGEOTEC
Lab. Mecánica de Suelos, Control y Asesorías
FERNANDO E. IZA RODRIGUEZ
Ingeniero Civil Civilista Especialista
Muestreo en Geotecnia

DINAS Y LABORATORIO:
Jes. Jazmines 3ra. cdra. S/N - Urb. Villon Alto Mz. 172 Lt. 6 - Huaraz - Ancash
Tel: 943862631, 943492123, (043)426317.
E: asgeotec@yahoo.com
T: 20005616713



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

LabMinUNI-035-2023

INFORME PETROGRÁFICO

Norma ASTM C 295
Standard Guide for:
Petrographic Examination of Aggregates for Concrete

Solicitado por:

Mora Ángeles, Carlos Emmanuel

Proyecto de Tesis:

*Efecto de sustitución del agregado fino natural por
relave minero en las propiedades físico-mecánicas
de un mortero de albañilería*

Ubicación del Proyecto:
Caraz, Ancash

Muestra:

CMA_01

Julio, 2023



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 482-2174
Email: laboratoriomineralogia@uni.edu.pe
<http://www.figmm.uni.edu.pe>



Página 1 de 11



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

1.0. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO SOLICITADO

El estudio se realizó siguiendo las especificaciones formuladas por la norma "*ASTM C 295, Standard Guide Petrographic Examination of Aggregates for Concrete*"

Se desarrolló las evaluaciones a dos escalas para determinar el tipo de roca, a continuación, se detalla:

Macroscópica; describe las características de la muestra en dimensiones mayores iguales a 1 mm

Microscópica; describe las características de la muestra en dimensiones menores a 1 mm

2.0. METODOLOGÍA

Para cada caso se describirá los procedimientos seguidos:

2.1. Escala Macroscópica

Mediante observación a través del microscopio estereoscópico y de la lupa de 10X de aumento; se describe la morfología e interrelación de los componentes. Así mismo se identifica los minerales que la componen.

2.2. Escala Microscópica

La evaluación desde secciones delgadas permitirá el análisis correspondiente a la escala indicada mediante microscopía de luz polarizada.

Este análisis permitirá la identificación de los minerales que componen la muestra con lo cual se podrá determinar la clasificación, asignar el nombre de la roca y describir las características propias de la misma. En anexo se adjuntan fotomicrografías con la descripción correspondiente.

3.0. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA REMITIDA



La muestra remitida corresponde a agregado de granulometría fina (aproximada a Malla 100).

Los componentes presentan color gris oscuro en humedad y cambia a gris claro luego de secado. (Observar foto adjunta).



4.0. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 482-2174
Email: laboratoriomineralogia@uni.edu.pe
<http://www.figm.unsi.edu.pe>





Para efecto del presente análisis, se procederá con la determinación mineralógica con la finalidad de obtener información de los minerales primarios formadores de la roca y de ser el caso mineralogía libre.

Las vistas registran dos escenarios de la muestra en evaluación a diversa escala de observación para mostrar la variedad mineralógica.



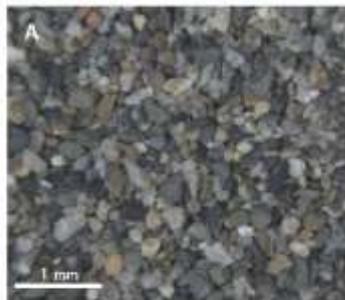
CMA 01



4.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES A ESCALA MACROSCÓPICA:

Principales características reconocibles en la muestra estudiada desde fragmentos representativos.

CMA 01



La muestra corresponde al agregado especificada en el rotulado de la muestra.

Se presenta el tamizado en dos dimensiones de mallas de acuerdo a las fotografías adjuntas.

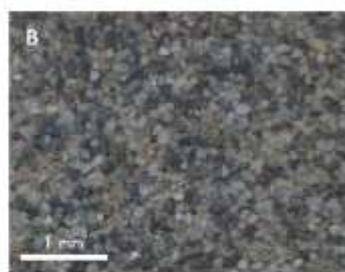
Las vistas presentan los contenidos en dos mallas:

A: Malla 50:

Se presenta variedad litológica entre rocas ígneas y metamórficas las cuales equilibran abundancia con cuarzo anhedral

B: Malla 100:

En orden de abundancia cuarzo anhedral, litología ígnea y finalmente litología metamórfica.



4.2. Características físicas y químicas para identificación mineralógica



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 482-2174
Email: laboratoriomineralogia@uni.edu.pe
<http://www.figmm.unsi.edu.pe>





TABLA NRO. 1. Características Físicas y Químicas de Minerales

Especie Mineral y/o Componente	Color	Forma	Dureza	Magnetismo	Reacciones Químicas
Cuarzo	Transparente	Anhedral	7	Ausente	No Reactivo
Granodiorita	Gris claro	Subredondeado	ND	Ausente	No Reactivo
Cuarcita	Claro	Subredondeado	ND	Ausente	No Reactivo
Diorita	Gris oscuro	Subredondeado	ND	Ausente	No Reactivo
Andesita	Gris verduzco	Subredondeado	ND	Ausente	No Reactivo
Mineralogía Metálica	Ausente				
Materia Orgánica	Ausente				

Abreviaturas. ND: No Determinado

5.0. Marco Teórico Referencial

La importancia y uso de este ensayo se expresa en lo siguiente:

- Determinar las características físicas y químicas del material que puede observarse por métodos petrográfico y que influyen en el rendimiento del material en su uso.
- Describir y clasificar los componentes de la muestra
- Determinar las cantidades relativas de los componentes de la muestra que son esenciales para una evaluación adecuada; cuando los componentes difieren significativamente en las propiedades que influyen en el rendimiento del material en su uso
- Comparar muestras de agregados de las nuevas fuentes con muestras de agregado de uno o más orígenes.

6.0. Resultados de Análisis Petrográfico

Las dimensiones de los componentes de la muestra, condicionaron a realizarlos macro e individual; adicionalmente la condición de roca poco alterada de la totalidad de la muestra no exigió empleo de estudios de mayor rigurosidad como difracción de rayos X.

A continuación, presentamos los resultados en el cuadro adjunto. Debemos indicar que en anexo adjunto se incluyen las fotografías que muestran los detalles y las descripciones correspondientes a cada una de las muestras.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

Tabla Nro. 02. Porcentaje en Peso de Componentes en cada fracción de Tamiz

Tamiz Ø (mm)	Tamiz # 3/8		Tamiz # 4		Tamiz # 12		Tamiz # 25		Tamiz # 50		Tamiz # 100		Tamiz > # 100	
Peso (g)	7.60		66.50		190.10		300.00		353.00		64.00		18.60	
Componentes / Especie Litológica	Peso	%	Peso	%	Peso	%	Peso	%	Peso	%	Peso	%	Peso	%
Cuarzo (Mineral Libre)	0.00	0.00	9.98	15.00	28.52	15.00	60.00	20.00	123.55	35.00	28.90	45.00	12.09	65.00
Granodiorita	3.90	50.00	9.98	15.00	47.53	25.00	45.00	15.00	52.95	15.00	16.00	25.00	0.00	0.00
Cuarcita	0.00	0.00	26.60	40.00	66.54	35.00	120.00	40.00	105.90	30.00	12.90	20.00	6.51	35.00
Diorita	1.95	25.00	16.63	25.00	28.52	15.00	45.00	15.00	52.95	15.00	3.20	5.00	0.00	0.00
Andesita	1.95	25.00	3.33	5.00	19.01	10.00	30.00	10.00	17.65	5.00	3.20	5.00	0.00	0.00
Totales	7.60	100.00	66.50	100.00	190.10	100.00	300.00	100.00	353.00	100.00	64.00	100.00	18.60	100.00

Cuadro Resumen	
Componentes / Especie Litológica	% Abu.
Cuarzo (Mineral Libre)	27.96
Granodiorita	20.71
Cuarcita	28.57
Diorita	14.29
Andesita	8.57
Totales	100.00

Peso de la Muestra en gramos:	1,000.00
-------------------------------	----------

Tabla Nro. 03. Determinación Petrográfica y Condición de Reactividad

Especie	Nombre / Denominación	% Abundancia	Condición de Reactividad
Mineral	Cuarzo (Mineral Libre)	27.96	No Reactiva
Roca Ígnea	Granodiorita	20.71	No Reactiva
Roca Metamórfica	Cuarcita	28.57	No Reactiva
Roca Ígnea	Diorita	14.29	No Reactiva
Roca Ígnea	Andesita	8.57	Potencialmente Reactiva

Norma Técnica: BSS Rock Classification Scheme, British Geological Survey Research Report / ASTM 295 C

Tabla Nro. 04. Equipos Empleados

Equipos	Cámaras	Software Captura de Imágenes
Olympus BX50	ACCU-Scope modelo AU-800-4K	CaptivaVision+
ACCU-Scope 375	Dino-Lite Edge model AM7119M2TW. 2.0	Software Dino Capture

Fuente: Laboratorio de Mineralogía, UNI



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
 Central telefónica 4811070 Anexo 4236
 Teléfono directo: 482-2174
 Email: laboratoriominerlogia@uni.edu.pe
 http://www.igmm.uni.edu.pe





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

7.0. CONCLUSIONES

La evaluación de la muestra CMA_01:

COMPOSICIÓN PETROGRÁFICA

Agregado compuesto por 40.40% de rocas ígneas y 39.60% de rocas metamórficas
Presenta cuarzo libre anhedral (mineral libre) en 27.86 % de abundancia

MINERALOGÍA:

Compuesto por: cuarzos libres anhedrales, mineralogía de rocas ígneas (cuarzo, plagioclasas, feldespatos y accesorio hornblenda) y mineralogía de rocas metamórficas (cuarzo).

MORFOLOGÍA:

Mayoritariamente subangulosos a subredondeados

ALTERACIÓN:

Ausencia de alteración hidrotermal.

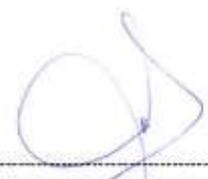
REACTIVIDAD SÍLICA ALCALÍ:

Existe presencia de andesita en 8.57 %, con lo cual propone condición de potencial reactivo.

Se recomienda Método de Ensayo Estándar para Reactividad potencial Alcalí-Sílice de Agregados (Método Químico) ASTM C 289; para evaluar el grado de potencialidad.

El presente reporte es producto de los estudios realizados en el laboratorio.
La muestra evaluada fue proporcionada por el solicitante

Sin otro particular


MSc Ing. César A. Mendoza Tarazona
Jefe (e) Laboratorio de Mineralogía



8.0. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM C294. Standard Descriptive Nomenclature for Constituents of Concrete Aggregates
- ASTM C295. Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete.



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 482-2174
Email: laboratoriomineralogia@uni.edu.pe
<http://www.figmm.uni.edu.pe>





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

LabMinUNI-035-2023

INFORME PETROGRÁFICO

Norma ASTM C 295
Standard Guide for:
Petrographic Examination of Aggregates for Concrete

Solicitado por:
Mora Ángela, Carlos Emmanuel

Proyecto de Tesis:
Efecto de sustitución del agregado fino natural por
relave minero en las propiedades físico-mecánicas
de un mortero de albañilería

Ubicación del Proyecto:
Caraz, Ancash
Muestra:
CMA_01

ANEXO I

DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA y ASOCIACIONES MINERALÓGICAS EN FOTOMICROGRAFÍAS

Julio, 2023



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 492-2174
Email: laboratorio@ingenieria.un.edu.pe



Figura 1 de 11



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

Código de Muestra:

CMA_01

Descripción Microscópica:



Foto: 01

Presencia mayoritaria de cristales de cuarzo anhedral de formas subangulares (35 %)

Fragmentos líticos	Abundancia
Granodiorita	10 %
Cuarzo	25 %
Diorita	15 %
Andesita	10 %

Descripción Microscópica:



Foto: 02

Distribución litológica heterogénea, reconociblese principalmente fragmentos subredondeados de cuarzo con pigmentación superficial de óxidos de Fe. Así mismo se aprecia la abundancia de cuarzo libre.



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 492-2174
Email: laboratorio@ingenieria.un.edu.pe
<http://www.ingenieria.un.edu.pe>



Figura 2 de 11



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Minerología

Código de Muestra:
CWA_01

Descripción Microscópica:



Foto: 03

Detalle de la litología fragmentos irregulares de cuarzo anhedral (cz) y subredondeados de diorita (di), andesita (an) y cuarzo (cz).

Descripción Microscópica:



Foto: 04

Distribución típica de la litología en la muestra



Rv. Túpac Amaru 210, Dpto 25, Perú
Carretera telefonica 4811020 Ateico 4335
Teléfono directo: 692-2134
Email: laboratorio.minerologia@uni.edu.pe
<http://www.fgrm.un.edu.pe>



Figura 11 de 11.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Minerología

Código de Muestra:
CWA_01

Descripción Microscópica:



Foto: 05

Detalle de la litología fragmentos irregulares de cuarzo anhedral (cz) y subredondeados de diorita (di), andesita (an), granodiorita (gr) y cuarzo (cz). Se observa morfología subredondeada en los fragmentos líticos a excepción del cuarzo que se presenta subangulosa.

