



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Diseño de shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de
rampa principal aplicando la norma ACI 506 mina Alpayana Lima 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. Rojas Acurio, John Santy (ORCID: [0000-0002-8521-9356](https://orcid.org/0000-0002-8521-9356))

ASESOR:

Ms. Ing. Aybar Arriola, Gustavo Adolfo (ORCID: [000-0001-8625-3989](https://orcid.org/000-0001-8625-3989))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

CALLAO – PERÚ

2021

Dedicatoria

A mi Dios, mi Padre celestial que a pesar de las dificultades de la vida siempre está conmigo guiándome el camino y dándome fuerzas para poder seguir adelante.

A mis padres Carmen Rosa Acurio Dávalos y Juan Elías Rojas Condori quien aun estando con vida me siguen apoyando como persona a seguir adelante a pesar de los obstáculos que se me presenten en la vida.

A mi abuelita Justina Dávalos Enríquez que me ha criado en mi niñez y adolescencia y desde el cielo me está cuidando y guiando.

Agradecimiento

A la Universidad Cesar Vallejo filial Callao, de la Facultad de Ingeniería Civil, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, que nos dieron la oportunidad de formarnos como profesionales y nos guiaron con éxito a nuestra formación académica que hoy se constituye en los fundamentos de nuestra vida profesional.

Nuestro agradecimiento a nuestro asesor Ing. Gustavo Aybar Arriola de la Universidad Cesar Vallejo, que gracias a sus sabios conocimientos me he podido desarrollar profesionalmente.

A la empresa minera Alpayana S.A. por darme la oportunidad de trabajar y permitirme desarrollar el presente trabajo de investigación.

A mis padres por apoyándome incondicionalmente en desarrollarme profesionalmente

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen.....	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	11
II. MARCO TEÓRICO	14
III. METODOLOGÍA.....	23
3.1. Tipo y diseño de investigación	23
3.2. Variables y operacionalización	23
3.3. Población, muestra y muestreo.....	24
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25
3.5. Procedimientos	26
3.6. Método de análisis de datos.....	27
3.7. Aspectos éticos	27
IV. RESULTADOS	28
V. DISCUSIÓN	60
VI. CONCLUSIONES.....	64
VII. RECOMENDACIONES	66
REFERENCIAS.....	67
ANEXOS	72

Índice de tablas

Tabla 1. Diferencias de shotcrete vía húmeda y seca.....	18
Tabla 2. Aplicaciones de shotcrete en áreas de trabajo.....	19
Tabla 3. Cuadro de gradación de agregados.....	21
Tabla 4. Características del cemento andino tipo I.....	29
Tabla 5. Ensayo de granulometría de la M-01.....	30
Tabla 6. Ensayo de granulometría de la M-02.....	31
Tabla 7. Ensayo de granulometría de la M-03.....	32
Tabla 8. Módulo de fineza del agregado.....	34
Tabla 9. Material pasante de malla # 200.....	35
Tabla 10. Gravedad específica y absorción del agregado.....	37
Tabla 11. Contenido % de humedad del agregado.....	38
Tabla 12. Relación entre resistencia y contenido de cemento.....	40
Tabla 13. Características del aditivo hiperplastificante MACFLU 110.....	40
Tabla 14. Características de las fibras metálicas WIRAND FS3N.....	41
Tabla 15. Características del aditivo acelerante HAA MACFREE PLUS.....	41
Tabla 16. Cálculo de volúmenes absolutos de los materiales.....	42
Tabla 17. Diseño seco del shotcrete.....	42
Tabla 18. Diseño húmedo del shotcrete.....	43
Tabla 19. Resultados de slump.....	45
Tabla 20. Resultados del peso unitario y rendimiento del shotcrete.....	47
Tabla 21. Ensayo de resistencia inicial con penetrómetro.....	50

Tabla 22. Ensayo de resistencia temprana con pistola hilti DX 450.....	53
Tabla 23. Porcentaje de rebote para superficies de shotcrete vía húmeda.....	57
Tabla 24. Cálculo de % de rebote del shotcrete.....	58

Índice de figuras

Figura 1. Proceso de shotcrete vía seca.....	17
Figura 2. Proceso de shotcrete vía húmeda.....	18
Figura 3. Granulometría de agregado mínimo y máximo.....	21
Figura 4. Mapa de acceso de la unidad minera Alpayana.....	28
Figura 5. Curva granulométrica de la M-01.....	30
Figura 6. Curva granulométrica de la M-02.....	31
Figura 7. Curva granulométrica de la M-03.....	32
Figura 8. Ensayo de pesos retenidos de los tamices.....	33
Figura 9. Módulo de fineza del agregado.....	34
Figura 10. Ensayo de granulometría del agregado.....	35
Figura 11. Lavado de muestra y peso en seco de la muestra.....	35
Figura 12. % malla N° 200 del agregado.....	36
Figura 13. Ensayo de gravedad específica y absorción del agregado.....	37
Figura 14. Cálculo de humedad del agregado.....	38
Figura 15. Relación agua/cemento vs resistencia en compresión.....	39
Figura 16. Diseño y partes de cono abrams.....	44
Figura 17. Procedimiento de ensayo de slump.....	45
Figura 18. Pérdida de asentamiento del shotcrete.....	45
Figura 19. Ensayo de slump en planta shotcrete y en la rampa principal nivel 21.....	46
Figura 20. Ensayo para medir la temperatura del shotcrete.....	46
Figura 21. Ensayo de peso unitario del shotcrete.....	47

Figura 22. Penetrómetro tradicional para hormigón.....	48
Figura 23. Paneles trapezoidales para muestra de ensayo.....	48
Figura 24. Curva de calibración para penetrómetro.....	49
Figura 25. Evolución de la resistencia inicial (kg/cm ²).....	50
Figura 26. Elaboración de muestras trapezoidales.....	51
Figura 27. Método de ensayo con penetrómetro.....	51
Figura 28. Equipo de ensayo para hincado de clavo.....	52
Figura 29. Curva de calibración del fabricante.....	53
Figura 30. Elaboración de muestras para el ensayo con martillo hilti DX 450.....	54
Figura 31. Martillo hilti DX 450 perforando clavos en el panel trapezoidal.....	54
Figura 32. Extracción de los clavos con el equipo Pull-test.....	54
Figura 33. Evolución de la resistencia a compresión temprana.....	55
Figura 34. Lanzado de shotcrete en la rampa principal del nivel 21.....	57
Figura 35. Manta para recolectar el rebote del shotcrete.....	58
Figura 36. Peso del rebote en baldes.....	59

Resumen

La presente tesis tiene como objetivo principal diseñar el shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021, con la finalidad de obtener un óptimo diseño de shotcrete vía húmeda para optimizar la calidad de sostenimiento, dando seguridad al trabajador en sus labores diarias.

El tipo de investigación es aplicada, ya que se toma de los conocimientos y las normas ASTM, UNE, ACI Y EFNARC para nuestro diseño de shotcrete, con la finalidad de aplicarlo en el campo donde será lanzado para construir el sostenimiento, el diseño es no experimental – transversal ya que los datos se tomarán en un solo momento en el campo sin cambiar muestras variables.

Los resultados que se obtuvieron mediante ensayos físicos del agregado, resistencia de compresión a edades tempranas y aplicación de lanzado, nos permitieron evaluar nuestro diseño, logrando construir el sostenimiento en la rampa principal del nivel 21.

Por ello la presente tesis concluye que mediante los resultados obtenidos, nuestro diseño de shotcrete vía húmeda es óptimo para construir el sostenimiento de la rampa del nivel 21.

Palabras claves: diseño, shotcrete vía húmeda, resistencia, sostenimiento.

Abstract

The main objective of this thesis is to design the wet shotcrete to build the support of the main ramp in the Alpayana Lima 2021 mine, in order to obtain an optimal wet shotcrete design to optimize the quality of support, giving worker safety. in their daily work.

The type of research is applicative, since it is taken from the knowledge and the ASTM, UNE, ACI and EFNARC standards for our shotcrete design, in order to apply it in the field where it will be launched to build the support, the design is not experimental - transversal since the data will be taken in a single moment in the field without changing variable samples.

The results obtained through physical tests of the aggregate, compressive strength at early ages and the application of spray, allowed us to evaluate our design, managing to build the support on the main ramp of level 21.

Therefore, this thesis concludes that through the results obtained, our wet shotcrete design is optimal to build the support of the level 21 ramp.

Keywords: design, wat shotcrete, compression resistance, sustainability.

I. INTRODUCCIÓN

Realidad problemática

Actualmente en la mina subterránea las operaciones mineras dependen del avance de labores de exploración, preparación, desarrollo y explotación de cuerpos mineralizados.

El desprendimiento de roca es un problema diario en la mina, lo cual al no ser solucionado en el momento llegan a generar accidentes (pérdidas humanas, materiales y medio ambientales), por caída de rocas donde también puede afectar psicológicamente al trabajador durante su desarrollo en la vida.

Por lo tanto es de suma importancia construir un sostenimiento adecuado y seguro para evitar la caída de rocas y poder continuar la operación y a la vez dar seguridad y protección al trabajador en sus labores.

El shotcrete juega un papel muy importante a nivel mundial como elemento de sostenimiento en tunelería y minería, esto se debe a su gran capacidad de soporte y altas resistencias que se obtiene en corto plazo. Estas propiedades mecánicas se debe al fraguado rápido por la aplicación de una buena dosificación de aditivos.

La base para obtener una excelente calidad de shotcrete vía húmeda es la calidad de los insumos del diseño, así como también buenos equipos y un operador lanzador que esté certificado y con amplia experiencia para el lanzamiento de shotcrete vía húmeda, por lo cual se deberá llevar un buen control de calidad de los materiales.

Por lo tanto se optó hacer ensayos físicos de los agregados, ensayos del concreto fresco y pruebas de resistencia de compresión inicial y temprana para determinar si el shotcrete vía húmeda es de óptima calidad para una buena construcción de sostenimiento para los trabajadores, a la vez se realizó buenas técnicas y procedimientos para una correcta aplicación de shotcrete vía húmeda, con la finalidad de obtener una buena adherencia con el sustrato, y evitar desprendimiento de roca.

Teniendo todo en cuenta lo expuesto anteriormente, identificando la realidad problemática, se plantea el siguiente problema de carácter general: ¿Cómo se va a diseñar el shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021?, además, se plantean tres problemas específicos, el primero: ¿Cómo se va a realizar los ensayos físicos de los agregados del shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021?, el segundo: ¿Cuál es la resistencia inicial del shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021? Y el tercero: ¿Cuál es la aplicación del shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021?

Continuando con la secuencia del esquema del desarrollo de nuestro trabajo de investigación, se presenta la justificación de la investigación de construir un sostenimiento seguro de shotcrete vía húmeda en la rampa principal 565 del nivel 21 para evitar accidentes por el desprendimiento de rocas, y dar mayor confiabilidad y seguridad a los trabajadores. Por otra parte se justifica económicamente el cumplimiento de trabajo donde va a generar mayor producción y generando ganancias económicas. Y por último en la justificación académica que permitirá ampliar nuestros conocimientos teóricos, para profundizar en el tema de estabilidad en tunelería mediante una buena dosificación de shotcrete, y que servirá como un antecedente de estudio de investigación para trabajos y estudios posteriores.

Dentro del proceso de investigación se han trazado los siguientes objetivos, siendo el objetivo general diseñar el shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021, así mismo se presenta tres objetivos específicos, el primer objetivo específico es de realizar los ensayos físicos de los agregados del shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021, el segundo objetivo específico es determinar la resistencia inicial del shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021 y el tercer objetivo específico es aplicar el shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021.

Entendemos que al realizar nuestros objetivos, necesitamos corroborar nuestro trabajo de investigación, de tal motivo se planteó la siguiente hipótesis general que el diseño del shotcrete vía húmeda es óptimo para construir la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021, por consiguiente la primera hipótesis específica es que la caracterización de los ensayos físicos de los agregados permiten diseñar mezcla shotcrete vía húmeda adecuadas para la construcción del sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021, como la segunda hipótesis específica es la resistencia inicial del shotcrete vía húmeda óptimo para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021 y finalmente la tercera hipótesis específica que aplicando correctamente el shotcrete vía húmeda se logrará construir el sostenimiento óptimo para la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Ante lo expuesto a continuación se detalla los antecedentes internacionales como en la tesis de Muñoz (2018) en su tesis “Validación del método de muestreo y ensayo de la norma coguanor NTG 41013 H1 y H3 (concreto lanzado)” de la universidad San Carlos de Guatemala, concluyó que aplicando las fibras en el shotcrete (concreto lanzado) es de gran utilidad para un gran beneficio de las propiedades de tenacidad tracción. La propiedad de tracción se determinó por los resultados de los ensayos obtenidos de tracción indirecta, por la acción de las fibras que genera mejor adherencia, pero para la propiedad de compresión se demuestra a través de los resultados que el ensayo no es factible para el shotcrete (concreto lanzado), por tal motivo los resultados con menor cantidad de fibras son menores a los que no poseen fibras y los que contiene mayor cantidad de fibras son muy dispersos, por lo que no se distribuye en su totalidad de toda la mezcla, por tal motivo es dificultoso determinar exactamente la resistencia a compresión.

También tenemos en el trabajo de investigación de Linares (2018) en la “Determinación de resistencia temprana de hormigón proyectado, correlación entre método normado UNE-EN 14488-2 y método alternativo”, de la Universidad de Chile destacó que el shotcrete es una mezcla especial, por tal motivo requiere características especiales a comparación de los concretos convencionales. Por lo mencionado anteriormente el shotcrete tiende a una dosificación acorde al especificado y con la finalidad de lograr resistencias altas a edades tempranas. Por lo tanto el colcoado de shotcrete es de vital importancia, ya que puede comprometer a corto y largo plazo la resistencia del mismo.

Luego para la tesis de Hidalgo (2017) en la “Evaluación de parámetros incidentes en la respuesta post agrietamiento del hormigón proyectado reforzado con fibras de polipropileno” de la Universidad de Chile se concluyó que, para cumplir con la funcionalidad estructural de hormigones fibroreforzados, es necesario que en el diseño se consideren altas dosis de fibra de polipropileno. Específicamente, en los resultados se obtuvo que una dosis de 8 [kg/m³] de fibra de polipropileno entrega funcionalidad

estructural al hormigón, y que cantidades más pequeñas de 6 [kg/m³] son aptas en grados de resistencia del orden de G30 y G40, mientras que en mezclas con mayores resistencias la funcionalidad depende del criterio con el que se analice, lo mismo sucede para hormigones G20. En definitiva, a partir de los resultados finales a los que se llegaron, se deduce que una dosis alta de fibra de polipropileno en un concreto con resistencias a compresión del orden de 30 [MPa] a 40 [MPa] y que, por supuesto, tenga propiedades de hormigón proyectado, asegura un comportamiento estructural frente a sollicitaciones, ya que, bajo estas condiciones mínimas, ambos materiales adoptan cierto desempeño como el del hormigón reforzado, y para otros grados de resistencia y/o dosis de fibra de polipropileno, es recomendable evaluar caso a caso.

Para conocer ampliamente la investigación realizada de nuestro tema de shotcrete vía húmeda se realizó e investigó antecedentes nacionales como en la tesis de Cruz (2019) en la “Formulación de una mezcla de concreto con fines de optimizar el tiempo de fraguado en el concreto proyectado aplicado a la minería subterránea” de la Universidad nacional de San Agustín de Arequipa afirma que para una buena dosificación de shotcrete compromete en varios aspectos, como la bombeabilidad del shotcrete al ser lanzado y colocado y el resultado de las resistencias iniciales y finales. Tomando en cuenta el slump del shotcrete al momento de ser lanzado y la resistencia a edad tempranas, se obtiene la dosificación óptima con 0,8 % de aditivo hiperplastificante Master Ease 3014 con relación al peso del cemento y una relación A/C de 0,46.

Por consiguiente en el trabajo de investigación de Muñoz (2019) en la “Propuesta de mejoramiento en el sistema de sostenimiento mediante shotcrete vía húmeda en sección cuerpos zona alta – compañía minera Casapalca – Huarochiri - Lima”, de la Universidad nacional de San Antonio Abad del Cusco, concluyó que, Se determina que para labores permanentes el sostenimiento por shotcrete vía húmeda será el más apto de aplicar debido a que se obtendrá una mayor calidad en cuanto a resistencia mecánica con 400 kg/cm² a los 28 días lo cual representa una cifra elevada para el planteo necesario de 210 kg/cm² a los 28 días, a su vez se obtiene un mejor

rendimiento de los elementos componentes de la mezcla de shotcrete debido a que se obtendrá un rebote menor en 26.5%.

Finalmente en el estudio de investigación de Meléndez (2018) en la “Obtención de 20 kg-f/cm² de resistencia temprana en dos horas de tiempo de fragua del concreto lanzado en la Mina Marcapunta norte de Sociedad Minera El Brocal”, de la Universidad nacional del Centro del Perú se discutió que, las operaciones mineras son de gran importancia para la producción de la mina, lo cual depende mucho del sostenimiento a realizar, lo que compromete al avance y producción. Por tal motivo la finalidad es reducir el tiempo de fragua para poder cumplir con el ciclo minado. EL objetivo principal es llegar a 20 kg/cm² en 2 horas, con el ensayo del penetrómetro con aguja se llegó a alcanzar a 12 kg/cm² en 1 hora, luego con el ensayo de la pistola hilti se llegó a pasar los kg/cm². El tiempo que se trabajaba era de 4 horas para fragua que comprometía para el avance de labores, al reducir el tiempo de fragua se cumple el ciclo minado ejecutando disparo por cada guardia. Con este tiempo obtenido se llega a la meta programada y un avance adicional de 7 metros por día.

El término hormigón proyectado se ha adoptado en Chile para la descripción del shotcrete según ACI (American Concrete Institute), lo define como un hormigón colocado por proyección neumática de alta velocidad desde una boquilla.

La tecnología del shotcrete comprende en 2 procesos de vía seca y de vía húmeda:

a) Proyección por vía seca

En una planta dosificadora el shotcrete es mezclado en seco dentro de mina, para el proceso de shotcrete vía seca la mezcla seca se alimenta manualmente a un alimentador mediante lampa o puede ser también alimentada mecánicamente, a la máquina gunitadora; donde procede a su mezcla seca para luego ser proyectada a la superficie del macizo rocoso mediante una manguera con su boquilla, como es mostrada en la figura 1, según guía chilena del hormigón proyectado (2015) define, los materiales del shotcrete por vía seca son transportados mediante aire comprimido en estado “seco” y donde el agua de hidratación se introduce a la boquilla junto con el

acelerante. Para luego ser proyectado con toda la mezcla a la superficie del macizo rocoso. La proyección por vía seca se procesa mediante aire comprimido a alta velocidad, ocasionando un alto porcentaje de rebote al impactar contra la superficie rocosa.

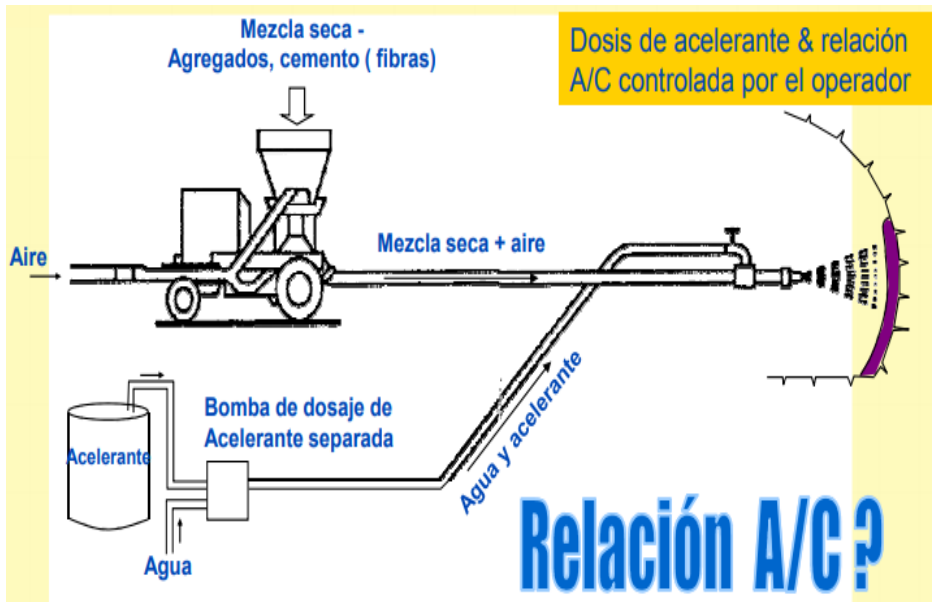


Figura 1. Proceso de shotcrete vía seca.
Fuente: Díaz, 2014.

b) Proyección por vía húmeda

Con la proyección por vía húmeda es mucho mejor obtener una calidad uniforme a lo largo de la ejecución del proceso de lanzado. Este método consiste en mezclar previamente el cemento, agregados, agua, aditivos y fibras en una planta dosificadora, como se muestra en la figura 2, según la guía chilena del hormigón proyectado (2015) define, el shotcrete por vía húmeda consiste en transportar todos los componentes ya mencionado anteriormente en estado húmedo por la manguera hasta poder llegar hacia la boquilla, donde se introduce el acelerante junto con el aire comprimido, para luego ser proyectado sobre la superficie rocosa. Este lanzado de shotcrete por vía húmeda se ejecuta mediante aire comprimido a alta velocidad para poder impactar al sustrato, ocasionando un bajo porcentaje de rebote a comparación de la proyección por vía seca.

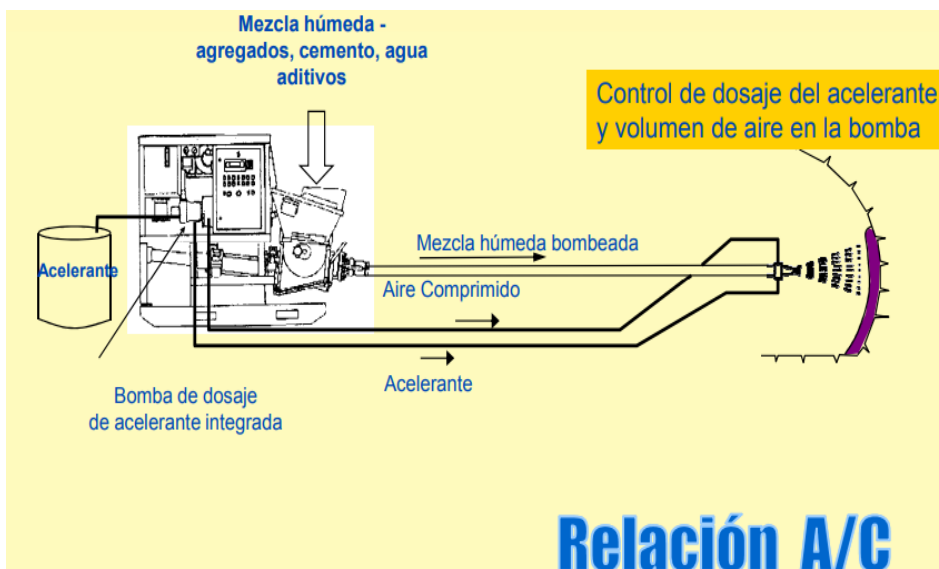


Figura 2. Proceso de shotcrete vía húmeda.
Fuente: Díaz, 2014.

En la tabla 1 nos indica las diferencias de proceso y trabajo del shotcrete vía húmeda y vía seca:

Tabla 1
Diferencias de shotcrete vía húmeda y vía seca

Ítem	Vía húmeda	Vía seca
Equipamiento	Mayor costo inicial	Menor costo inicial
Mezclado	Mezcla exacta en planta de concreto	Mezclado en el lugar de trabajo
Rendimiento	25 m3/hora con equipos robotizados	5 m3/hora manualmente
Rebote	Bajo rebote del 5 % al 10 %	Alto rebote del 30 % al 60 %
Polución	Baja polución en el lugar de trabajo	Alta polución
Relación a/c	Control de relación de a/c con el equipo	Control de a/c en la boquilla
Aplicaciones	Se adapta a lugares de mayor volumen	Se adapta a lugares limitados

Fuente: Elaboración propia.