Descripción Microscópica:



Foto: 06



Rv. Túpac Amaru 210, Dpto 25, Perú
Carretera telefonica 4811020 Ateico 4335
Teléfono directo: 692-2134
Email: laboratorio.minerologia@uni.edu.pe
<http://www.fgrm.un.edu.pe>



Figura 12 de 11.



Código de Muestra:
CWA_01
Descripción Microscópica:

DESCRIPCIÓN A ESCALA MICROSCÓPICA DE COMPONENTES LÍTICOS DE LA MUESTRA



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Centro telefónico +51 (0)11 271 4335
Teléfono directo: 892-2114
Email: laboratorioingenieria@uni.edu.pe
http://www.fgrm.un.edu.pe





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

LabMinUNI-036-2023

INFORME PETROGRÁFICO

*Norma ASTM C 289
Standard Test Method for Potential
Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method)*

Solicitado por:

Mora Ángeles, Carlos Emmanuel

Proyecto de Tesis:

*Efecto de sustitución del agregado fino natural por
relave minero en las propiedades físico-mecánicas
de un mortero de albañilería*

Ubicación del Proyecto:
Caraz, Ancash

Muestra:

CMA_01

Julio, 2023



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 482-2174
Email: laboratoriomineralogia@uni.edu.pe
<http://www.figmm.uni.edu.pe>



Página 1 de 6



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

1.0. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO SOLICITADO

El estudio se realizó siguiendo las especificaciones formuladas por la norma "ASTM C289 Standard Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method)".

2.0. METODOLOGÍA

Para cada caso se describirá los procedimientos seguidos:

Este método de ensayo cubre la determinación de la reactividad potencial de un agregado con álcalis en concreto de cemento portland, la cual está indicada por la cantidad de reacción durante 24 horas a 80 °C entre una solución de hidróxido de sodio 1 N y agregado, previamente triturado y cernido para pasar por un tamiz Nro. 50 (300 µm) y ser retenido por uno de Nro. 100 (150 µm).

3.0. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA REMITIDA



Figura Nro.01. La muestra remitada corresponde a agregado de granulometría de medio a fino.



Figura Nro.02. La muestra pulverizada a malla Nro. 200

4.0. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Para efecto del presente análisis, se procederá con la determinación mineralógica con la finalidad de obtener información de los minerales primarios formadores de la roca y de ser el caso mineralogía libre.

Las vistas registran la secuencia de granulometría de acuerdo al tamizado de la muestra en evaluación.



Figura Nro.03. Secuencia de granulometría por el tamizado



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 482-2174
Email: laboratoriomineralogia@uni.edu.pe
<http://www.figmm.uni.edu.pe>





Figura Nro. 04. Fragmentos líticos de cuarcita (cc), diorita (di), cuarzo (cz) y andesita (an)

CMA 01



Figura Nro. 05. Fragmentos líticos de cuarcita (cc), diorita (di), cuarzo (cz), andesita (an) y granodiorita (gd)

4.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES A ESCALA MACROSCÓPICA:

Principales características reconocibles en la muestra estudiada desde fragmentos representativos.

CMA 01



Figura Nro. 05. Muestra a Malla Nro. 50

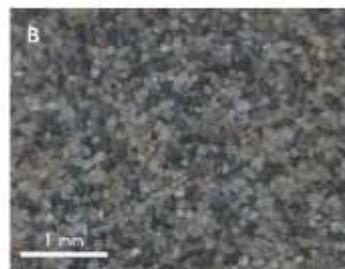


Figura Nro. 06. Muestra a Malla Nro. 100

La muestra corresponde al agregado especificada en el rotulado de la muestra.

Se presenta el tamizado en dos dimensiones de mallas de acuerdo a las fotografías adjuntas.

Las vistas presentan los contenidos en dos mallas:

A: Malla 50:

Se presenta variedad litológica entre rocas ígneas y metamórficas las cuales equilibran abundancia con cuarzo anhedral

B: Malla 100:

En orden de abundancia cuarzo anhedral, litología ígnea y finalmente litología metamórfica.





4.2. Características físicas y químicas para identificación mineralógica

TABLA NRO. 1. Características Físicas y Químicas de Minerales

Especie Mineral y/o Componente	Color	Forma	Dureza	Magnetismo	Reacciones Químicas
Cuarzo	Transparente	Anhedral	7	Ausente	No Reactivo
Granodiorita	Gris claro	Subredondeado	ND	Ausente	No Reactivo
Cuarcita	Claro	Subredondeado	ND	Ausente	No Reactivo
Diorita	Gris oscuro	Subredondeado	ND	Ausente	No Reactivo
Andesita	Gris verduzco	Subredondeado	ND	Ausente	No Reactivo
Mineralogía Metálica	Ausente				
Materia Orgánica	Ausente				

Abreviaturas. ND: No Determinado

5.0. Marco Teórico Referencial

La importancia y uso de este ensayo se expresa en lo siguiente;

La reacción álcali-silice (RAS) es una de las causas más frecuentes de deterioro del hormigón. RAS, es una reacción expansiva lenta entre ciertas formas de sílice alcalino-reactiva (sílice opalina, sílex, sílex, cuarzo criptocristalino) y/o ciertos minerales de silicato presentes en agregados de hormigón y el hidroxilo iones en solución de poros de concreto, principalmente asociados con iones de sodio y potasio.

Esta reacción conduce a la formación de un gel álcali-silicato, que absorbe agua y se hincha, causando expansivo interno presión. Con el fin de evitar el desarrollo perjudicial de RAS en nuevas estructuras de hormigón, se de antemano necesario para caracterizar con precisión los agregados de hormigón por su expansividad alcalina y, si es necesario, utilizar medidas de mitigación apropiadas en el diseño de mezclas de concreto duraderas.

El mecanismo de degradación de RAS produce un gel que se expande significativamente en presencia de agua suministrada desde el entorno circundante. Este producto de gel de expansión puede generar incremento de alto tensiones y agrietamiento del hormigón, que pueden conducir a otras formas de degradación y costosos costos de reemplazo estructural.

Los cuatro factores esenciales que producen un gel RAS expansivo en concreto son;

- presencia de álcalis
- agregado silíceo
- humedad
- hidróxido de calcio libre (CH)

Si el hormigón no presenta cualquiera de estos componentes esenciales, la expansión se puede prevenir.





6.0. Resultados de Análisis Químico

La muestra se dividió en cada uno de los tipos de roca determinado (cinco; cuarzo, granodiorita, diorita, cuarcita y andesita), con la finalidad de obtener determinar la representatividad del ensayo y plotear los contenidos Sc vs Rc de cada uno de los tipos de roca.



Figura No.07. Valores ploteados en el gráfico de Mielenz. (Incluye la división entre agregados Reactivos y No reactivos).

Tabla No. 02. Determinación Petrográfica y Condición de Reactividad

Especie	Nombre / Denominación	% Abundancia	Condición de Reactividad
Mineral	Cuarzo (Mineral Libre)	27.86	No Reactiva
Roca ígnea	Granodiorita	20.71	No Reactiva
Roca Metamórfica	Cuarcita	28.57	No Reactiva
Roca ígnea	Diorita	14.29	No Reactiva
Roca ígnea	Andesita	8.57	Potencialmente Reactiva

Norma Técnica: B03 Rock Classification Scheme; British Geological Survey Research Report /ASTM 289 C.

Tabla No. 03. Equipos Empleados

Equipos	Cámaras	Software Captura de Imágenes
Olympus BX50	ACCU-Scope modelo AU-806-4k	Captavision+
ACCU-Scope 375	Dino-Lite Edge model AM7115M2TW: 2.0	Software Dino Capture

Fuente: Laboratorio de Mineralogía, UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

7.0. CONCLUSIONES

Respecto a la evaluación de la muestra CMA_01:

COMPOSICIÓN PETROGRÁFICA

Agregado compuesto por 40.40% de rocas ígneas y 39.60% de rocas metamórficas, con presencia de cuarzo libre anhedral (mineral libre) en 27.86 % de abundancia

REACTIVIDAD SÍLICA ALCALÍ:

La presencia de andesita con 8.57 % de abundancia, propone condición de potencial reactivo.

RESULTADOS DEL ENSAYO QUÍMICO:

Las muestras evaluadas poseen homogeneidad petrográfica, por tal razón se esperaba valores similares.

La totalidad de las muestras se presentan dentro de la región "Agregados Considerados No Reactivos".

Es necesario señalar que los valores C_02 y C_05, se presentan como fronterizos a la región "Agregados Considerados Potencialmente Reactivos".

El presente reporte es producto de los estudios realizados en el laboratorio.

La muestra evaluada fue proporcionada por el solicitante.

Sin otro particular


MSc Ing. César A. Mendoza Tarazona
Jefe (e) Laboratorio de Mineralogía



8.0. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM C294. Standard Descriptive Nomenclature for Constituents of Concrete Aggregates
- ASTM C295. Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete.
- ASTM C294. Standard Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method)



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 482-2174
Email: laboratoriom Mineralogia@uni.edu.pe
<http://www.figmm.uni.edu.pe>





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

LabMinUNI-037-2023

CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE RELAVE

Solicitado por:

Mora Ángeles, Carlos Emmanuel

Proyecto de Tesis:

*Efecto de sustitución del agregado fino natural por
relave minero en las propiedades físico-mecánicas
de un mortero de albañilería*

Ubicación del Proyecto:

Caraz, Ancash

Muestra:

CMA_02
Relave

Julio, 2023



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 482-2174
Email: laboratoriomineralogia@uni.edu.pe
<http://www.figmm.uni.edu.pe>



Página 1 de 11



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

1.0. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO SOLICITADO

El estudio se realizó siguiendo el protocolo de identificación de los minerales y luego su asociación para identificarlo con la clasificación que corresponde.

Se desarrolló dos tipos de evaluaciones para determinar la caracterización a continuación, se detalla:

Macroscópica; descripción de componentes en dimensiones mayores iguales a 1 mm

Microscópica; descripción de componentes en dimensiones menores a 1 mm

2.0. METODOLOGÍA

Para cada caso se describirá los procedimientos seguidos:

2.1. *Macroscópica*

Mediante observación a través del microscopio estereoscópico y de la lupa de 10X de aumento; se describe la morfología e interrelación de los componentes. Así mismo se identifica los minerales que la componen.

2.2. *Microscópica*

De la muestra proporcionada se analizó desde su superficie con el microscopio estereoscópico, considerándose a la fotografía desde la zona más representativa.

Este análisis consiste en la identificación de los minerales que componen la muestra que nos permitirán determinar la clasificación y el nombre de la roca. Adicionalmente las características propias de la misma.

3.0. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

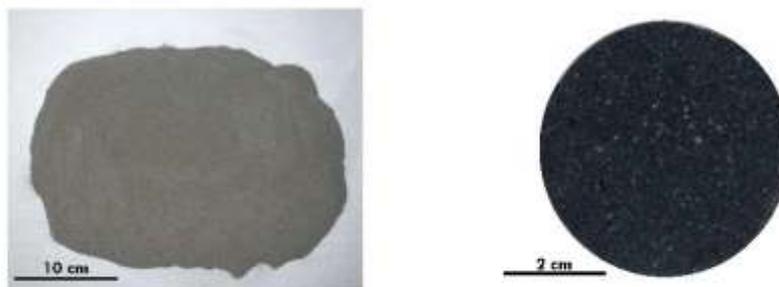


Figura Nro.01

La muestra recibida es relave con un peso aproximado de 3 Kg, presentada en una bolsa de polietileno transparente la vista expone una muestra representativa del envío total. Posee color gris claro retenida en malla 100. Al lado derecho la sección pulida que permitió el análisis a escala microscópica.



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 482-2174
Email: laboratoriomineralogia@uni.edu.pe
<http://www.figmm.uni.edu.pe>





4.0. PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE MUESTRA PARA IDENTIFICACIÓN

Se realizó la reducción de muestra, con el criterio principal de homogenizarla. Sobre ella se hicieron pruebas de identificación macroscópicas, microscopia estereoscópica y de luz reflejada (polarizada).

Se observa granulometría diferenciada con fragmentos de minerales de morfología subangulosa y subredondeada, mostrando alteración supérgena de incipiente a moderada.