Usos del shotcrete

El shotcrete (hormigón proyectado) hoy juega un papel imprescindible en el rubro minero y civil, ya que puede ser un proceso fácil y rápido, transformándose rentable para la construcción, según la guía chilena del hormigón proyectado (2015) define que para la colocación de hormigón, el shotcrete es el más indicado para estas circunstancias y a la vez posee una buena adherencia a múltiples sustratos también

roca, albañilería, hormigón y acero. Se adapta a una amplia gama de aplicaciones en soporte de suelo, revestimientos y edificación Los beneficios principales del shotcrete son:

- Rápido proceso de colocación
- El proceso del sostenimiento y tunelería permite reducir el ciclo del trabajo
- El proceso de la colocación y compactación se ejecuta en la primera etapa.
- Los moldajes mayormente son innecesarios.

Luego de la colocación del hormigón proyectado y después del fraguado inicial, el shotcrete comienza a proporcionar un sostenimiento pasivo a inicios de tiempo. Tras el paso del shotcrete vaya endureciendo y ganando más resistencia, defomraciones, va a generar mayor resistencia ya que el shotcrete con el pasar el tiempo comienza a aumentar de capacidad y se vuelve más rígido.

El shotcrete bien diseñado y a la vez aplicado, se estabiliza en su zona sin generar ningún tipo de hundimiento en los hastiales y las coronas. Es adecuado en espacios limitados, usando equipos de menor dimensión. El shotcrete puede ser usado en equipos operados por un lanzador o por pitoneros.

Los telemandos son mayormente utilizados en minería subterránea, con la finalidad de mantener al operador seguro y alejando de cualquier riesgo , en la tabla 2 nos indica los lugares del uso del shotcrete:

Tabla 2
Aplicaciones de shotcrete en áreas de trabajo

Aplicaciones del shotcrete	
Tunelería	Canales y embalses
Cavernas	Estabilización de taludes
Soporte de suelo en minería	Piscinas
Excavaciones subterráneas	Reparación, restauración y reforzamiento
Edificación	Protección contra el fuego
Estructuras civiles complejas	Acabos decorativos

Fuente: ACI 506R, 2016.

Materiales del shotcrete

Todos los materiales del shotcrete, deben cumplir con los requisitos de la norma ASTM 1436.

a) Cemento

El cemento más utilizado para el shotcrete en nuestro país es el cemento portland puzolánico de alta resistencia, en nuestro trabajo de investigación se usó cemento portland tipo 1, según Ortega (2020), el cemento su base principal es la de actuar como un “aglomerante” en las mezclas de shotcrete que fija y une las partículas de los agregados a través de composición. Adicionalmente el cemento es también el lubricante principal de la mezcla de shotcrete, tiene un fraguado hidráulico, en consecuencia, es gran parte responsable de las propiedades físico-mecánicas del shotcrete. No obstante, se tiene requisitos fundamentales que no son cualidad en el concreto convencional o estructurales. Uno de los requisitos del cemento para el shotcrete es que siempre tiene que tener tiempos de fraguado rápido para así producir una muy alta resistencia a edades tempranas, los cementos de tipo I debe cumplir con la norma ASTM C-150.

b) Agregado

Representa las $\frac{3}{4}$ partes de la mezcla de concreto, pese a su comportamiento pasivo, influyen significativamente la forma y distribución de partículas, según Ortega (2020) el agregado para la mezcla de shotcrete, deben de adecuarse a los requerimientos de las especificaciones técnicas de la norma ASTM C-33. El agregado para shotcrete debe de tener un tamaño máximo nominal de 8 -10 mm, esto se debe a las limitaciones que tiene la máquina de bombeo y además para evitar pérdidas por rebote al momento del lanzado. Es de gran importancia la curva granulométrica del agregado a emplearse, específicamente en su parte inferior. El porcentaje retenido de material fino en la malla N.º 0,125 mm (Malla N.º 200) tiene que estar entre un rango de 4 - 5 % en el límite inferior y un rango de 8 - 9 % en el límite superior.

Tabla 3

Cuadro de gradación de agregados

Malla	Porcentaje que pasa en peso por malla individual		
	Graduación N°1	Graduación N°2	Graduación N°3
3/4" (19 mm)	-	-	100
1/2" (12 mm)	-	100	80 – 95
3/8" (10 mm)	100	90 – 100	70 – 90
N°4 (4,75 mm)	95 – 100	70 – 85	50 – 70
N°8 (2,4 mm)	80 – 100	50 – 70	35 – 55
N°16 (1,2 mm)	50 – 85	35 – 55	20 – 40
N°30 (600 µm)	25 – 60	20 – 35	10 – 30
N°50 (300 µm)	10 – 30	8 – 20	5 – 17
N°100 (150 µm)	2 - 10	2 - 10	2 – 10

Fuente: ACI 506R, 2016

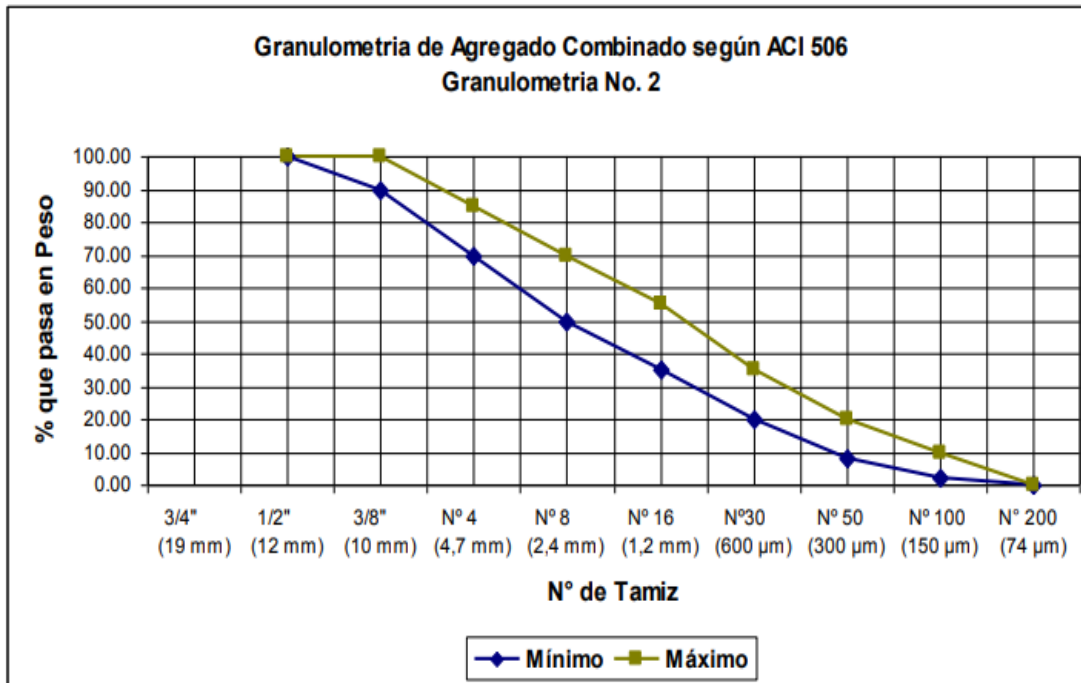


Figura 3. Granulometría de agregado mínimo y máximo.

Fuente: ACI 506R, 2016

c) Agua

El agua para la dosificación del shotcrete debe estar completamente limpia y libre de cualquier tipo de sustancias tóxicas que perjudican a la mezcla como aceites, álcalis, ácidos, sales y otros.

d) Aditivos

Los aditivos se usan para una mejoría en las propiedades del shotcrete, según la norma ACI 506, se pueden usar aditivos en la construcción de hormigón proyectado para mejorar ciertas propiedades del hormigón proyectado para aplicaciones especiales de hormigón proyectado y para ciertas condiciones de colocación de hormigón proyectado. Los aditivos en el hormigón proyectado deben probarse antes de su uso a gran escala para determinar que se pueden obtener las ventajas esperadas. Los aditivos deben cumplir con los requisitos de ASTM C 1141. Los aditivos para hormigón proyectado generalmente se incluyen en las categorías de aceleradores, incorporadores de aire, reductores de agua y retardadores.

e) Acelerante

El propósito es lograr un fraguado inicial a tiempos cortos y una excelente adherencia al sustrato al momento del lanzamiento y propiedades mecánicas altas. Este aditivo es líquido y su dosificación al shotcrete puede variar para obtener un alto fraguado inicial y resistencias iniciales elevadas. Cumple con la especificación ASTM C 494.

f) Fibras de acero

Son fibras estructurales metálicas de alta calidad diseñadas para reforzamientos en lanzamiento de shotcrete. Son utilizadas exitosamente para reemplazar la malla electro soldada en el reforzamiento de túneles, con un excelente desempeño comprobado con ensayos de laboratorio según normas EFNARC y ASTM. Incrementan la tenacidad del concreto, resistencia al impacto y resistencia a la fatiga, con el beneficio de mayor control de las fisuras respecto a los reforzamientos alternativos. Cumple con la especificación ASTM A 820.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Según Hernández, Fernández y Batista (2014) nos dice que es aplicada porque nos genera conocimiento con el fin de conocer la situación actual de estudio y poder plantear alternativas de solución optimizando el desarrollo económico, social y cultural de la población, en nuestro caso daremos una posible solución diseñando una línea de abastecimiento cumpliendo con parámetros teóricos y técnicos de diseño.

Por tal razón nuestra investigación es tipo aplicada, ya que se toma de los conocimientos y normas para un buen diseño de shotcrete, con la finalidad de aplicación en el campo donde será lanzado.

Diseño de investigación

Según Hernández, Fernández y Batista (2014) el diseño de investigación no experimental es aquella que se ejecuta sin alterar ni manipular las variables, quiere decir, este diseño de investigación no se varía las variables independientes. Lo que se realiza es observar fenómenos tal y como se muestra, para después analizarlos.

El trabajo de investigación es diseño no experimental – transversal, ya que los datos reales se tomarán en un momento en el campo, sin la necesidad de cambiar nuestras variables.

3.2. Variables y operacionalización

Según Henríquez y Zepeda (2003) mencionan que; hay 2 tipos de variables; la variable independiente y la variable dependiente, la variable independiente es la que condiciona cualquier cambio en la variable dependiente, esta variable dependiente nos permite dar la explicación del fenómeno, ya que tiende a ser manipulada, por lo contrario solo se llega a medir.

Variable independiente

Diseño del shotcrete vía húmeda

Variable dependiente

Construir sostenimiento de la rampa principal

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Según Valderrama (2013) es un conjunto infinito o finito de componentes, cosas o seres, que tienen propiedades o cualidades similares, susceptibles de ser observados. De tal forma que, se consigue hablar de un universo de familias, de instituciones, de empresas, de votantes, etc.

La población de estudio es en la rampa principal de los diferentes niveles de la unidad minera Alpayana.

Muestra

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) indican que, en relación al método cuantitativo, la muestra es un subgrupo de la población de importancia sobre la cual se recolectaran datos, y por lo que necesita delimitarse y definirse previamente con precisión, así mismo tiene que ser representativo de la población.

La muestra representa una parte integrante de la población donde se va a realizar el trabajo de investigación que viene a ser la rampa 565 del nivel 21, en la unidad minera Alpayana.

Muestreo

Según (JOHNSON, y otros, 2014) En los muestreos no probabilísticos, la elección de los universos depende de la teorías concordadas y no de la probabilidad, con las intenciones del investigador, el procedimiento argumenta fórmulas de contingencia y no es espontáneo, ya que tiene la finalidad de tomar decisiones del investigador.

El muestreo del trabajo de investigación es de tipo no probabilístico, ya que se eligió de acuerdo al criterio y comodidad del investigador, para poder realizar el trabajo de acuerdo a la hipótesis dada, los muestreos se realizaron de acuerdo a ensayos con el instrumento penetrómetro y pistola Hilti DX 450 en paneles trapezoidales.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Según Lafuente y Marín (2008), indican que la técnica que va a ser utilizada en una investigación depende del tipo de variable que se obtenga, así como la recolección de información que se tiene de los mismos, por tal motivo en un trabajo de investigación se puede definir de dos maneras cuantitativas y cualitativas. Una investigación cuantitativa se emplea cuando las variables tienen como finalidad una excelente precisión de estas, de tal manera se aplica la observación directa, ya que este tipo de variables trabajan con valores numéricos exactos para un estudio probabilístico que necesita el investigador.

- Visita técnica al campo donde se va a recoger información del estudio.
- Observación directa al procedimiento de trabajo, ensayos físicos de los agregados, dosificación del shotcrete y aplicación de lanzado.
- Entrevista técnica al ingeniero encargado, supervisor, operadores y ayudantes del área.
- Ensayos físicos de agregados, ensayos del shotcrete mediante la norma A.S.T.M. (American Society for Testing and Materials) y A.C.I. 506 (American concrete institute).
- Resistencia de compresión a edades tempranas mediante el penetrómetro y pistola hilti DX 450, por medio de paneles prismáticos, de acuerdo a la norma EFNARC.
- Aplicación correcto del lanzado de shotcrete, mediante el A.C.I. 506 (American concrete institute).

Instrumentos de recolección de datos

Según Niño (2011) un instrumento para poder realizar la recolección de datos, principalmente, cualquier tipo de recursos con el que pueda apoyarse el investigador para aproximarse a los fenómenos y obtener de ellos información alguna. La especificación en esta ocasión está dada por la expresión de su uso o finalidad: puede ser cualquier recurso, pero es para extraer la información de la realidad estudiada.

- Equipos para ensayos físicos de agregados: balanza electrónica digital, juego de tamices (1/2", 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200, tapa, fondo), olla Washington, recipiente de acero, estufa eléctrica, cono de absorción de arena, horno eléctrico.
- Equipos para resistencia del concreto lanzado: penetrómetro de aguja, pistola hilti DX 450, panel trapezoidal (0,50 m. x 0,30 m. x 0,15 m), clavos 103 mm, termómetro digital, cronómetro, cono de abrams (0,20 m. x 0,10 m. x 0,30 m).
- Equipos para aplicación de shotcrete: baldes y balanza digital.

3.5. Procedimientos

- Visita al campo, para la verificación de las condiciones del ambiente que se encuentra.
- Se realizó los ensayos físicos del agregado al laboratorio según las normas A.S.T.M. (American Society for Testing and Materials).
- Una vez ya obtenido los resultados de las características físicas del agregado, se procede a efectuar el diseño del shotcrete mediante el método A.C.I. 506 (American concrete institute).
- Luego se procede a realizar el ensayo del concreto fresco (slump), para verificar su trabajabilidad antes del lanzado.
- Finalmente se aplicó el lanzado del shotcrete a los paneles trapezoidales para determinar la resistencia de compresión inicial y también se lanzó a la superficie rocosa.

3.6. Método de análisis de datos

Este método se refiere como va a ser interpretado los resultados obtenidos en los diferentes ensayos ya mencionados hecho por el investigador. Donde se llevó a cabo las normas técnicas A.S.T.M. (American Society for Testing and Materials), A.C.I. 506 (American concrete institute) y guía chilena del hormigón proyectado

Por lo consiguiente, estos resultados obtenidos se interpretaron mediante curvas vistas en unas tablas y gráficos, donde será interpretada según las bases de cada norma técnica, con el propósito para la severidad de la hipótesis planteada y el cumplimiento de los objetivos, para llegar a las conclusiones del trabajo de investigación.

3.7. Aspectos éticos

• Honestidad

Los resultados en esta tesis son completamente verdaderos, realizado por el investigador de este trabajo, por lo tanto se presenta total autenticidad y veracidad.

• Respeto por la propiedad intelectual

Se ha respetado la autoría de cada investigador, sin alterar los valores, por lo cual se ha citado todas las informaciones recopiladas, tesis de los autores, libros, normas de acuerdo al estilo APA referido por la universidad Cesar Vallejo.

• Responsabilidad social

Este trabajo de investigación tiene como finalidad de dar una máxima seguridad a los trabajadores en mina y evitar accidentes fatales.

IV. RESULTADOS

Ubicación geográfica

Las operaciones de la unidad minera Alpayana se ubican en el distrito de Chicla, provincia de Huarochiri, departamento de Lima, como nos muestra la figura 4.

Geográficamente se localiza en la zona central, flanco Oeste de la cordillera Occidental de los Andes a una altura promedio de 4400 m.n.s.m., y se ubica aproximadamente a la altura del km 115 de la carretera central.

Sus coordenadas geográficas:

- Latitud Sur: 11° 30'
- Longitud Oeste: 76° 10'

Encontrándose el campamento Alpayana a los 4350 m.s.n.m. en las coordenadas UTM, DATUM PSAD – 56, Zona 18.

- Norte: 8'710,455.60
- Este: 366,761.70

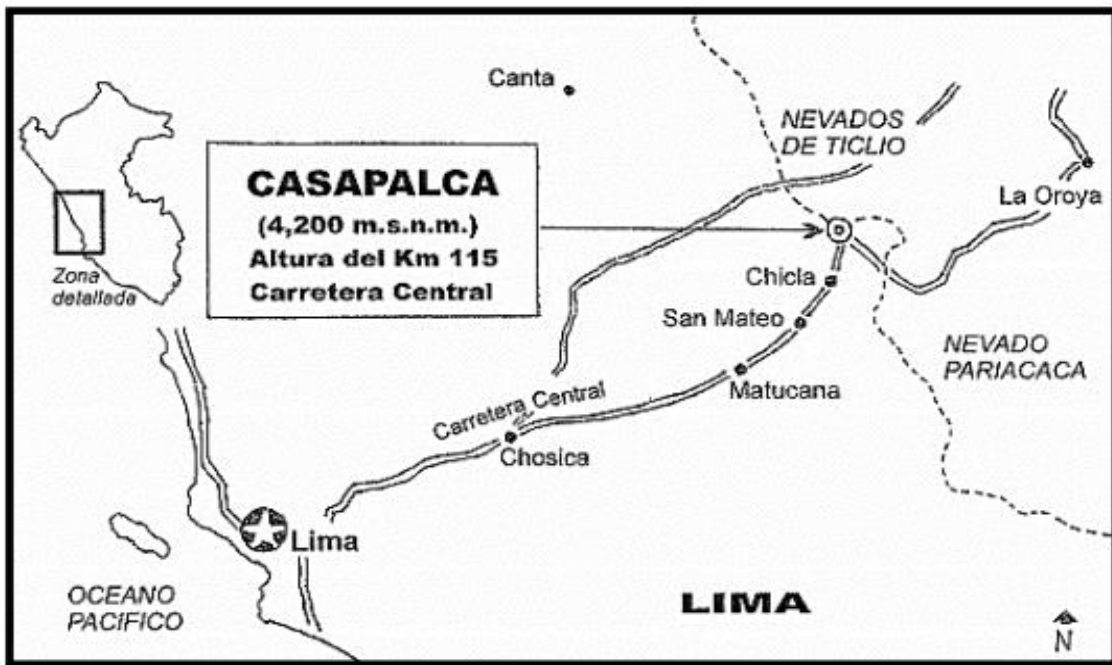


Figura 4. Mapa de acceso de la unidad minera Alpayana.
Fuente: León, 2018.

Accesibilidad

El acceso se realiza desde la ciudad de Lima a través de la carretera central, siguiendo las localidades de: Lima – Chosica – Matucana – San Mateo – Chicla – Casapalca hasta el km. 115, desde este punto existe una carretera afirmada de 8 km., que sube a la unidad Minera Alpayana S.A. El tiempo es de 4 horas y 20 minutos.

Cemento

El cemento que se utilizó en nuestro trabajo de investigación es cemento andino tipo I y tiene las siguientes características en la tabla 3.

Tabla 4

Características del cemento andino tipo I

Marca	Andino Premium
Tipo	I
Densidad	3150 kg/m ³
Dosis de aplicación	De acuerdo a la resistencia deseada
Especificaciones	ASTM C 150

Fuente: Hoja de datos técnicos MACCAFERRI.

1. Ensayos físicos de agregados para el shotcrete

Para el desarrollo de nuestro primer objetivo específico, se adquirió instrumentos y materiales para realizar nuestro ensayo físico del agregado para el diseño de shotcrete vía húmeda, lo cual se realizó en un pequeño laboratorio convencional obteniendo dichos resultados para nuestro diseño.

a) Granulometría

La granulometría de los agregados es una de las características más indispensable para la dosificación del shotcrete, ya que esto influye en las propiedades mecánicas, resistencia, trabajabilidad, consistencia, adherencia, bombeo, la cual resulta al momento del lanzamiento del shotcrete, según ACI 506R-16 para el hormigón proyectado debe cumplir con los requisitos de ASTM C 33, y recomienda para el concreto lanzado la gradación N°02.

Tabla 5
Ensayo de granulometría de la M-01

Malla	Peso retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante acumulado	Gradación N°02
3/4"	-	0,0	0,0	100,0	-
1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0	100
3/8"	57,00	6,1	6,1	93,9	90 – 100
# 4	168,00	18,0	24,1	75,9	70 – 85
# 8	161,00	17,3	41,4	58,6	50 – 70
# 16	145,50	15,6	57,0	43,0	35 – 55
# 30	132,50	14,2	71,2	28,8	20 -35
# 50	126,00	13,5	84,7	15,3	8 – 20
# 100	85,00	9,1	93,8	6,2	2 – 10
Fondo	58,00	6,2	100,0	0,0	0 - 0
Total	933,00	100,00			

Fuente: Elaboración propia.

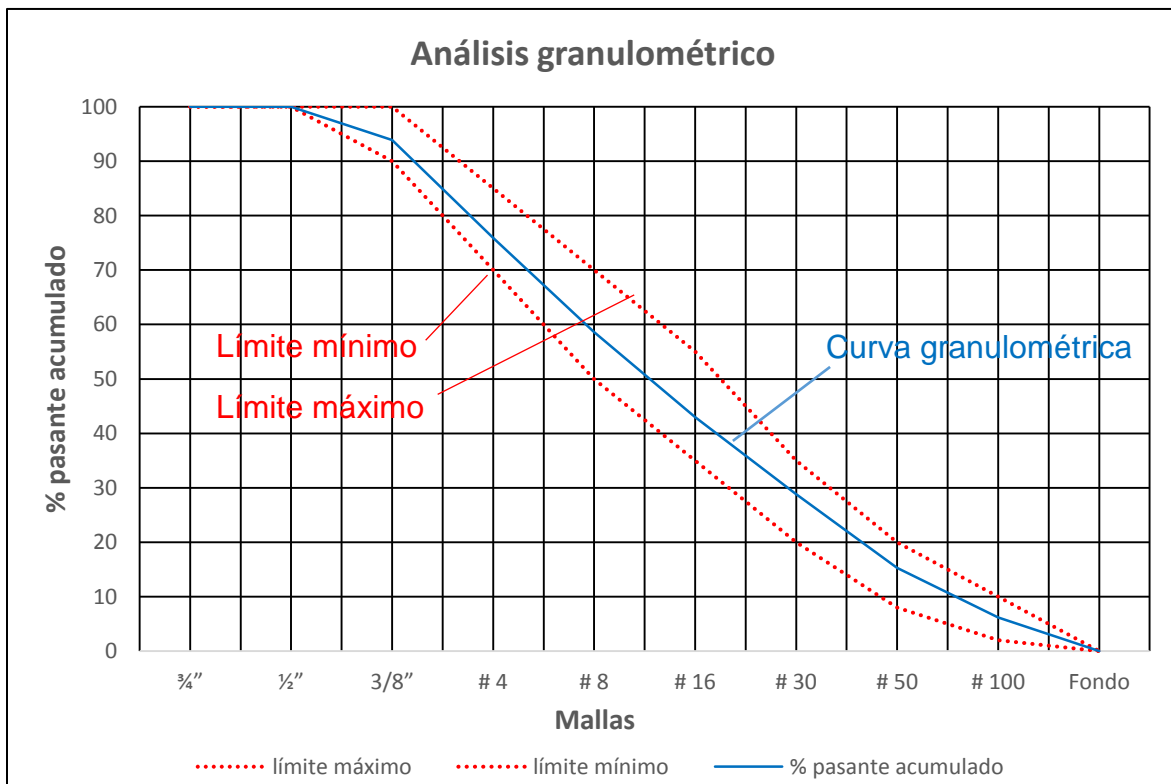


Figura 5. Curva granulométrica de la M-01.
 Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la figura 5 podemos observar claramente que la curva granulométrica está dentro de las especificaciones mínimas y máximas de la gradación N°2, cumpliendo estos requisitos para nuestro diseño de shotcrete vía húmeda, según la norma ACI 506R-16.