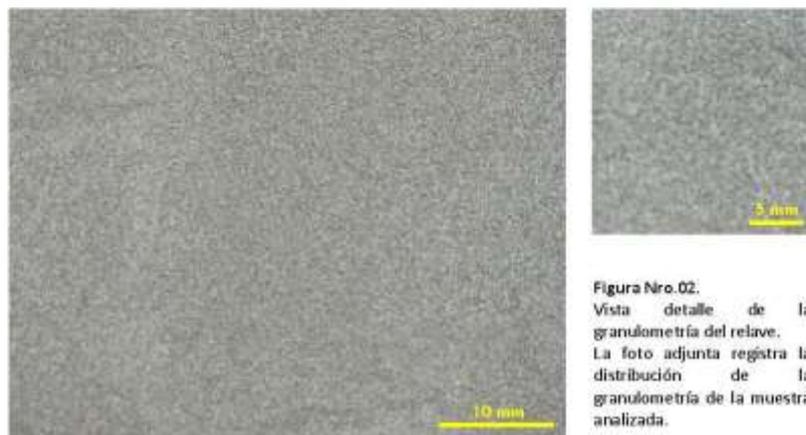


Figura Nro.02.
Vista detalle de la granulometría del relave. La foto adjunta registra la distribución de la granulometría de la muestra analizada.

DISTRIBUCIÓN DE LA MINERALOGÍA:



Figura Nro.03.

Distribución de fragmentos de componentes minerales de tendencia equigranular ($\phi=150\mu\text{m}$).

La mineralogía identificada a esta escala está caracterizada principalmente por: cuarzo (cz), pirita (py).

En observaciones con aumentos mayores podemos referirnos a otros detalles.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía



Figura Nro.04.

Vista a escala de detalles de la composición mineralógica. Se confirma lo señalado en vista anterior.

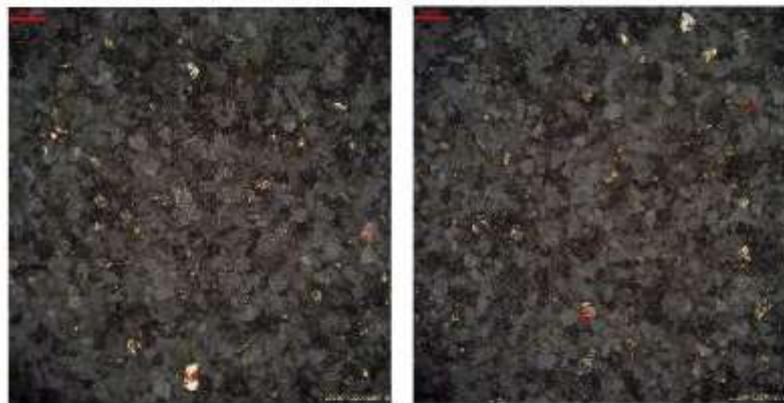


Figura Nro.05.

Vista a escala de detalles de la composición mineralógica. Se reconoce abundancia de mineralización metálica, pirita (py) y calcopirita (cp).

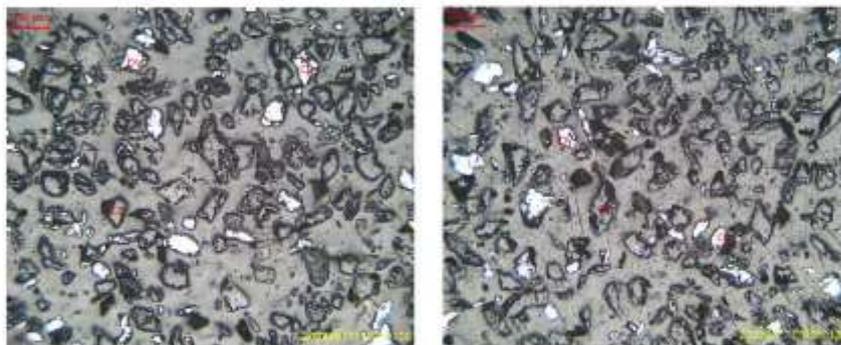


Figura Nro.06.

Vista en microscopio de luz polarizada. Se observa pirita (py), calcopirita (cp) y cuarzo (cz).



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 482-2174
Email: laboratoriomineralogia@uni.edu.pe
<http://www.figmm.uni.edu.pe>





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

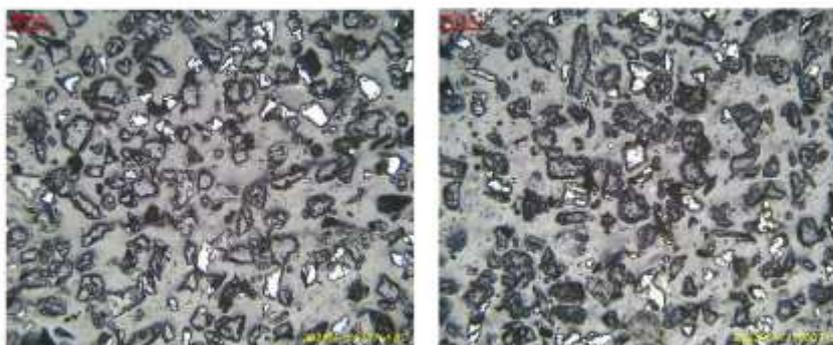


Figura Nro.07.
Vista en microscopio de luz polarizada. Se observa pirita (py), calcopirita (cp) y cuarzo (cz).

Detalle descripción Figura Nro. 05; 06 y 07

Disposición : Aleatoria, fragmentos en condición de flotantes.
Morfología : Equigranular, subangulosos con bordes irregulares
Mineralogía : py y cp con alto grado de liberación.
cz libre.

Descripción:
Fragmentos que presentan la disposición y asociación mineralógica más representativa.

py : cristales subhedrales y anhedrales de morfología irregular. Mayor abundancia..
cp : fragmentos de morfología irregular en asociación con py
cz : fragmentos anhedrales y libres.

5.0. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA

Las dimensiones de los componentes de la muestra, permitieron realizar la observación a escala microscópica.

A continuación, presentamos los resultados de la caracterización mineralógica ordenada según su abundancia en la Tabla Nro. 1, en anexo adjunto se incluyen las fotografías que muestran los detalles de los componentes de la muestra de relave.

Tabla Nro.01. Caracterización Mineralogía			
Especie Mineral	Abreviatura	Formula Química	% Abundancia
Cuarzo	cz	SiO ₂	60.00
Pirita	py	Fe ₂ S	25.00
Calcopirita	cp	CuFeS ₂	15.00
TOTAL			100.00



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 482-2174
Email: laboratoriominerologia@uni.edu.pe
<http://www.figmm.unsi.edu.pe>





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

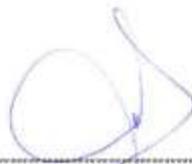
6.0. CONCLUSIONES

Considerando que la muestra es de relave presentamos las siguientes conclusiones:

- La presencia mineralógica está distribuida por abundancia de la siguiente forma; cz, py, cp.
- Respecto a la condición de mineral libre; se identifica a cz anhedral.
- Al momento de la evaluación no se reconoció condición de reactividad
- Es necesario evaluar la condición de presencia de azufre.

El presente reporte es producto de los estudios realizados en el laboratorio.
La muestra evaluada fue proporcionada por el solicitante

Sin otro particular


MSc Ing. César A. Mendoza Tarazona
Jefe (e) Laboratorio de Mineralogía



7.0. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ramdhor, P. (1980). The Ore Minerals and their Intergrowths, 2nd ed. Pergamon, Oxford, 1205 pp.
- Craig, J.R. and Vaughan, D.J., 1981, Ore Microscopy and Ore Petrography. Wiley, New York, 1-14, 33-47, 315-377



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 482-2174
Email: laboratoriomineralogia@uni.edu.pe
<http://www.figmm.uni.edu.pe>





CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE RELAVE

Solicitado por:

Mora Ángeles, Carlos Emanuel

Proyecto de Tesis:

Efecto de sustitución del agregado fino natural por relave minero en las propiedades físico-mecánicas de un mortero de albañilería

Ubicación del Proyecto:

Caraz, Ancash

Muestra:

CMA_02
Relave

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE ESPECIES MINERALES EN FOTOMICROGRAFIAS

Julio, 2023



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
 Central telefónica 4811070 Anexo 4336
 Teléfono directo: 492-2174
 Email: laboratorio@ingenieria.unsi.edu.pe



Página 1 de 11

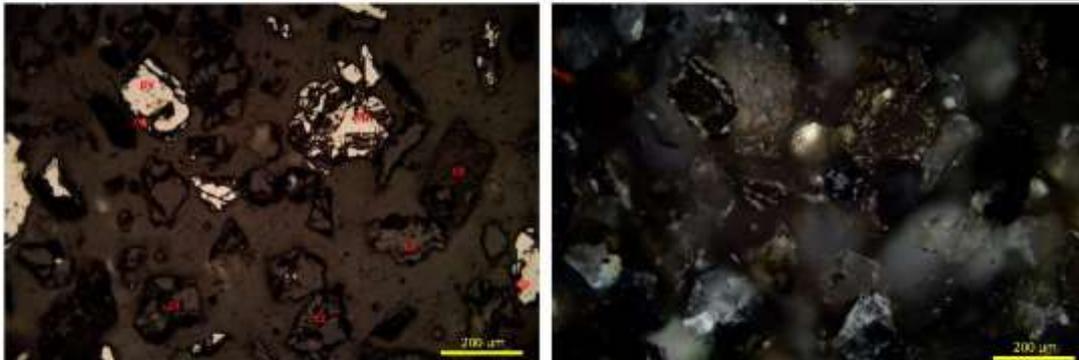


Código de Muestra:

CMA_02

Descripción Microscópica:

Abreviaturas: py = pítita; cp = calcopítita; cz = cuarzo



Detalle de la composición mineralógica de fragmentos fibro; pítita (py), calcopítita (cp) y cuarzo (cz). Se observa morfología subangulosa en los componentes. En un fragmento se reconoce asociación py y cp.



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
 Central telefónica 4811070 Anexo 4336
 Teléfono directo: 492-2174
 Email: laboratorio@ingenieria.unsi.edu.pe
 http://www.ingenieria.unsi.edu.pe

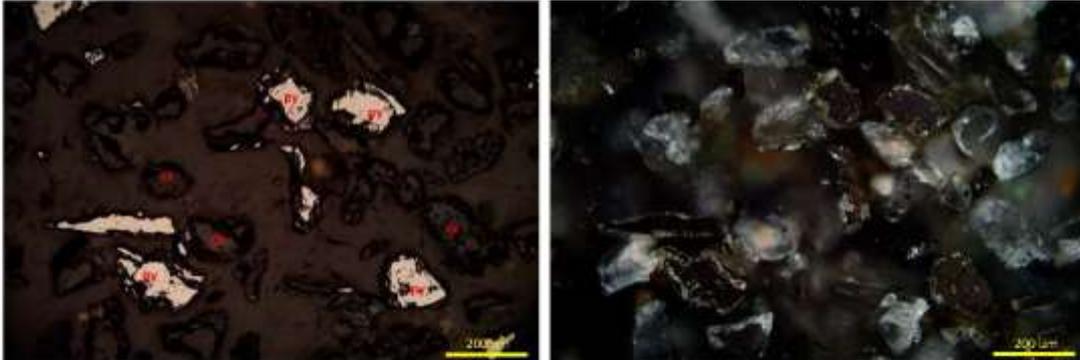


Página 2 de 11



Código de Muestra:
CWA_02
Descripción Microscópica:

Abreviaturas:
py = pirofilita cp = calcopirita cz = calcita



Fragmentos liberados de cz y py. No se reconoce presencia de cp.



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Correo electrónico: a.11.020@uni.edu.pe
Teléfono directo: 692-21174
Email: laboratorio@uni.edu.pe
http://www.fgrm.un.edu.pe

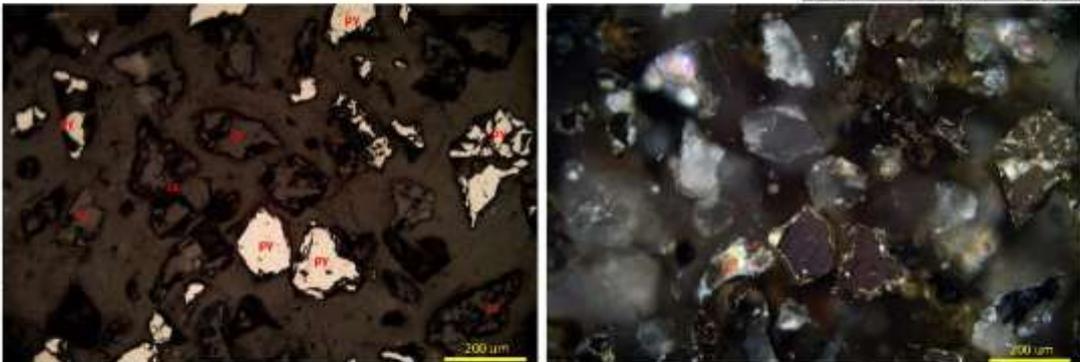


Figura 02 de 11.