Tabla 6
Ensayo de granulometría de la M-02

Malla	Peso retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante acumulado	Gradación N°02
3/4"	-	0,0	0,0	100,0	-
1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0	100
3/8"	37,00	5,7	5,7	94,3	90 – 100
# 4	125,50	19,3	25,0	75,0	70 – 85
# 8	109,50	16,8	41,8	58,2	50 – 70
# 16	105,50	16,2	58,1	41,9	35 – 55
# 30	95,00	14,6	72,2	27,3	20 -35
# 50	87,00	13,4	86,1	13,9	8 – 20
# 100	52,00	8,0	94,1	5,9	2 – 10
Fondo	38,50	5,9	100,0	0,0	0 - 0
Total	650,00	100,00			

Fuente: Elaboración propia.

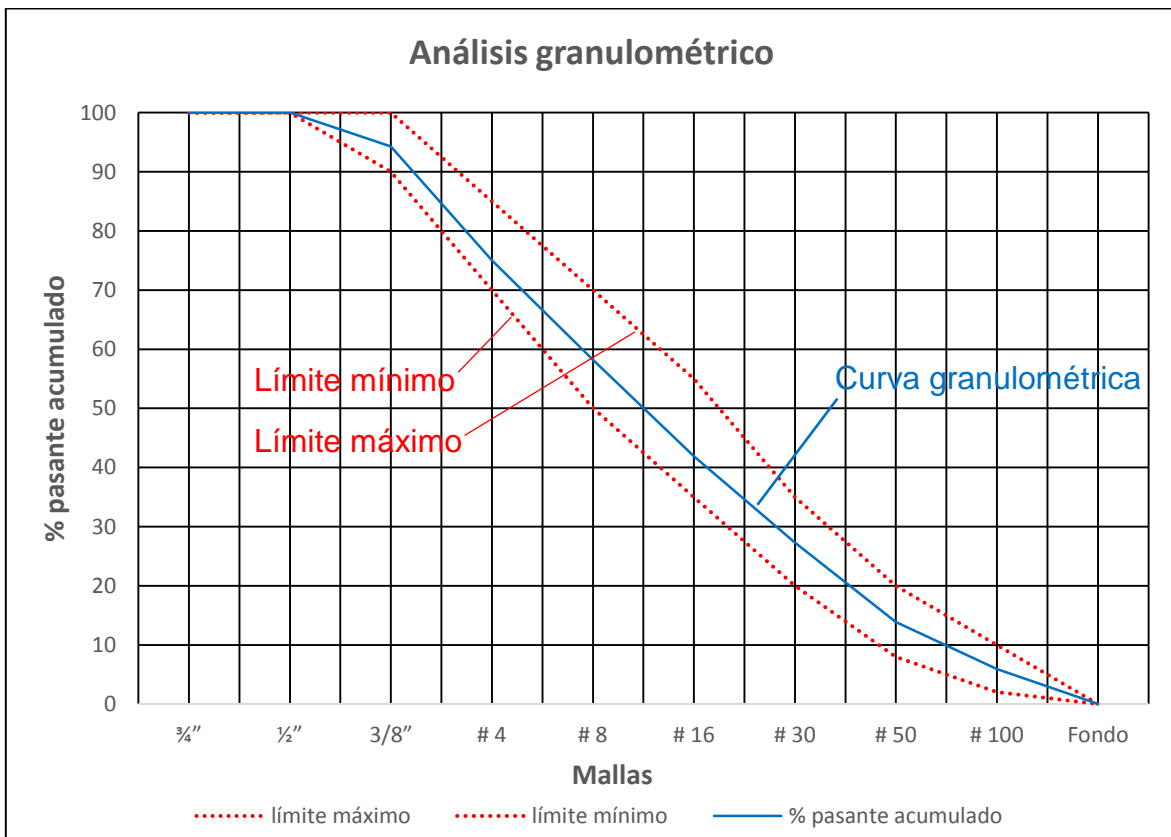


Figura 6. Curva granulométrica de la M-02.
 Fuente: Elaboración propia.

Según la figura 6 se puede interpretar que la curva granulométrica está dentro de los límites mínimos y máximos de la gradación N°2, cumpliendo estos requisitos para nuestro diseño de shotcrete vía húmeda, según la norma ACI 506R-16.

Tabla 7
Ensayo de granulometría de la M-03

Malla	Peso retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante acumulado	Gradación N°02
3/4"	-	0,0	0,0	100,0	-
1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0	100
3/8"	50,00	2,8	2,8	97,2	90 – 100
# 4	380,00	21,0	23,8	76,2	70 – 85
# 8	350,00	19,3	43,1	56,9	50 – 70
# 16	320,00	17,7	60,8	39,2	35 – 55
# 30	280,00	15,5	76,2	23,8	20 -35
# 50	230,00	12,7	89,0	11,0	8 – 20
# 100	130,00	7,2	96,1	3,9	2 – 10
Fondo	70,00	3,9	100,0	0,0	0 - 0
Total	1810,00	100,00			

Fuente: Elaboración propia.

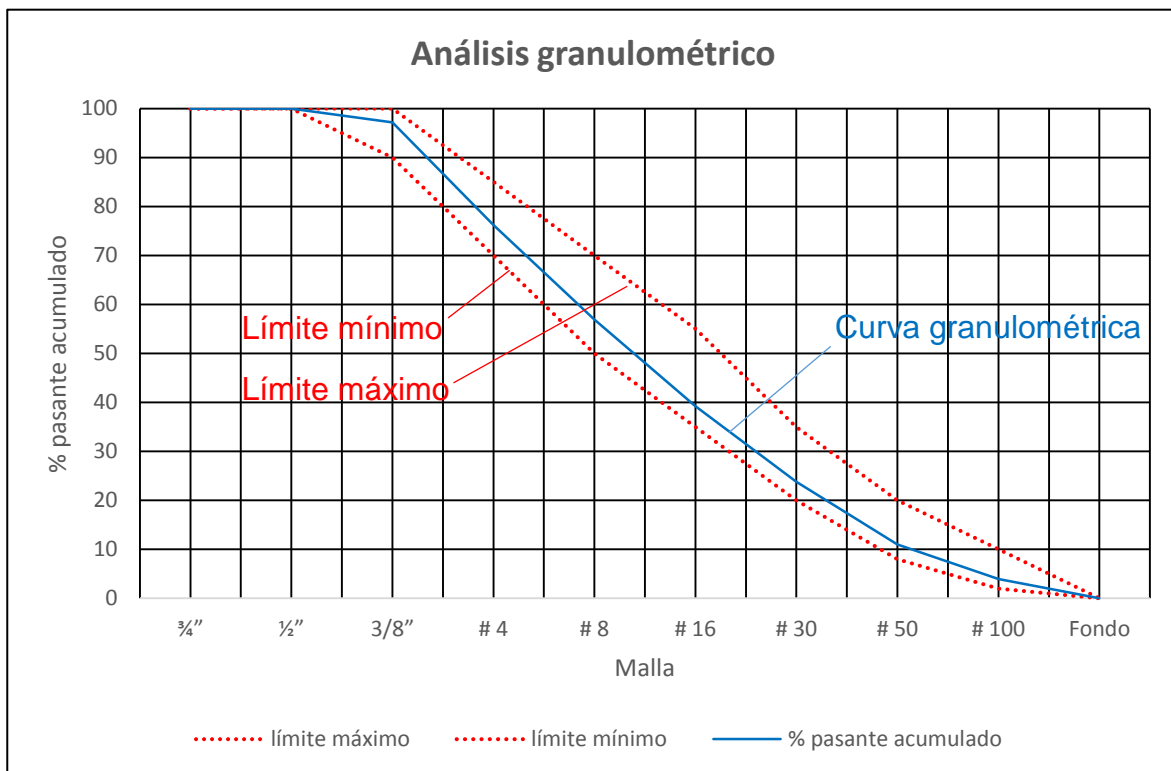


Figura 7. Curva granulométrica de la M-03.
 Fuente: Elaboración propia.

De la figura anterior figura 7 podemos apreciar claramente que la curva granulométrica está dentro de las especificaciones mínimas y máximas de la gradación N°2, cumpliendo estos requisitos para nuestro diseño de shotcrete vía húmeda, según la norma ACI 506R-16.

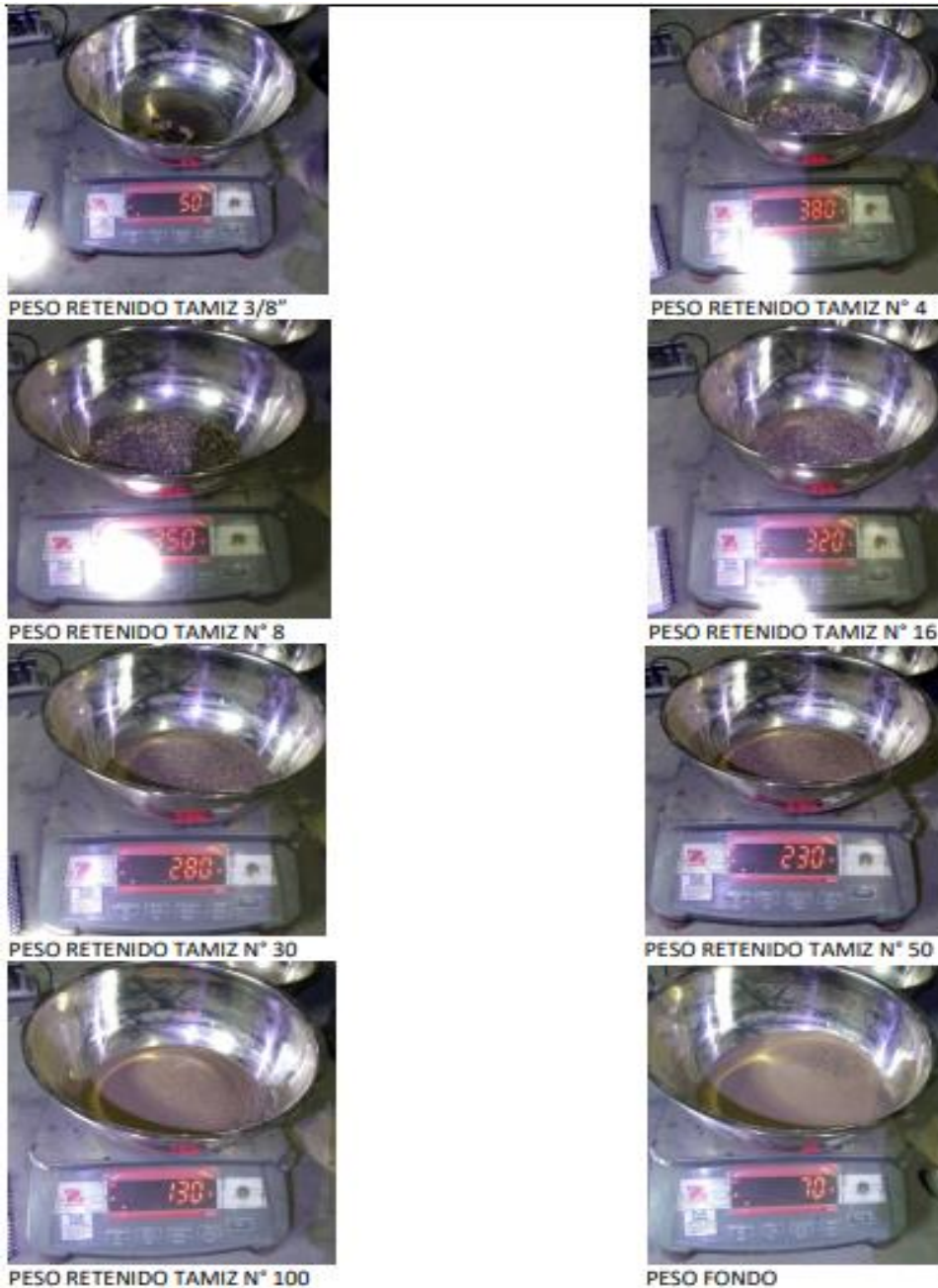


Figura 8. Ensayo de pesos retenidos de los tamices.
Fuente: Elaboración propia.

b) Módulo de fineza

Del ensayo granulométrico adicionalmente se obtiene el módulo de fineza, nos determina si el agregado está dentro de los parámetros, de acuerdo a la norma ASTM C 33, se considera un módulo de fineza de 2.3 % hasta 4.0 %.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ retenido acum.}(6" + 3" + 1\ 1/2" + 3/4" + 3/8" + \#4 + \#8 + \#16 + \#30 + \#50 + \#100)}{100}$$

Tabla 8
Módulo de fineza del agregado

Malla	M-01	M-02	M-03
	% Retenido acum.	% Retenido acum.	% Retenido acum.
3/4"	0,0	0,0	0,0
1/2"	0,0	0,0	0,0
3/8"	6,1	5,7	2,8
# 4	24,1	25,0	23,8
# 8	41,4	41,8	43,1
# 16	57,0	58,1	60,8
# 30	71,2	72,2	76,2
# 50	84,7	86,1	89,0
# 100	93,8	94,1	96,1
Módulo de fineza	3,78	3,83	3,92
		3,84	

Fuente: Elaboración propia.

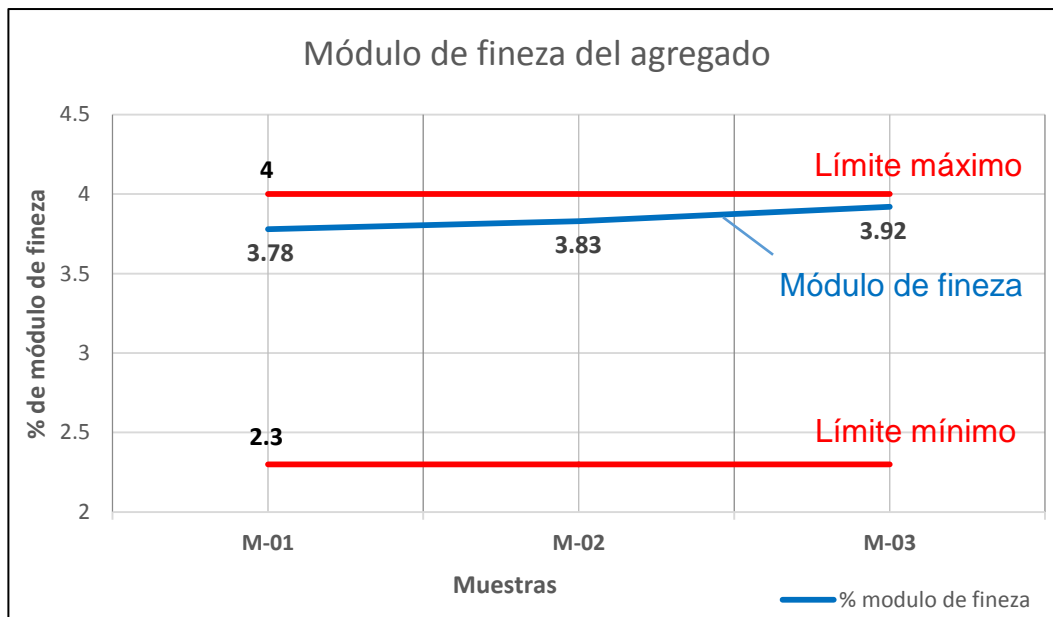


Figura 9. Módulo de fineza del agregado.
Fuente: Elaboración propia.

Como podemos apreciar en la figura 9, el módulo de fineza de las 3 muestras se encuentra dentro de los límites mínimos y máximos, dando un buen control de calidad de agregado, para nuestro diseño de shotcrete vía húmeda.



Figura 10. Ensayo de granulometría del agregado.
Fuente: Elaboración propia.

c) Ensayo de malla #200

Este método según la norma ASTM C 117 se utiliza para determinar la cantidad de partículas más finas del tamiz N° 200 de los áridos por el método de lavado. Las partículas de arcilla y otras son dispersadas por el agua de lavado.

Tabla 9

Material pasante de malla # 200

Descripción	Formula	M-01	M-02	M-03
Masa seca original de la muestra (g)	A	824,0	712,5	840,5
Masa seca de muestra luego de lavado(g)	B	791,5	684,5	806,5
Material que pasa por malla #200 (%)	$[(A - B)/A] \times 100$	3,94	3,86	4,05
		3,95		

Fuente: Elaboración propia.



Figura 11. Lavado de muestra y peso en seco de la muestra.
Fuente: Elaboración propia

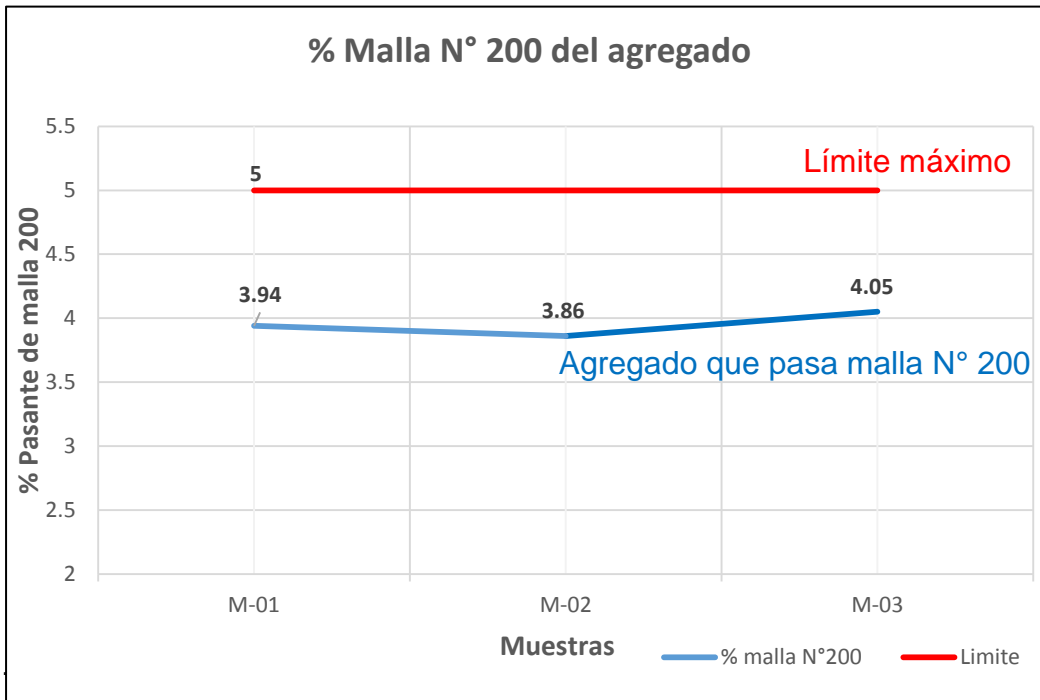


Figura 12. % Malla N° 200 del agregado.
Fuente: Elaboración propia.

De la figura anterior figura 12 el agregado de las 3 muestras se encuentra dentro del límite máximo de la malla No 200, libre partículas contaminantes, para obtener una buena calidad de agregado en nuestro diseño de shotcrete vía húmeda, para construir nuestro sostenimiento en la rampa 565 del nivel 21.

d) Gravedad específica y absorción del agregado

Este método según la norma ASTM C 128 ocupa la determinación de la densidad media de una cantidad de agregado fino, absorción de agregado fino y gavedad específica. Dependiendo del procedimiento usado, la densidad en (kg/m^3) es expresada como secada al horno (OD), saturada superficialmente seca (SSS) o densidad aparente.

La gravedad específica se aplica mayormente para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en varias mezclas incluido concreto con cemento portland, concreto bituminoso y otro tipos de mezclas cuyas proporciones son analizadas en base a su volumen absoluto.

Tabla 10*Gravedad específica y absorción del agregado*

No de Prueba	Fórmula	M-01	M-02	M-03	PROM.
Peso de la fiola (gr)	A	148,5	148,5	148,5	
Peso de la fiola + Peso muestra SSS + agua (gr)	C	958	958,5	959	
Peso de la fiola + agua (gr)	D	647	646,5	647,5	
Peso muestra SSS (gr)	E	500,0	500,0	500,0	
Peso muestra seca (gr)	F	490	490,5	490,5	
Gravedad Específica (OD)	$F/(D+E-C)$	2,593	2,609	2,602	2,60
Gravedad Específica SSS	$E/(D+E-C)$	2,646	2,660	2,652	2,65
Gravedad Específica Aparente	$F/(D+F-C)$	2,737	2,748	2,740	2,74
% Absorción	$((E-F)/F) * 100$	2,0	1,90	1,94	1,95
T° H2O		22,0	22,00	22,00	

Fuente: Elaboración propia.

Según como se puede observar en la tabla 10, aplicando los ensayos correspondientes de acuerdo a la norma ACI 506R-16, se determinó que el agregado tiene 2,65 gr/cm³ de peso específico y 1,95 % de absorción, estos datos se tomarán para el reajuste en nuestro diseño de shotcrete vía húmeda.



Figura 13. Ensayo de gravedad específica y absorción de agregado.

Fuente: Elaboración propia.

e) Contenido de humedad

Este ensayo según la norma ASTM C 566 se utiliza para determinar el contenido del agua atrapado en el agregado y el peso de la muestra seca, tanto de la humedad contenida en la superficie como en los poros de los áridos. El contenido de humedad dependerá mucho de las condiciones de almacenamiento del agregado.

Tabla 11

Contenido % de humedad del agregado

Descripción	Fórmula	M-01	M-02	M-03
Peso de tara (g)	T	85,0	85,0	85,0
Peso de la muestra original húmeda (g)	W	1000,0	920,0	1000,0
Peso de la muestra original seca (g)	D	943,0	857,0	936,0
Contenido de humedad (%)	$[(W - D)/D] \times 100$	6,04	7,35	6,84
Promedio (%)		6,74		

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar claramente en la tabla 11, la humedad es poco variable por mantener un ambiente húmedo de constantes lluvias, resultando un promedio de contenido de humedad de 6,74 %, este dato será reajustado mediante el agregado, obteniendo nuestro diseño final de shotcrete vía húmeda.



Figura 14. Cálculo de humedad del agregado.
Fuente elaboración propia.

Diseño del shotcrete

El diseño de mezclas para el shotcrete o concreto lanzado se realizó siguiendo las recomendaciones del ACI 506R-15 y ACI 211,11 "Standard practice for selecting proportions for normal heavyweight and mass concrete".

a) Resistencia a la compresión requerida

Para el cálculo de la resistencia a la compresión requerida optamos por nuestra resistencia de diseño de 300 kg/cm² de acuerdo a la norma ACI 506R-16, ya que este valor está dentro de los rangos en la aplicación de shotcrete en mineras subterráneas usado en nuestro país

b) Relación agua/cemento

Esta relación es igual a la cantidad de agua entre la cantidad de cemento por 1 m³, la resistencia del concreto dependerá de la cantidad de relación agua/cemento que se añada a la dosificación, cuanto sea menos la cantidad de agua/cemento se obtendrá mayores resistencias, pero a la vez tendrá baja trabajabilidad, por tal motivo es de suma importancia este valor, la norma ACI 506R-16 nos recomienda valores entre 0,4 – 0,5, por lo que este trabajo de investigación se tomó la relación agua/cemento 0,45.