Código de Muestra:
CWA_02
Descripción Microscópica:

Abreviaturas:
py = pirofilita cp = calcopirita cz = calcita



Similar a la vista anterior mostrando cz liberado en fragmentos de morfología irregular.



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Correo electrónico: a.11.020@uni.edu.pe
Teléfono directo: 692-21174
Email: laboratorio@uni.edu.pe
http://www.fgrm.un.edu.pe



Figura 02 de 11.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

Código de Muestra:

CWA_02

Descripción Microscópica:

Abreviaturas:

py = pirita

sp = silicatos

ca = cuarzo



Vista mostrando la abundancia de cuarzo fragmentos de morfología irregular.



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Centro telefónico +51 1 271 4100
Teléfono directo: 692-2134
Email: laboratorioingenieria@uni.edu.pe
<http://www.fgrm.un.edu.pe>





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

LabMinUNI-038-2023

INFORME PETROGRÁFICO

Norma ASTM C 295
Standard Guide for:
Petrographic Examination of Aggregates for Concrete

Solicitado por:
Mora Ángeles, Carlos Emmanuel

Proyecto de Tesis:
Efecto de sustitución del agregado fino natural por
relave minero en las propiedades físico-mecánicas
de un mortero de albañilería

Ubicación del Proyecto:
Caraz, Ancash

Muestras de Mortero con edad: 07 días:
CMA_03 con 00% de relave
CMA_04 con 05% de relave
CMA_05 con 10% de relave
CMA_06 con 15% de relave

Julio, 2023



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 482-2174
Email: laboratoriomineralogia@uni.edu.pe
<http://www.figmm.uni.edu.pe>





1.0. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO SOLICITADO

El estudio se realizó siguiendo las especificaciones formuladas por la norma "*ASTM C 295, Standard Guide Petrographic Examination of Agregates for Concrete*"

Se desarrolló las evaluaciones a dos escalas para determinar el tipo de roca, a continuación, se detalla:

Macroscópica; describe las características de la muestra en dimensiones mayores iguales a 1 mm

Microscópica; describe las características de la muestra en dimensiones menores a 1 mm

2.0. METODOLOGÍA

Para cada caso se describirá los procedimientos seguidos:

2.1. Escala Macroscópica

Mediante observación a través del microscopio estereoscópico y de la lupa de 10X de aumento; se describe la morfología e interrelación de los componentes. Así mismo se identifica los minerales que la componen.

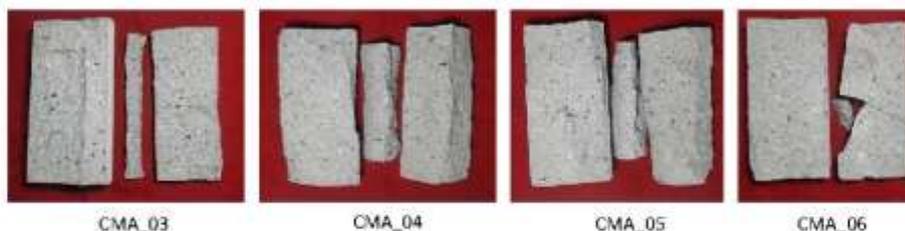
2.2. Escala Microscópica

La evaluación desde secciones delgadas permitirá el análisis correspondiente a la escala indicada mediante microscopía de luz polarizada.

Este análisis permitirá la identificación de los minerales que componen la muestra con lo cual se podrá determinar la clasificación, asignar el nombre de la roca y describir las características propias de la misma. En anexo se adjuntan fotomicrografías con la descripción correspondiente.

3.0. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA REMITIDA

Las muestras corresponden a probetas elaboradas con los estándares especificados en la industria. Para el presente proyecto de tesis se sustituyó el agregado fino por relave minero en incrementos porcentuales; la vista expone las probetas luego de a prueba de rotura. (Observar foto adjunta).





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

4.0. DESCRIPCIÓN DE FRAGMENTOS DE PROBETAS

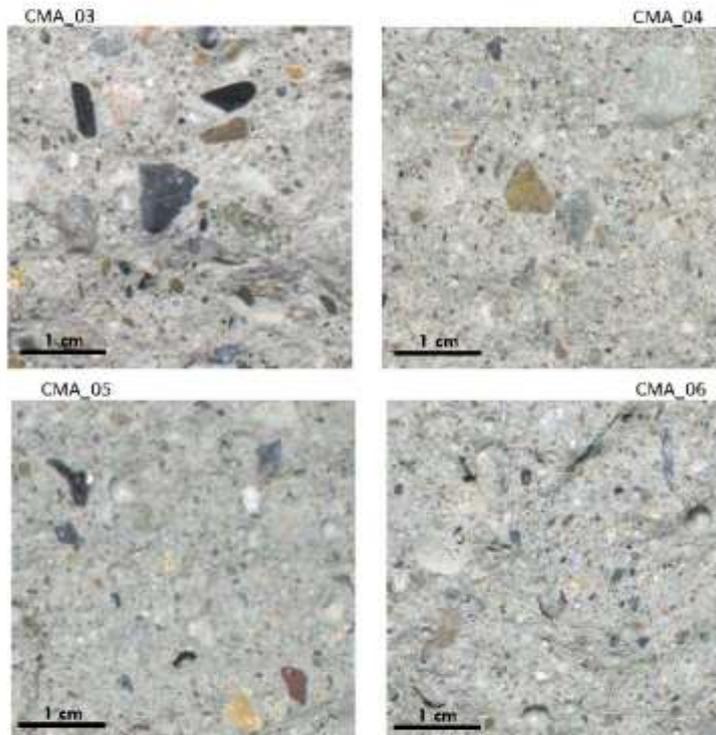
Para efecto del presente análisis, se eligió zonas representativas (superficies inalteradas y alteradas) con la finalidad de obtener información de los componentes.

Se realizaron pruebas para identificación macroscópica; de microscopía estereoscópica y de luz transmitida (polarizada).

4.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES A ESCALA MACROSCÓPICA:

Principales características reconocibles en la muestra estudiada desde fragmentos representativos.

DETALLES DE SUPERFICIE DE PROBETAS



En las las probetas la distribución es homogénea en granulométrica y agregados tanto gruesos (abundancia de componentes litológicos) como finos la cual responde al diseño del mortero. Es posible identificar la presencia de cavidades las cuales incrementan en dimensión en relación directa a la sustitución del agregado fino por relave minero.



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 482-2174
Email: laboratoriomineralogia@uni.edu.pe
<http://www.figmm.uni.edu.pe>





5.0. Marco Teórico Referencial

La importancia y uso de este ensayo se expresa en lo siguiente;

- Determinar las características físicas y químicas del material que puede observarse por métodos petrográfico y que influyen en el rendimiento del material en su uso.
- Describir y clasificar los componentes de la muestra
- Determinar las cantidades relativas de los componentes de la muestra que son esenciales para una evaluación adecuada; cuando los componentes difieren significativamente en las propiedades que influyen en el rendimiento del material en su uso
- Comparar muestras de agregados de las nuevas fuentes con muestras de agregado de uno o más orígenes.

6.0. Resultados de Análisis Petrográfico

Las dimensiones de los componentes de la muestra, condicionaron a realizarlos macro e individual; adicionalmente la condición de roca poco alterada de la totalidad de la muestra no exigió empleo de estudios de mayor rigurosidad como difracción de rayos X.

A continuación, presentamos los resultados en el cuadro adjunto. Debemos indicar que en anexo adjunto se incluyen las fotografías que muestran los detalles y las descripciones correspondientes a cada una de las muestras.

TABLA NRO. 1. Características Físicas y Químicas de Minerales Componentes

Especie Mineral y/o Componente	Color	Forma	Dureza	Magnetismo	Reacciones Químicas
Cuarzo	Transparente	Anhedral	7	Ausente	No Reactivo
Granodiorita	Gris claro	Subredondeado	ND	Ausente	No Reactivo
Cuarcita	Claro	Subredondeado	ND	Ausente	No Reactivo
Diorita	Gris oscuro	Subredondeado	ND	Ausente	No Reactivo
Andesita	Gris verduzco	Subredondeado	ND	Ausente	No Reactivo
Mineralogía Metálica	Ausente				
Materia Orgánica	Ausente				

Abreviaturas: ND: No Determinado

Tabla Nro. 02. Determinación Petrográfica y Condición de Reactividad

Especie	Nombre / Denominación	% Abundancia	Condición de Reactividad
Mineral	Cuarzo (Mineral Libre)	27.86	No Reactiva
Roca Ígnea	Granodiorita	20.71	No Reactiva
Roca Metamórfica	Cuarcita	26.57	No Reactiva
Roca Ígnea	Diorita	14.29	No Reactiva
Roca Ígnea	Andesita	8.57	Potencialmente Reactiva

Norma Técnica: BGS Rock Classification Scheme, British Geological Survey Research Report /ASTM 295 C



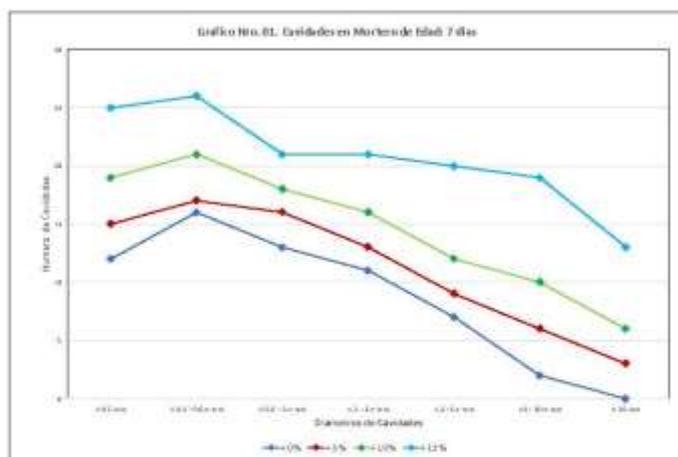


TABLA NRO. 03. Determinación Petrográfica y Abundancia de Componentes

Fracción	Componente	Mineral	Porcentaje de Abundancia				
			CMA_03	CMA_04	CMA_05	CMA_06	
Agregado	Petrografía	Granodiorita	35.0	15.0	30.0	15.0	
		Cuarzo	25.0	35.0	30.0	12.0	
		Diorita	35.0	29.0	20.0	12.0	
		Andesita	3.0	4.0	4.0	9.0	
Matriz	Relave	Cuarzo libre	0.0	7.0	12.0	20.0	
		Sulfuros	Pirita	0.0	3.0	3.0	4.0
			Galena	0.0	2.0	0.0	2.0
			Esfalerita	0.0	0.0	1.0	1.0
	Cavidades	2.0	4.0	5.0	12.0		
	Materia Orgánica	0.0	0.0	0.0	0.0		
Totales			100.0	100.0	100.0	100.0	

TABLA NRO. 04. Cavidades en Mortero de Edad 7 días

Muestra	+ Relave	Diámetros (mm)						
		< 0.1	< 0.1 - 0.5 >	< 0.5 - 1 >	< 1 - 2 >	< 2 - 5 >	< 5 - 10 >	> 10
CMA_03	+ 0%	12	16	13	11	7	2	0
CMA_04	+ 5%	15	17	16	13	9	6	3
CMA_05	+ 10%	19	21	18	16	12	10	6
CMA_06	+ 15%	25	26	21	21	20	19	13
Totales		71	80	68	61	48	37	22





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

7.0. CONCLUSIONES

Se enuncian las siguientes:

La muestra CMA_06 con 15% de relave presenta:

- Mayor presencia de cavidades, sulfuros y andesita
- Presencia de cuarzo proveniente del relave
- Existencia de desprendimiento de agregado grueso
- Dentro de cavidades no se observa fracturas y relleno
- Ausencia de alteraciones supérgenas

La muestra CMA_05 y CMA_04 presenta:

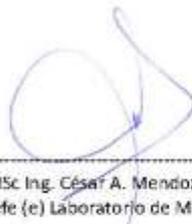
- Presencia de cavidades en porcentajes similares
- El cuarzo libre se encuentra en proporciones similares
- La abundancia de sulfuros esta principalmente identificada a pirita (Fe_2S)
- Respecto a la abundancia de andesita son similares entre ambos
- Ausencia del desprendimiento de agregado grueso
- Dentro de cavidades no se observa fracturas y relleno
- Ausencia de alteraciones supérgenas

La muestra CMA_03:

- Presencia de cavidades en porcentajes menores respecto a
- Respecto a la abundancia de andesita es menor al 10 %
- Ausencia del desprendimiento de agregado grueso
- Dentro de cavidades no se observa fracturas y relleno
- Ausencia de alteraciones supérgenas
- La muestra no presenta características de reacciones sílica álcali en su totalidad

Las descripciones presentadas son producto de los estudios realizados en nuestro laboratorio.