RELACION A / C

Resistencia en compresión vs Relación Agua/Cemento

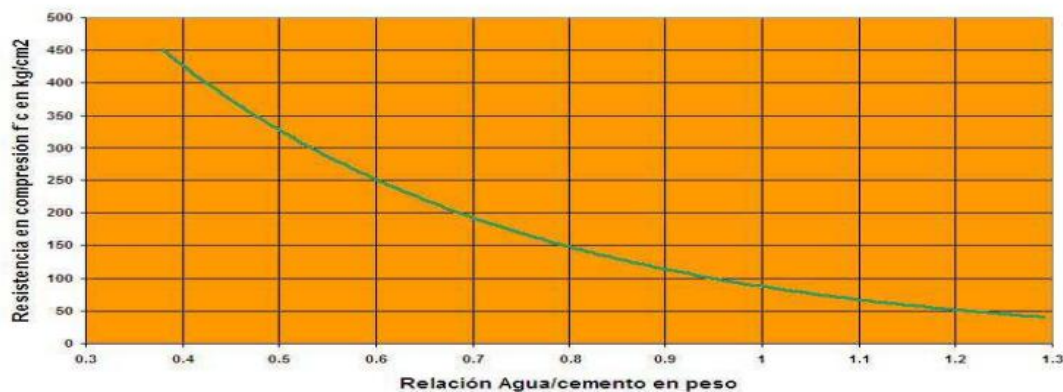


Figura 15. Relación agua/cemento vs resistencia en compresión.
Fuente: Díaz, 2014.

c) Contenido de cemento

Según la norma ACI 506R-16 la cantidad de cemento está relacionado con la resistencia que se va a obtener, mayor sea la cantidad de cemento, será mayor la resistencia, para nuestro trabajo de investigación se utilizó 425 kg/m³ relacionada a nuestra resistencia de diseño de 300 Kg/cm², como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12

Relación entre resistencia y contenido de cemento

Resistencia a los 28 días (Mpa)	Contenido de cemento (kg)
21	295 - 385
28	325 - 415
35	385 - 505

Fuente: Elaboración propia.

d) Contenido de agua

Para hallar el contenido de agua necesitamos la relación a/c que es igual a 0,45 según ACI 506 y la cantidad de cemento que es de 425 kg/cm³.

$$\text{Relación } \frac{a}{c} = \frac{\text{agua}}{\text{cemento}} \rightarrow 0,45 = \frac{\text{agua}}{425} \rightarrow \text{Agua} = 191,25 = 190 \text{ litros}$$

e) Aditivo hiperplastificante

La elección del aditivo está relacionado con el peso del cemento, tiene la función de dar trabajabilidad al concreto, reductor de agua y dar alta resistencia inicial, en nuestro trabajo de investigación se trabajó con el aditivo hiperplastificante MACFLU 110, y que tiene las características en la siguiente tabla 13:

Tabla 13

Características del aditivo hiperplastificante MACFLU 110

Estado físico	Líquido
Color	Marrón oscuro
Densidad	1080 kg/m ³
Dosis de aplicación	0,8 % - 1,8 %
Especificaciones	ASTM C 494 tipos A y F

Fuente: Hoja de datos técnicos MACCAFERRI.

Para el presente trabajo se utilizó de dosis 0,94% del peso del cemento.
 Aditivo hiperplastificante MACFLU 110 = $0,0094 \times 425 \text{ kg/m}^3 = 4,0 \text{ kg/m}^3$

f) Fibra metálicas

En el presente trabajo de investigación se usó fibras metálicas WIRAND FS3N, que es de alto rendimiento y da refuerzo al shotcrete, de acuerdo a su ficha técnica se optó con la dosis de 20 kg/m^3 .

Tabla 14

Características de las fibras metálicas WIRAND FS3N

Diámetro (D)	0,75 mm
Largo (L)	33 mm
Densidad	7860 kg/m^3
Dosis de aplicación	20 kg/m^3
Representación de fibras	Suelta

Fuente: Hoja de datos técnicos MACCAFERRI.

g) Aditivo Acelerante

Tiene la finalidad de conseguir fraguado inicial rápido, buena adherencia a la superficie y resistencias iniciales elevadas, en nuestra investigación se trabajó con el aditivo acelerante HAA MACFREE PLUS, con la dosis de 8% del peso cementante.

Tabla 15

Características del aditivo acelerante HAA MACFREE PLUS

Estado físico	Líquido
Color	Beige
Densidad	1430 kg/m^3
Dosis de aplicación	4,0 % - 9.0 %
Especificaciones	ASTM C 494 tipo C

Fuente: Hoja de datos técnicos MACCAFERRI.

Aditivo acelerante = $0,08 \times 425 \text{ kg/m}^3 = 34 \text{ kg/m}^3$

h) Cálculo de volúmenes absolutos

Tabla 16

Cálculo de volúmenes absolutos de los materiales

Materiales	Densidad (kg/m³)	Peso seco (kg)	Volumen (m³)
Cemento	3150	425	0,1350
Agua	1000	190	0,1900
Aire			0,0500
Aditivo hiperplastificante	1080	4	0,0037
Fibra metálica	7860	20	0,0025
Aditivo acelerante	1430	34	0,0237
Total			0,4049

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del agregado

$$\text{Volumen} = 1 \text{ m}^3 - 0,4049 \text{ m}^3 = 0,5951 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso seco} = 0,5951 \text{ m}^3 \times 2650 \text{ kg/m}^3 = 1577,015 \text{ kg}$$

Los valores del diseño seco del shotcrete muestran en la tabla 14.

Tabla 17

Diseño seco del shotcrete

Materiales	Peso seco (kg)	Dosificación
Cemento	425	425 Kg
Agregado	1 577,015	1577,015 Kg
Agua	190	190 Lt
Aditivo Hiperplastificante	4	3,7 Lt
Fibra metálica	20	20 Kg
Aditivo acelerante	34	23,7 Lt
Total	2250,015	

Fuente: Elaboración propia.

i) Corrección por humedad del agregado

$$\text{Peso agregado} \times \left(\frac{w\%}{100} + 1 \right) = 1 577,015 \text{ kg} \times \left(\frac{6,74\%}{100} + 1 \right) = 1683,30 \text{ kg}$$

j) Corrección por agua efectiva

$$\frac{(\%w - \%Abs) \times \text{Agregado seco}}{100} = \frac{(6,74 - 1,95) \times 1\,577,015}{100} = 75,53 \text{ litros}$$

$$\text{Agua efectiva} = 190 - 75,53 = 114,47 \text{ litros}$$

Tabla 18

Diseño húmedo del shotcrete

Materiales	Peso húmedo (kg)	Dosificación
Cemento	425	425 Kg
Agregado	1683,30	1683,30 Kg
Agua	114,47	114,47 Lt
Aditivo Hiperplastificante	4	3,7 Lt
Fibra metálica	20	20 Kg
Aditivo acelerante	34	23,7 Lt
Total	2280,77	

Fuente: Elaboración propia.

Ensayos del shotcrete

a) Ensayo para determinar el asentamiento y temperatura

De acuerdo a la norma ASTM C 143, tiene la función de medir la consistencia de concreto en estado fresco, está relacionada con la cantidad de agua y cantidad de aditivos que presenta, para ver si está en estado plástico o fluido.

La norma ASTM C 1064, nos brinda el procedimiento para medir la temperatura del concreto en estado fresco, así mismo la norma ASTM C 94, recomienda que la temperatura debe estar en un rango de 16 °C a 32 °C.

Equipos

Se utiliza un molde con una superficie lateral de un tronco de cono con un diámetro de 20 cm en la base inferior, un diámetro superior de 10 cm, una altura de 30 cm y una varilla de acero de 1,6 cm de diámetro con 60 cm de longitud con punta redondeada y una regla metálica.

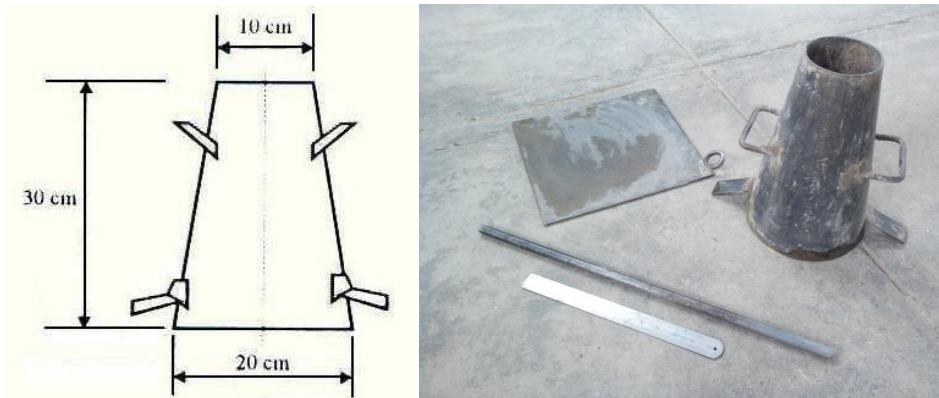


Figura 16. Diseño y partes de cono abrams.
Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento

- Primero se coloca el molde encima de una plancha metálica, ambos limpios y humedecidos, sin grasa ni aceite, luego el trabajador se coloca encima de las pisaderas.
- Se comienza a llenar el concreto en el molde en 3 capas, la capa inferior se llena aproximadamente $\frac{1}{3}$ del volumen total del molde, para luego ser compactado 25 golpes con la varilla, los primeros golpes inclinados alrededor del perímetro, continuando hasta el centro del molde de forma espiral.
- Luego la siguiente capa hasta los $\frac{2}{3}$, nuevamente compactado con 25 golpes distribuido uniformemente, penetrando algunos centímetros hacia la capa inferior.
- Finalmente la última capa, terminando de llenar el cono hasta desbordarlo para luego ser compactado 25 golpes, penetrando algunos centímetros hacia la capa media.
- Luego se procede a enrasar la superficie con la varilla y se levanta el molde por las asas en dirección vertical dejando las pisaderas libres en un tiempo de aproximado de 5 a 10 segundos.
- Finalmente se coloca la varilla de forma horizontal atravesando sobre el cono invertido, para extenderse encima del hormigón asentado y se mide el asentamiento con un flexómetro entre el centro de la varilla hacia el centro de la cara superior del hormigón.

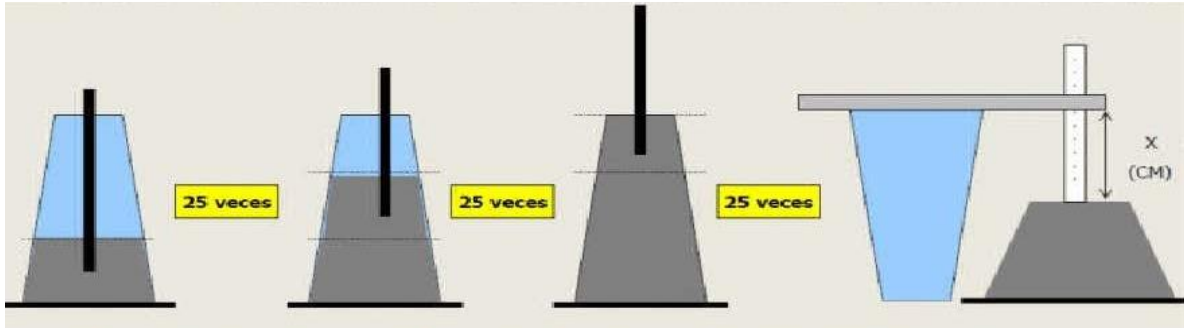


Figura 17. Procedimiento de ensayo de slump.
Fuente: Cruz y Robledo, 2016.