Sin otro particular.



MSc Ing. César A. Mendoza Tarazona
Jefe (e) Laboratorio de Mineralogía

8.0. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM C294 - 05 Standard Descriptive Nomenclature for Constituents of Concrete Aggregates
- ASTM C295 - 08 Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 482-2174
Email: laboratoriomineralogia@uni.edu.pe
<http://www.figmm.uni.edu.pe>





LabMinUNI-038-2023

INFORME PETROGRÁFICO

Norma ASTM C 295
 Standard Guide for:
 Petrographic Examination of Aggregates for Concrete

Solicitado por:
 Mora Angeles, Carlos Emmanuel

Proyecto de Tesis:
 Efecto de sustitución del agregado fino natural por
 relave minero en las propiedades físico-mecánicas
 de un mortero de albañilería

Ubicación del Proyecto:
 Camaz, Ancash

Muestras de Mortero con edad: 07 días:
 CMA_03 con 00% de relave
 CMA_04 con 05% de relave
 CMA_05 con 10% de relave
 CMA_06 con 15% de relave

ANEXO I

**DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA y ASOCIACIONES MINERALÓGICAS
 EN FOTOMICROGRAFIAS**

Lima, 2023



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
 Central telefónica 4811070 Anexo 4336
 Teléfono directo: 492-2174
 Email: laboratorio@ingenieria.un.edu.pe



Página 1 de 11



Código de Muestra:
 CMA_03 con 00% de relave
 Descripción Microscópica:

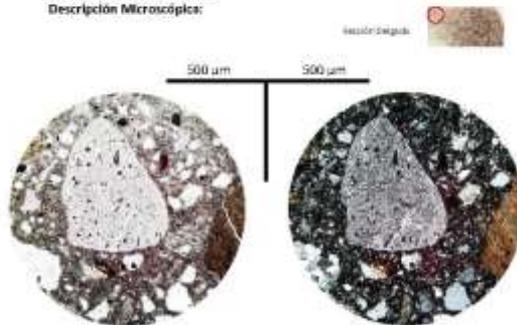


Foto: 01 //s

Foto: 02 Xs

SECCIÓN DELGADA:
 Distribución de agregado de cuarzo subanguloso asociado a la matriz. Fragmentos subangulosos de cuarzo (2-200µm) del agregado grueso.

Descripción Microscópica:

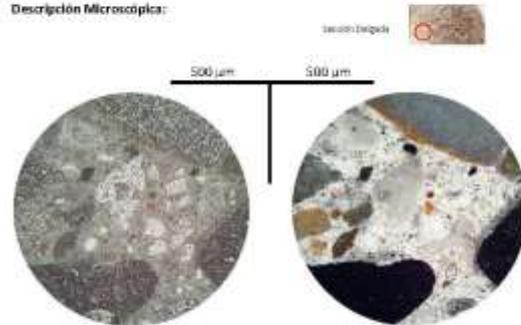


Foto: 03 //s

Foto: 04 Xs

SECCIÓN PLAJADA:
 Detalle de fragmento arreglo de agregado con la matriz. En la parte superior el contacto entre matriz y agregado presenta doble oxidación. Ausencia de mineralización relictos.



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
 Central telefónica 4811070 Anexo 4336
 Teléfono directo: 492-2174
 Email: laboratorio@ingenieria.un.edu.pe
 http://www.ingenieria.un.edu.pe



Página 2 de 11



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

Código de Muestra:

CWA_04 con 05% de relave

Descripción Microscópica:

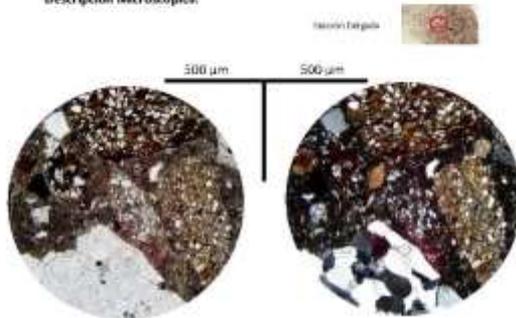


Foto: 05 //s

Foto: 06 Xs

SECCIÓN DELGADA:

Agregado de cuarzo y fragmentos líticos de granodiorita.
Cavidad rellena con fragmento fino no generada por alteración.

Descripción Microscópica:

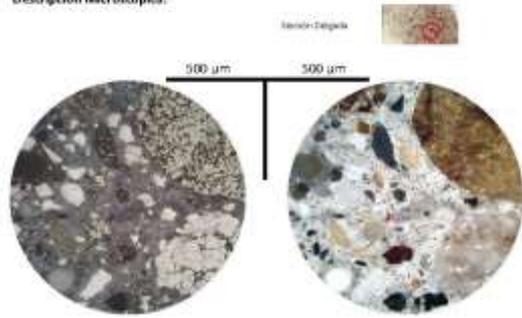


Foto: 07 //s

Foto: 08 Xs

SECCIÓN PULIDA:

Distribución de agregado fino, matriz y agregado grueso. En los contactos agregado / matriz no se observa reacción.
Presencia de pirita menor a 2 %.



Ry. Túpac Amaru 210, Dpto 25, Perú
Centro Telefónico 4811020 Anexo 4336
Teléfono directo: 692-21174
Email: laboratorio.mineralogia@uni.edu.pe
http://www.fgrm.un.edu.pe



Figura 02 de 11.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

Código de Muestra:

CWA_05 con 10% de relave

Descripción Microscópica:

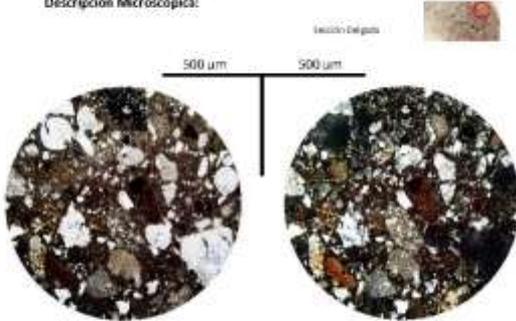


Foto: 09 //s

Foto: 10 Xs

SECCIÓN DELGADA:

Agrego de componentes agregado / matriz de granulometría de tendencia equigranular.
Presencia de cavidad sin relleno ($50 < 100 \mu\text{m}$)

Descripción Microscópica:



Foto: 11 //s

Foto: 12 Xs

SECCIÓN PULIDA:

Detalle de componentes asociados a la matriz. Sin anomalías en el contacto agregado / matriz.
Presencia de pirita menor a 2 %.



Ry. Túpac Amaru 210, Dpto 25, Perú
Centro Telefónico 4811020 Anexo 4336
Teléfono directo: 692-21174
Email: laboratorio.mineralogia@uni.edu.pe
http://www.fgrm.un.edu.pe



Figura 03 de 11.



Código de Muestra:
CWA_06 con 15% de relave
Descripción Microscópica:

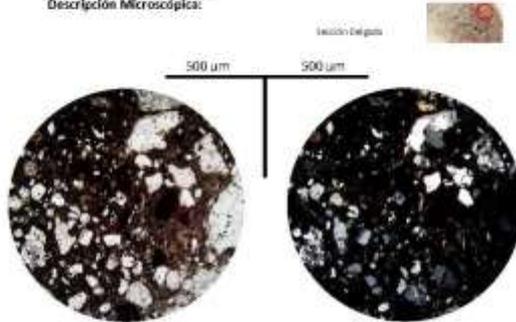


Foto: 13 //s

Foto: 14 Xs

SECCIÓN DELGADA:

Disposición de agregado fino con acumulaciones de disposición irregular. Granulometría muy fina asociada a los contactos con agregado fino y grueso.

Descripción Microscópica:

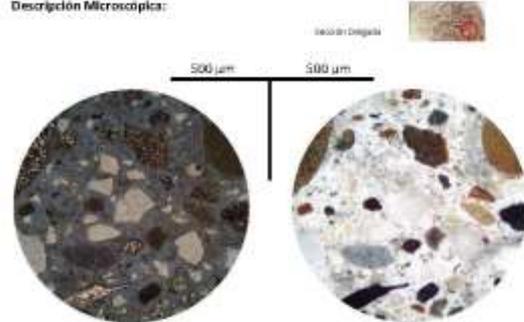


Foto: 15//s

Foto: 16 Xs

SECCIÓN FLUIDA:

Detalle de componentes asociadas a la matriz. El contacto agregado / matriz presenta interfase para perla etral.
Presencia de pirita mayor a 7 %.



Av. Túpac Amaru 210, Dpto 25, Perú
Centro Telefónico +51 11 220 4000-4335
Teléfono directo: 692-2114
Email: laboratorioingenieria@uni.edu.pe
http://www.fgrm.un.edu.pe





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

LabMinUNI-039-2023

INFORME PETROGRÁFICO

Norma ASTM C 295
Standard Guide for:
Petrographic Examination of Aggregates for Concrete

Solicitado por:
Mora Ángeles, Carlos Emmanuel

Proyecto de Tesis:
Efecto de sustitución del agregado fino natural por
relave minero en las propiedades físico-mecánicas
de un mortero de albañilería

Ubicación del Proyecto:
Caraz, Ancash

Muestras de Mortero con edad: 14 días:
CMA_07 con 00% de relave
CMA_08 con 05% de relave
CMA_09 con 10% de relave
CMA_10 con 15% de relave

Julio, 2023



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 482-2174
Email: laboratoriominerologia@uni.edu.pe
<http://www.figmm.uni.edu.pe>





1.0. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO SOLICITADO

El estudio se realizó siguiendo las especificaciones formuladas por la norma "*ASTM C 295, Standard Guide Petrographic Examination of Aggregates for Concrete*"

Se desarrolló las evaluaciones a dos escalas para determinar el tipo de roca, a continuación, se detalla:

Macroscópica; describe las características de la muestra en dimensiones mayores iguales a 1 mm

Microscópica; describe las características de la muestra en dimensiones menores a 1 mm

2.0. METODOLOGÍA

Para cada caso se describirá los procedimientos seguidos:

2.1. Escala Macroscópica

Mediante observación a través del microscopio estereoscópico y de la lupa de 10X de aumento; se describe la morfología e interrelación de los componentes. Así mismo se identifica los minerales que la componen.

2.2. Escala Microscópica

La evaluación desde secciones delgadas permitirá el análisis correspondiente a la escala indicada mediante microscopía de luz polarizada.

Este análisis permitirá la identificación de los minerales que componen la muestra con lo cual se podrá determinar la clasificación, asignar el nombre de la roca y describir las características propias de la misma. En anexo se adjuntan fotomicrografías con la descripción correspondiente.

3.0. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA REMITIDA

Las muestras corresponden a probetas elaboradas con los estándares especificados en la industria. Para el presente proyecto de tesis se sustituyó el agregado fino por relave minero en incrementos porcentuales; la vista expone las probetas luego de a prueba de rotura. (Observar foto adjunta).



CMA_07

CMA_08

CMA_09

CMA_10





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

4.0. DESCRIPCIÓN DE FRAGMENTOS DE PROBETAS

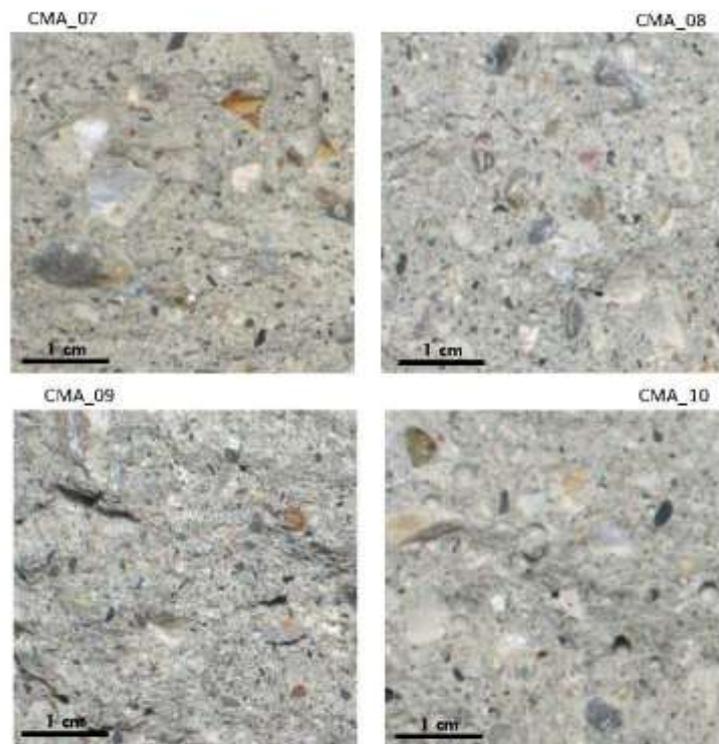
Para efecto del presente análisis, se eligió zonas representativas (superficies inalteradas y alteradas) con la finalidad de obtener información de los componentes.

Se realizaron pruebas para identificación macroscópica; de microscopía estereoscópica y de luz transmitida (polarizada).

4.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES A ESCALA MACROSCÓPICA:

Principales características reconocibles en la muestra estudiada desde fragmentos representativos.

DETALLES DE SUPERFICIE DE PROBETAS



En las las probetas la distribución es homogénea en granulometría y agregados; tanto gruesos (abundancia de componentes litológicos) como finos, lo cual responde al diseño del mortero. Es posible identificar la presencia de cavidades las cuales incrementan en dimension en relación directa a la sustitución del agregado fino por relave minero.



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 482-2174
Email: laboratoriominerologia@uni.edu.pe
<http://www.figmm.uni.edu.pe>





5.0. Marco Teórico Referencial

La importancia y uso de este ensayo se expresa en lo siguiente;

- Determinar las características físicas y químicas del material que puede observarse por métodos petrográfico y que influyen en el rendimiento del material en su uso.
- Describir y clasificar los componentes de la muestra
- Determinar las cantidades relativas de los componentes de la muestra que son esenciales para una evaluación adecuada; cuando los componentes difieren significativamente en las propiedades que influyen en el rendimiento del material en su uso
- Comparar muestras de agregados de las nuevas fuentes con muestras de agregado de uno o más orígenes.

6.0. Resultados de Análisis Petrográfico

Las dimensiones de los componentes de la muestra, condicionaron a realizarlos macro e individual; adicionalmente la condición de roca poco alterada de la totalidad de la muestra no exigió empleo de estudios de mayor rigurosidad como difracción de rayos X.

A continuación, presentamos los resultados en el cuadro adjunto. Debemos indicar que en anexo adjunto se incluyen las fotografías que muestran los detalles y las descripciones correspondientes a cada una de las muestras.

TABLA NRO. 1. Características Físicas y Químicas de Minerales Componentes

Especie Mineral y/o Componente	Color	Forma	Dureza	Magnetismo	Reacciones Químicas
Cuarzo	Transparente	Anhedral	7	Ausente	No Reactivo
Granodiorita	Gris claro	Subredondeado	ND	Ausente	No Reactivo
Cuarcita	Claro	Subredondeado	ND	Ausente	No Reactivo
Diorita	Gris oscuro	Subredondeado	ND	Ausente	No Reactivo
Andesita	Gris verduzco	Subredondeado	ND	Ausente	No Reactivo
Mineralogía Metálica	Ausente				
Materia Orgánica	Ausente				

Abreviaturas: ND: No Determinado

Tabla No. 02. Determinación Petrográfica y Condición de Reactividad

Especie	Nombre / Denominación	% Abundancia	Condición de Reactividad
Mineral	Cuarzo (Mineral Libre)	27.86	No Reactiva
Roca Ígnea	Granodiorita	20.71	No Reactiva
Roca Metamórfica	Cuarcita	26.57	No Reactiva
Roca Ígnea	Diorita	14.29	No Reactiva
Roca Ígnea	Andesita	8.57	Potencialmente Reactiva

Norma Técnica: BGS Rock Classification Scheme, British Geological Survey Research Report /ASTM 295 C



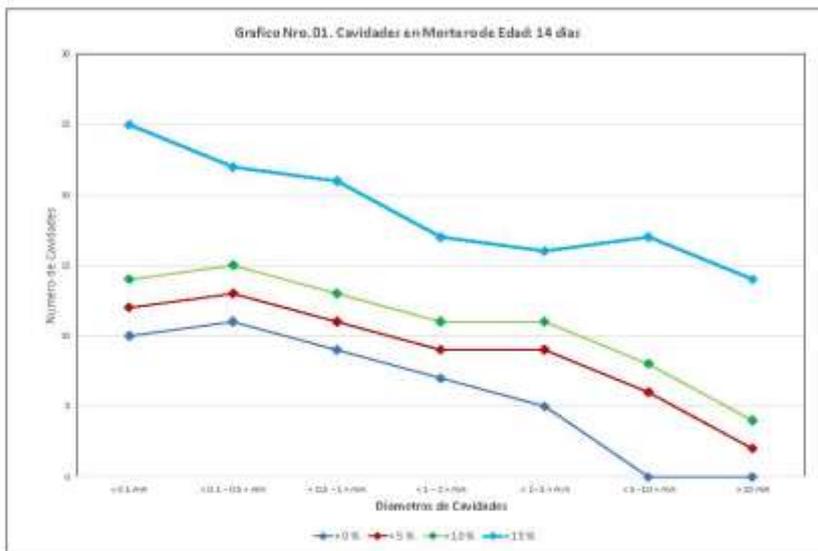


TABLA NRO. 03. Determinación Petrográfica y Abundancia de Componentes

Fracción	Componente	Mineral	Porcentaje de Abundancia				
			CMA_03	CMA_04	CMA_05	CMA_06	
Agregado	Petrografía	Granodiorita	35.0	15.0	30.0	15.0	
		Cuarzo	25.0	35.0	30.0	12.0	
		Diorita	35.0	29.0	20.0	12.0	
		Andesita	3.0	4.0	4.0	9.0	
Matriz	Relave	Cuadro libre	0.0	7.0	12.0	20.0	
		Sulfuros	Pirita	0.0	3.0	3.0	4.0
			Galena	0.0	2.0	0.0	2.0
			Esfalerita	0.0	0.0	1.0	1.0
	Cavidades	2.0	4.0	5.0	12.0		
	Materia Orgánica	0.0	0.0	0.0	0.0		
Totales			100.0	100.0	100.0	100.0	

TABLA NRO. 04. Cavidades en Mortero de Edad 14 días

Muestra	+ Relave	Diámetros						
		< 0.1 mm	< 0.1 - 0.5 > mm	< 0.5 - 1 > mm	< 1 - 2 > mm	< 2 - 5 > mm	< 5 - 10 > mm	> 10 mm
CMA_07	+ 0%	10	11	9	7	5	0	0
CMA_08	+ 5%	12	13	11	9	9	6	2
CMA_09	+ 10%	14	15	13	11	11	8	4
CMA_10	+ 15%	25	22	21	17	16	17	14
Totales		61	61	54	44	41	31	20





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

7.0. CONCLUSIONES

Se enuncian las siguientes:

La muestra CMA_10 con 15% de relave presenta:

- Aumento porcentual de presencia de cavidades, sulfuros
- Presencia de cuarzo proveniente del relave
- Existencia de desprendimiento de agregado grueso
- Dentro de cavidades no se reconocen rellenos y fisuras
- Ausencia de alteraciones supérgenas

La muestra CMA_09 y CMA_08; ambas muestras presentan comportamientos similares:

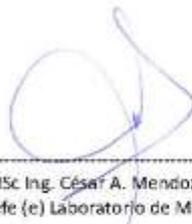
- Abundancia de cavidades en porcentajes similares
- Proporción en abundancia de cuarzo libre
- Los sulfuros son mayoritariamente pirita (Fe₂S)
- Andesita en proporciones similares
- No se identifica desprendimiento de agregado grueso
- Cavidades sin fracturas y relleno
- Ausencia de alteraciones supérgenas

La muestra CMA_07:

- Menor presencia de cavidades
- Abundancia de andesita (menor a 10 %)
- Sin desprendimiento de agregado grueso
- Cavidades sin fisuras y relleno
- Ausencia de alteraciones supérgenas
- Sin características de reacciones sílica álcali (RAS)

Las descripciones presentadas son producto de los estudios realizados en nuestro laboratorio.

Sin otro particular.



MSc Ing. César A. Mendoza Tarazona
Jefe (e) Laboratorio de Mineralogía

8.0. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM C294 - 05 Standard Descriptive Nomenclature for Constituents of Concrete Aggregates
- ASTM C295 - 08 Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 482-2174
Email: laboratoriominerologia@uni.edu.pe
<http://www.figmm.uni.edu.pe>





LabMinUNI-039-2023

INFORME PETROGRÁFICO

Norma ASTM C 295
 Standard Guide for:
 Petrographic Examination of Aggregates for Concrete

Solicitado por:
 Mora Ángeles, Carlos Emmanuel

Proyecto de Tesis:
 Efecto de sustitución del agregado fino natural por
 relave minero en las propiedades físico-mecánicas
 de un mortero de albañilería

Ubicación del Proyecto:
 Camaz, Ancash

Muestras de Mortero con edad: 14 días:
 CMA_07 con 00% de relave
 CMA_08 con 05% de relave
 CMA_09 con 10% de relave
 CMA_10 con 15% de relave

ANEXO I

**DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA y ASOCIACIONES MINERALÓGICAS
 EN FOTOMICROGRAFIAS**

Lima, 2023



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
 Central telefónica 4811070 Anexo 4236
 Teléfono directo: 492-2174
 Email: laboratorio@ingenieria.un.edu.pe



Página 1 de 11



Código de Muestra:
 CMA_07 con 00% de relave
 Descripción Microscópica:

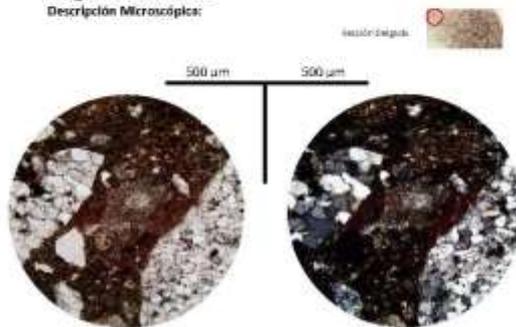


Foto: 01 //s Foto: 02 Xs
SECCIÓN DELGADA:
 Detalle del contacto entre matriz y agregados de cuarzo subredondeado. Los fragmentos subangulosos de cuarzo de D = 500 µm y la matriz de grano fino.

Descripción Microscópica:



Foto: 03 //s Foto: 04 Xs
SECCIÓN FLUIDA:
 Distribución de componentes del mortero, se observa adherencia completa de los agregados con la matriz. Ausencia de mineralización metálica y porosidad.



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
 Central telefónica 4811070 Anexo 4236
 Teléfono directo: 492-2174
 Email: laboratorio@ingenieria.un.edu.pe
 http://www.ingenieria.un.edu.pe



Página 2 de 11



Código de Muestra:
 CWA_08 con 05% de relave
 Descripción Microscópica:

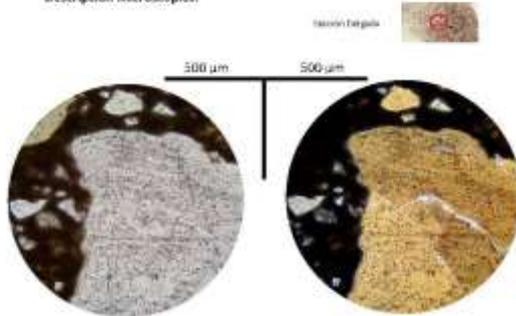


Foto: 05 //s

Foto: 06 Xs

SECCIÓN DELGADA:

Detalle de agregado de granodiorita con contacto la matriz bien definida. El fragmento con dimensiones mayores de 500 μm

Descripción Microscópica:

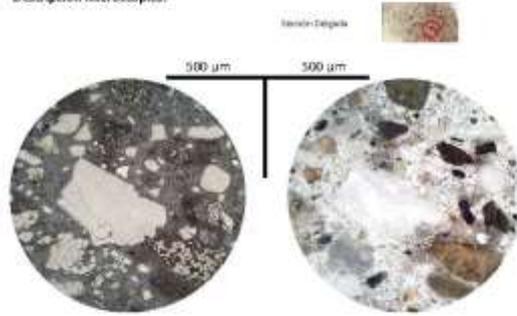


Foto: 07 //s

Foto: 08 Xs

SECCIÓN PULIDA:

Distribución de agregado fino, matriz y agregado grueso. En los contactos agregado / matriz no se observa reacción. Presencia fragmentos $\mu m < 5 \%$.



Rv. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
 Correo electrónico: a.elluz@un.edu.pe
 Teléfono directo: 692-21174
 Email: laboratorio.minerologia@un.edu.pe
 http://www.fgrm.un.edu.pe



Figura 02 de 11



Código de Muestra:
 CWA_09 con 10% de relave
 Descripción Microscópica:

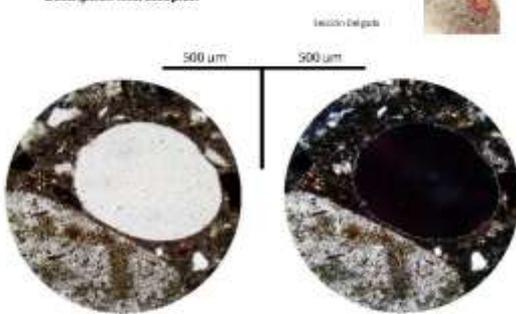


Foto: 09 //s

Foto: 10 Xs

SECCIÓN DELGADA:

Agrupamiento de componentes agregado y matriz de morfología subredondeada. Presencia de cavidad sin relleno ($\phi = 300 \mu m$)

Descripción Microscópica:

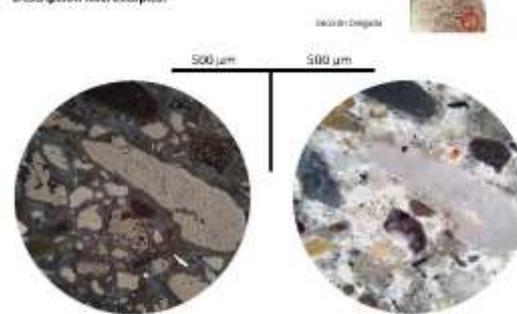


Foto: 11//s

Foto: 12 Xs

SECCIÓN PULIDA:

Detalle de componentes asociadas a la matriz (granodiorita y cuarzo libre). Sin arenillas en el contacto agregado matriz. Presencia de 5% < fragmentos $\mu m < 10 \%$.



Rv. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
 Correo electrónico: a.elluz@un.edu.pe
 Teléfono directo: 692-21174
 Email: laboratorio.minerologia@un.edu.pe
 http://www.fgrm.un.edu.pe



Figura 02 de 11



Código de Muestra:
CWA_20 con 15% de relave
Descripción Microscópica:



Foto: 13 //s

Foto: 14 Xs

SECCIÓN DELGADA
Disposición de agregados finos, gruesos, fragmentos libre de cuarzo y matriz. Detalle de cavidad sin relleno.

Descripción Microscópica:

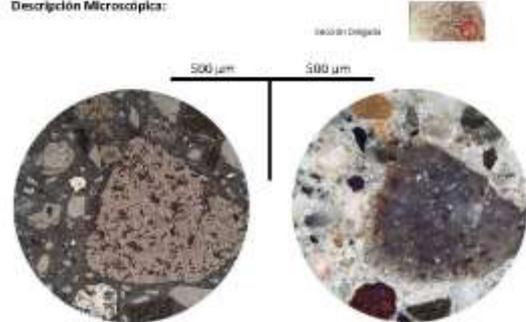


Foto: 15//s

Foto: 16 Xs

SECCIÓN FLUIDA
Detalle de componentes asociados a la matriz. El contacto agregado grueso y matriz sin presencia de interface preintraal. Presencia de 10 % - fragmentos $\mu\text{m} < 15 \%$.



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Centro telefónico +51 1 1770 4144
Teléfono directo: 692-2174
Email: laboratorioingenieria@uni.edu.pe
<http://www.fgrm.un.edu.pe>





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

LabMinUNI-040-2023

INFORME PETROGRÁFICO

Norma ASTM C 295
Standard Guide for:
Petrographic Examination of Aggregates for Concrete

Solicitado por:
Mora Ángeles, Carlos Emmanuel

Proyecto de Tesis:
Efecto de sustitución del agregado fino natural por
relave minero en las propiedades físico-mecánicas
de un mortero de albañilería

Ubicación del Proyecto:
Caraz, Ancash

Muestras de Mortero con edad: 28 días:
CMA_11 con 00% de relave
CMA_12 con 05% de relave
CMA_13 con 10% de relave
CMA_14 con 15% de relave

Julio, 2023



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 482-2174
Email: laboratoriomineralogia@uni.edu.pe
<http://www.figmm.uni.edu.pe>





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

1.0. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO SOLICITADO

El estudio se realizó siguiendo las especificaciones formuladas por la norma "*ASTM C 295, Standard Guide Petrographic Examination of Aggregates for Concrete*"

Se desarrolló las evaluaciones a dos escalas para determinar el tipo de roca, a continuación, se detalla:

Macroscópica; describe las características de la muestra en dimensiones mayores iguales a 1 mm

Microscópica; describe las características de la muestra en dimensiones menores a 1 mm

2.0. METODOLOGÍA

Para cada caso se describirá los procedimientos seguidos:

2.1. Escala Macroscópica

Mediante observación a través del microscopio estereoscópico y de la lupa de 10X de aumento; se describe la morfología e interrelación de los componentes. Así mismo se identifica los minerales que la componen.

2.2. Escala Microscópica

La evaluación desde secciones delgadas permitirá el análisis correspondiente a la escala indicada mediante microscopía de luz polarizada.

Este análisis permitirá la identificación de los minerales que componen la muestra con lo cual se podrá determinar la clasificación, asignar el nombre de la roca y describir las características propias de la misma. En anexo se adjuntan fotomicrografías con la descripción correspondiente.

3.0. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA REMITIDA

Las muestras corresponden a probetas elaboradas con los estándares especificados en la industria. Para el presente proyecto de tesis se sustituyó el agregado fino por relave minero en incrementos porcentuales; la vista expone las probetas luego de a prueba de rotura. (Observar foto adjunta).



CMA_11

CMA_12

CMA_13

CMA_14



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Central telefónica 4811070 Anexo 4236
Teléfono directo: 482-2174
Email: laboratoriomineralogia@uni.edu.pe
<http://www.figmm.uni.edu.pe>





4.0. DESCRIPCIÓN DE FRAGMENTOS DE PROBETAS

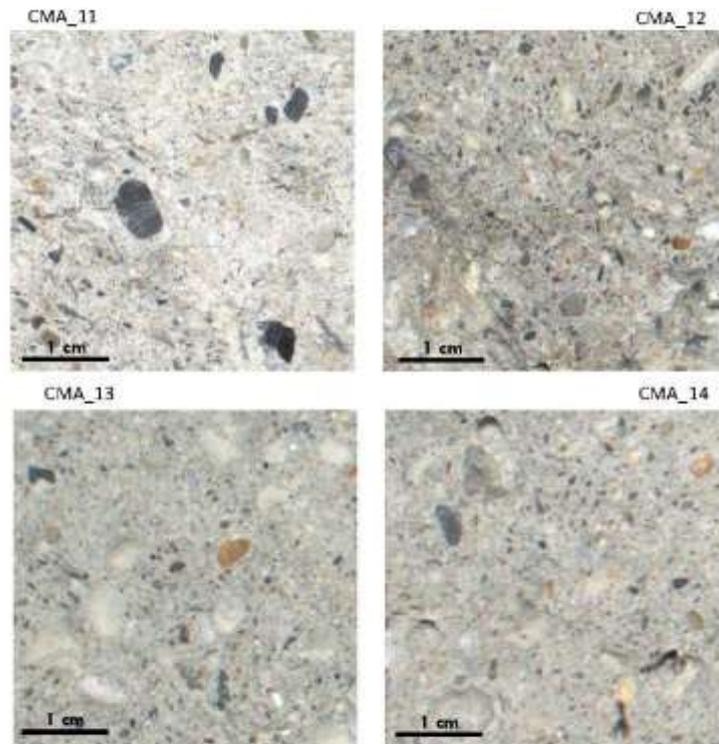
Para efecto del presente análisis, se eligió zonas representativas (superficies inalteradas y alteradas) con la finalidad de obtener información de los componentes.

Se realizaron pruebas para identificación macroscópica; de microscopía estereoscópica y de luz transmitida (polarizada).

4.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES A ESCALA MACROSCÓPICA:

Principales características reconocibles en la muestra estudiada desde fragmentos representativos.

DETALLES DE SUPERFICIE DE PROBETAS



En las las probetas la distribución es homogénea en granulométrica y agregados tanto gruesos (abundancia de componentes litológicos) como finos la cual responde al diseño del mortero. Es posible identificar la presencia de cavidades las cuales incrementan en dimensión en relación directa a la sustitución del agregado fino por relave minero.





5.0. Marco Teórico Referencial

La importancia y uso de este ensayo se expresa en lo siguiente;

- Determinar las características físicas y químicas del material que puede observarse por métodos petrográfico y que influyen en el rendimiento del material en su uso.
- Describir y clasificar los componentes de la muestra
- Determinar las cantidades relativas de los componentes de la muestra que son esenciales para una evaluación adecuada; cuando los componentes difieren significativamente en las propiedades que influyen en el rendimiento del material en su uso
- Comparar muestras de agregados de las nuevas fuentes con muestras de agregado de uno o más orígenes.

6.0. Resultados de Análisis Petrográfico

Las dimensiones de los componentes de la muestra, condicionaron a realizarlos macro e individual; adicionalmente la condición de roca poco alterada de la totalidad de la muestra no exigió empleo de estudios de mayor rigurosidad como difracción de rayos X.

A continuación, presentamos los resultados en el cuadro adjunto. Debemos indicar que en anexo adjunto se incluyen las fotografías que muestran los detalles y las descripciones correspondientes a cada una de las muestras.

TABLA NRO. 1. Características Físicas y Químicas de Minerales Componentes

Especie Mineral y/o Componente	Color	Forma	Dureza	Magnetismo	Reacciones Químicas
Cuarzo	Transparente	Anhedral	7	Ausente	No Reactivo
Granodiorita	Gris claro	Subredondeado	ND	Ausente	No Reactivo
Cuarcita	Claro	Subredondeado	ND	Ausente	No Reactivo
Diorita	Gris oscuro	Subredondeado	ND	Ausente	No Reactivo
Andesita	Gris verduzco	Subredondeado	ND	Ausente	No Reactivo
Mineralogía Metálica	Ausente				
Materia Orgánica	Ausente				

Abreviaturas: ND: No Determinado

Tabla Nro. 02. Determinación Petrográfica y Condición de Reactividad

Especie	Nombre / Denominación	% Abundancia	Condición de Reactividad
Mineral	Cuarzo (Mineral Libre)	27.86	No Reactiva
Roca Ígnea	Granodiorita	20.71	No Reactiva
Roca Metamórfica	Cuarcita	28.57	No Reactiva
Roca Ígnea	Diorita	14.29	No Reactiva
Roca Ígnea	Andesita	8.57	Potencialmente Reactiva

Norma Técnica: BGS Rock Classification Scheme, British Geological Survey Research Report /ASTM 291 C



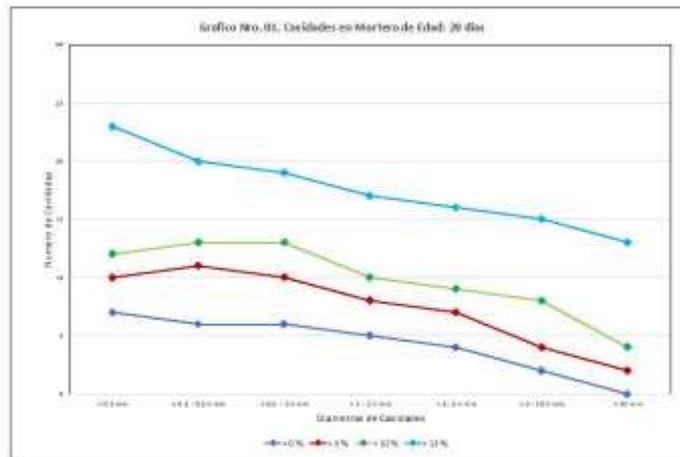


TABLA NRO. 03. Determinación Petrográfica y Abundancia de Componentes

Fracción	Componente	Mineral	Porcentaje de Abundancia				
			CVA_03	CVA_04	CVA_05	CVA_06	
Agregado	Petrografía	Granodiorita	35.0	15.0	30.0	15.0	
		Cuarzo	25.0	35.0	30.0	12.0	
		Diorita	35.0	29.0	20.0	12.0	
		Andesita	3.0	4.0	4.0	9.0	
Matriz	Relave	Cuarzo libre	0.0	7.0	12.0	20.0	
		Sulfuros	Pirita	0.0	3.0	3.0	4.0
			Galena	0.0	2.0	0.0	2.0
	Esfalerita		0.0	0.0	1.0	1.0	
	Cavidades		2.0	4.0	5.0	12.0	
	Matena Orgánica		0.0	0.0	0.0	0.0	
Totales			100.0	100.0	100.0	100.0	

TABLA NRO. 04. Cavidades en Mortero de Edad 28 días

Muestra	+ Relave	Diámetros (mm)						
		< 0.1	< 0.1 - 0.5 >	< 0.5 - 1 >	< 1 - 2 >	< 2 - 5 >	< 5 - 10 >	> 10
CVA_11	+ 0%	7	6	6	5	4	2	0
CVA_12	+ 5%	10	11	10	8	7	4	2
CVA_13	+ 10%	12	13	13	10	9	8	4
CVA_14	+ 15%	23	20	19	17	16	15	13
Totales		52	50	48	40	36	29	19





7.0. CONCLUSIONES

Se enuncian las siguientes:

La muestra CMA_10 con 15% de relave presenta:

- Mayor presencia de cavidades y sulfuros (relave)
- Mayor presencia de cuarzo libre (relave)
- Incremento de desprendimiento de agregado grueso
- Cavidades sin rellenos y en algunos casos con fisuras
- Ausencia de alteraciones supérgenas

La muestra CMA_09 y CMA_08; ambas muestras presentan comportamientos similares:

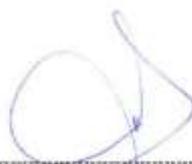
- Abundancia de cavidades en porcentajes similares
- Equilibrada abundancia de cuarzo libre
- Se identifica a pirita (Fe₂S) menor a 10%
- Andesita en proporciones menor a 10 %
- Aislamiento desprendimiento de agregado grueso
- Cavidades sin fracturas y relleno
- Ausencia de alteraciones supérgenas

La muestra CMA_07:

- Reducción de cavidades
- Andesita menor a 10 %
- Agregado grueso íntegro en el mortero
- Cavidades sin fisuras y relleno
- Alteraciones supérgenas ausentes
- No se reconocen alteraciones relacionadas a reacciones sílica álcali (RAS)

Las descripciones presentadas son producto de los estudios realizados en nuestro laboratorio.

Sin otro particular


MSc Ing. César A. Mendoza Tarazona
Jefe (e) Laboratorio de Mineralogía



8.0. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM C294 - 05 Standard Descriptive Nomenclature for Constituents of Concrete Aggregates
- ASTM C295 - 08 Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete





LabMinUNI-040-2023

INFORME PETROGRÁFICO

Norma ASTM C 295
 Standard Guide for:
 Petrographic Examination of Aggregates for Concrete

Solicitado por:
 Mora Ángeles, Carlos Emmanuel

Proyecto de Tesis:
 Efecto de sustitución del agregado fino natural por
 relave minero en las propiedades físico-mecánicas
 de un mortero de albañilería

Ubicación del Proyecto:
 Camaz, Ancash

Muestras de Mortero con edad: 28 días:
 CMA_11 con 00% de relave
 CMA_12 con 05% de relave
 CMA_13 con 10% de relave
 CMA_14 con 15% de relave

ANEXO I

**DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA y ASOCIACIONES MINERALÓGICAS
 EN FOTOMICROGRAFIAS**

Lima, 2023



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
 Central telefónica 4811070 Anexo 4136
 Teléfono directo: 492-2174
 Email: laboratorio@ingenieria.un.edu.pe



Página 1 de 11



Código de Muestra:
 CMA_11 con 00% de relave
 Descripción Microscópica:



Foto: 01 //s Foto: 02 Xs

SECCIÓN DELGADA:
 Distribución de agregado grueso subredondeado asociado a la matriz. Fragmentos subangulares de cuarzo ($Q = 50 \mu m$) del agregado grueso distribuido en la matriz.

Descripción Microscópica:

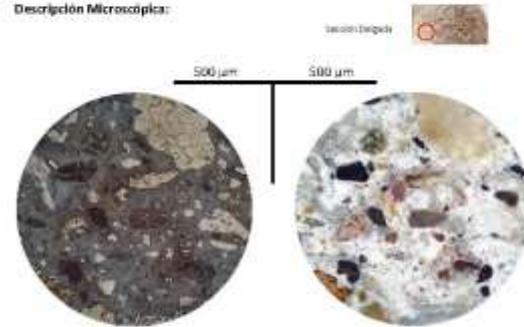


Foto: 03 //s Foto: 04 Xs

SECCIÓN PLAJADA:
 Distribución de agregados gruesos, finos y matriz. El agregado grueso subangulado presenta incipiente oxidación. Ausencia de retina de reacción matriz.



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
 Central telefónica 4811070 Anexo 4136
 Teléfono directo: 492-2174
 Email: laboratorio@ingenieria.un.edu.pe
 http://www.ingenieria.un.edu.pe



Página 2 de 11



Código de Muestra:
 CWA_12 con 05% de relave
 Descripción Microscópica:

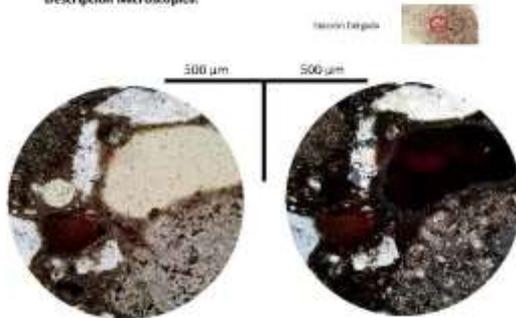


Foto: 05 //s

Foto: 06 Xs

SECCIÓN DELGADA:
 Vista mostrando agregado fino en matriz y cavidades. Las cavidades no presentan refuerzo ni fracturas.

Descripción Microscópica:

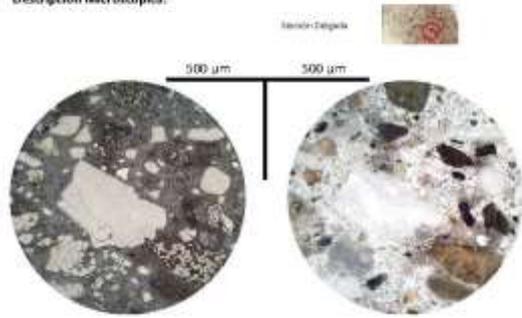


Foto: 07 //s

Foto: 08 Xs

SECCIÓN PULIDA:
 Disposición de fragmentos de agregados grues, fino y matriz. En los contactos de los agregados con la matriz no se observa reacción.
 Presencia de fragmentos $_{\text{mat}} < 5\%$.



Rv. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
 Correo electrónico: a.elluz@un.edu.pe
 Teléfono directo: 692-21174
 Email: laboratorio.mineralogia@un.edu.pe
 http://www.fgrm.un.edu.pe



Figura 11 de 11



Código de Muestra:
 CWA_15 con 10% de relave
 Descripción Microscópica:

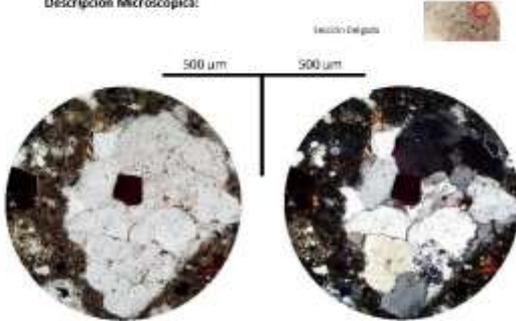


Foto: 09 //s

Foto: 10 Xs

SECCIÓN DELGADA:
 Detalle de agregado grueso (granodiarita) con inclusión de pirita subhedral. Adicionalmente cavidad sin refuerzo ni fracturas.
 Presencia de cavidad con dimensiones $D < 200 \mu\text{m}$.

Descripción Microscópica:

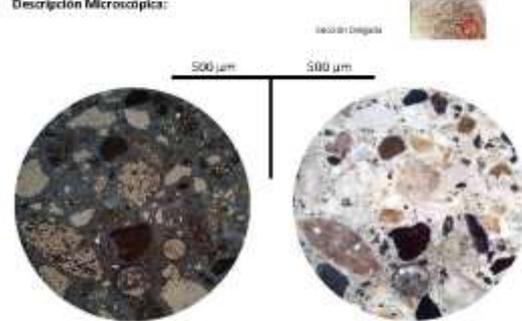


Foto: 11//s

Foto: 12 Xs

SECCIÓN PULIDA:
 Detalle de componentes asociados a la matriz. Abundancia equilibrada. No se reconocen anomalías en el contacto agregado matriz.
 Presencia de $05\% < \text{fragmentos}_{\text{mat}} < 10\%$.



Rv. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
 Correo electrónico: a.elluz@un.edu.pe
 Teléfono directo: 692-21174
 Email: laboratorio.mineralogia@un.edu.pe
 http://www.fgrm.un.edu.pe



Figura 12 de 11



Código de Muestra:
CWA_24 con 15% de relave
Descripción Microscópica:

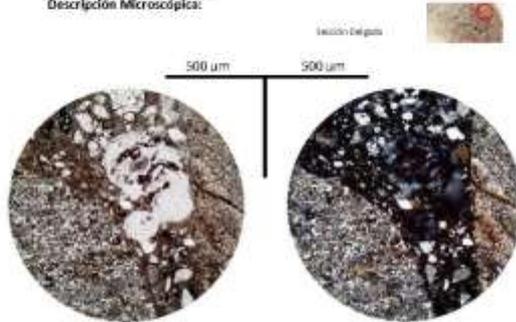


Foto: 13 //s

Foto: 14 Xs

SECCÓN DELGADA

Vista de agregado grueso y matriz. El agregado presenta fisuras de corta extensión y granos.
Adicionalmente se observa la matriz presentando cavidades sin relleno ni fisuras.

Descripción Microscópica:



Foto: 15//s

Foto: 16 Xs

SECCÓN PULIDA

Detalle de componentes mostrando gradualidad en la dimensión de agregados asociados a la matriz. El contacto agregado matriz presenta interfase peritética.
Presencia de 10% < fragmentos_{mat} < 35 %.



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Centro telefónico +51 1 271 4300
Teléfono directo: 692-2174
Email: laboratorioingenieria@uni.edu.pe
http://www.fgrm.un.edu.pe



ANEXO 5: Panel fotográfico



01. Se visualiza la extracción del relave minero.



02. Se visualiza la extracción del agregado fino.



03. Se visualiza el pesado de los materiales previo al diseño de mezcla.



04. Se visualiza el secado pesado de los materiales previo al diseño de mezcla.



05. Se visualiza el la preparacion del mortero.



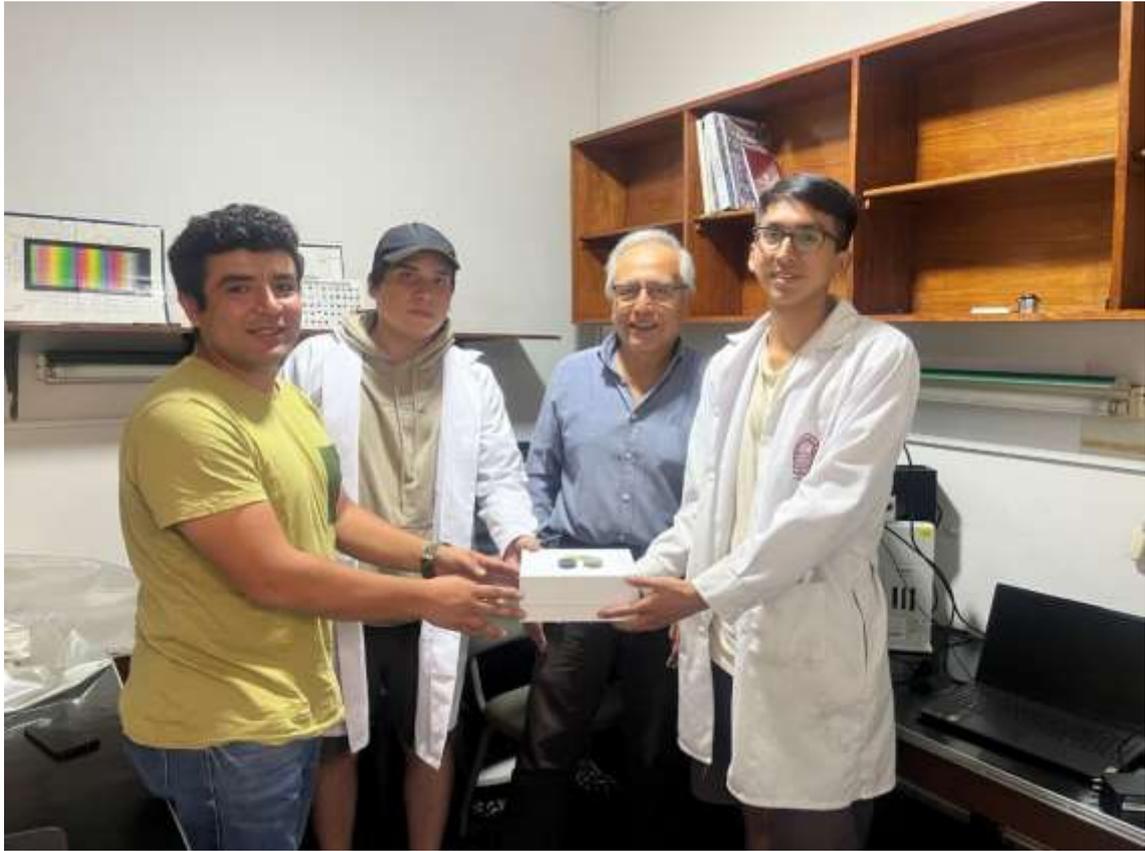
06. Se visualiza del muestreo del mortero en las probetas.



07. Se visualiza la rotura de los testigos.



08. Se visualiza la rotura de los testigos.



09. Se visualiza las muestras de los materiales previos al ensayo petrográfico.