Tabla 19
Resultados de slump

CODIGO	GUARDIA	HORA DE MEDICION	SLUMP (Pulg)	TC (°C)
E-01	DIA	10:00:00	10	24
E-02	DIA	10:20:00	9 5/8	24,1
E-03	DIA	10:40:00	9 1/4	24
E-04	DIA	11:00:00	8 7/8	26
E-05	DIA	11:20:00	8 1/2	26,1
E-06	DIA	11:40:00	8	25.5
E-07	DIA	12:00:00	7 1/2	26

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 19, se puede interpretar las diferentes mediciones del slump de cada cierto tiempo, iniciando desde las 10:00 am en planta dosificadora de concreto hasta llegar a la rampa 565 del nivel 21 a las 12:00 pm, también que la temperatura se mantiene en el rango, y que varía de acuerdo a las condiciones del ambiente.

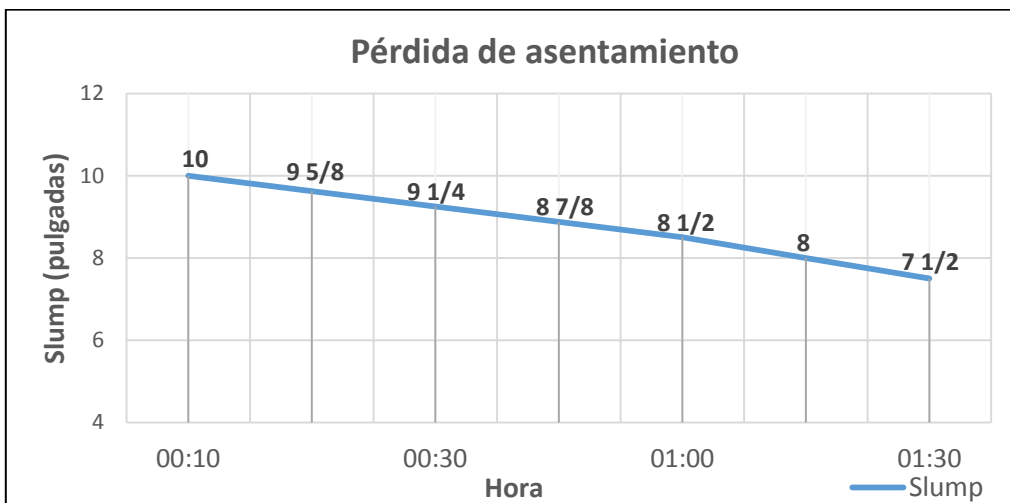


Figura 18. Pérdida de asentamiento del shotcrete.
Fuente: Elaboración propia.

Como podemos apreciar claramente en la figura 18, la pérdida de asentamiento del shotcrete vía húmeda que se realizó durante el día, a las 10:00 am se realizó el ensayo en la planta dosificadora de concreto del nivel 14 con un slump es de 10" y a las 11:20 am llegó a la rampa principal del nivel 21 con un slump de 8 ½", lo cual en 1 hora y 30 minutos tiene una pérdida mínima de asentamiento, conservando su trabajabilidad.



Figura 19. Ensayo de slump en planta shotcrete y en la rampa principal nivel 21.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 20. Ensayo para medir la temperatura del shotcrete
Fuente: Elaboración propia.

b) Ensayo del peso unitario del shotcrete, rendimiento y contenido de aire

Según la norma ASTM C 138, determina el peso unitario (densidad), rendimiento relativo del shotcrete mediante un ensayo gravimétrico que debe ajustarse entre los parámetros de 0,98 a 1,02.

Tabla 20

Resultados del peso unitario y rendimiento del shotcrete

Descripción	Formulas	Datos
Peso de recipiente	A	3,390 kg
Volumen de recipiente	B	0,007096 m ³
Peso de recipiente + Concreto	C	19,78 kg
Peso de concreto	D = C - A	16,39 kg
Peso unitario del concreto	E = D/B	2309,751 kg/m³
Peso de concreto en 1 m ³	F	2280,77 kg
Peso de concreto en 4 m ³	G = 4 x F	9123,08 kg
Rendimiento real	H = G/E	3,949 m³
Rendimiento del mixer	I	4 m ³
Rendimiento relativo	J = H/I	0,99
Densidad de concreto teórico	K	2400 kg/m ³
Contenido de aire	L = (K - E)/K	5 %

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla 20, mediante el ensayo se ha obtenido el peso unitario del shotcrete de 2309,751 kg/cm³, y el rendimiento relativo de 0,99 que está dentro del rango, y quiere decir que estamos produciendo un poco menos de concreto en nuestro diseño.



Figura 21. Peso del recipiente y peso del recipiente con concreto

Fuente: Elaboración propia.

2. Ensayo del shotcrete en resistencias iniciales y temprana

Para obtener nuestro segundo objetivo específico, se trabajó con los instrumentos del penetrómetro y la pistola hilti DX 450, para la obtención de las resistencias a compresión tempranas, los ensayos se realizaron en la rampa principal del nivel 21.

a) Ensayo de penetrómetro con aguja – Método A

Según la norma EN 14488-2, es válido para medir resistencias iniciales de 0,2 a 1,2 Mpa a un tiempo hasta 3 horas y consiste en medir la fuerza (Kp) requerida empujando una aguja para que penetre al concreto con una profundidad de 15 mm, el penetrómetro indica la fuerza (kp) realizada por compresión de un resorte.



Figura 22. Penetrómetro con aguja.
Fuente: Guía chilena del hotmigón proyectado, 2016

Equipos

Paneles trapezoidales de 50 cm de base superior, 30 cm de base inferior y 15 cm de profundidad y un penetrómetro con una aguja de 3 mm de diámetro.

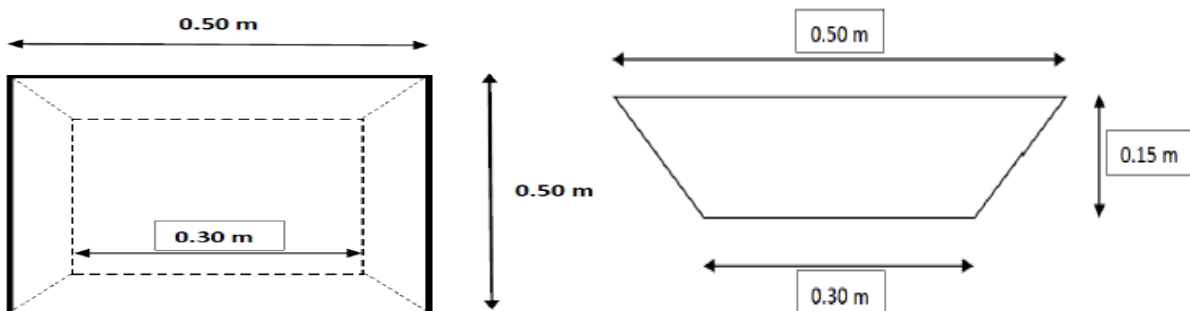


Figura 23. Paneles trapezoidales para muestras de ensayo.
Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento

- Obtenido el muestreo de shotcrete proyectado elaborado en el panel trapezoidal.
- Realizar una cuadrícula sobre la superficie con pintura sprayed y enumerar 9 cuadrantes
- Iniciar el hincado desde los 10 minutos con la aguja de forma perpendicular hasta la medida indicada de 15 mm y en el orden secuencial de los demás cuadrantes.
- Registrar el valor de la resistencia en la escala, devolver el indicador a la posición original y limpiar la aguja.
- Abortar lectura cuando la aguja hinque la fibra o alguna particular granular que hace resistencia falsa, repetir.
- Realizado el hincado en los 9 cuadrantes, realizar 1 más al azar o en el cuadrante que tenga duda para completar el mínimo de 10 lecturas por edad de ensayo (minutos y horas).
- Repetir en la frecuencia de tiempos determinados y en el orden secuencial de los cuadrantes, hasta alcanzar resistencia inicial de 1,2 Mpa.
- Para expresar los resultados en resistencia a compresión, se calcula mediante la curva de calibración para penetrómetro como en la figura 11, con la fuerza media obtenida en Kp , para obtener la fuerza en N/mm^2 .

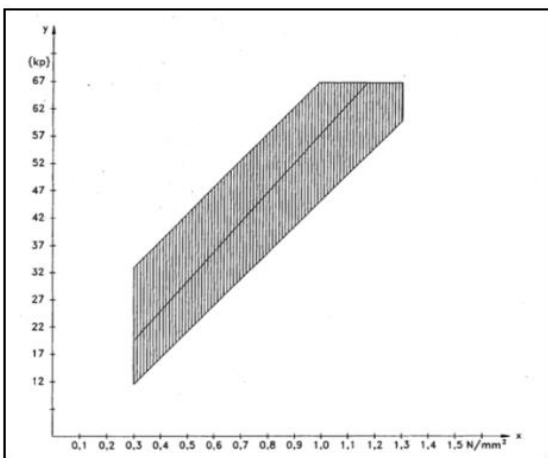
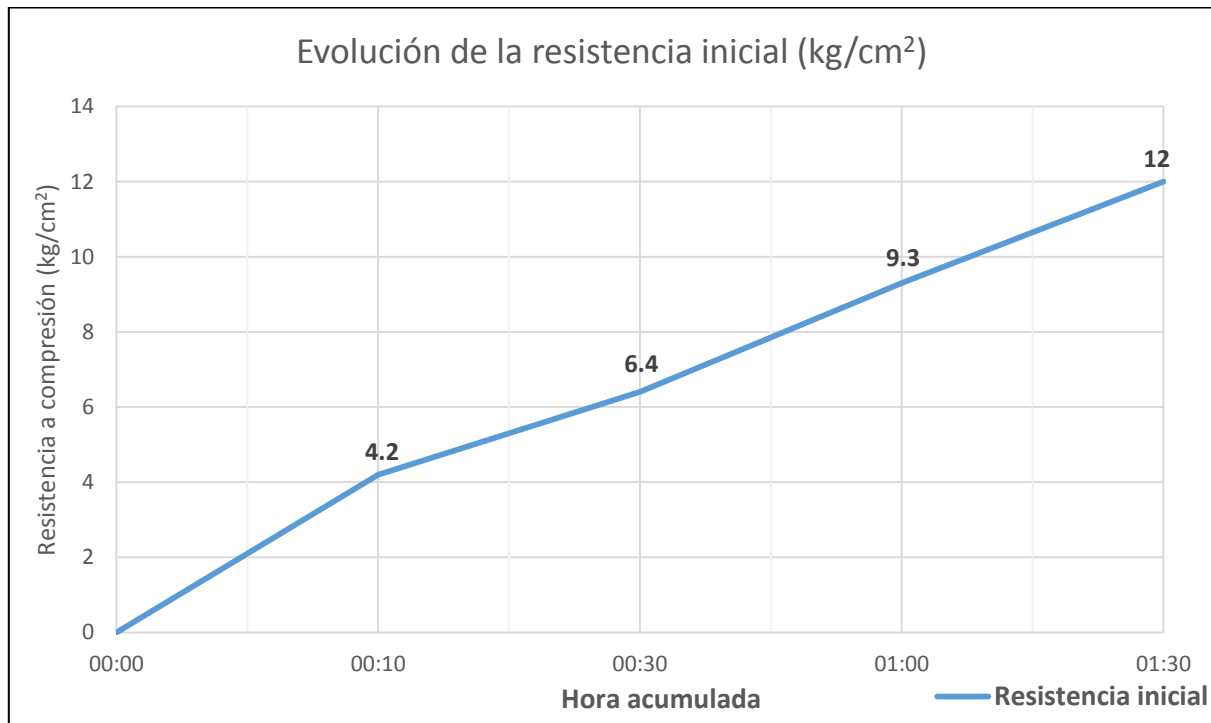


Figura 24. Curva de calibración para penetrómetro.
Fuente: EFNARC, 2016.

Tabla 21*Ensayo de resistencia inicial con penetrómetro*

Hora de lectura (hh:mm)	Hora acumulada (hh:mm)	Temperatura ambiente(°C)	Fuerza a la penetración (Kp)					Promedio (Kp)	Resistencia a la compresión	
									N/mm ²	Kg/cm ²
11:50	0:10	28	17	27	22	22	22	23,0	0,41	4,2
12:10	0:30	27,5	32	32	32	37	37	35,0	0,63	6,4
12:40	1:00	27,5	47	52	52	47	47	51,0	0,91	9,3
13:10	1:30	27,5	62	62	67	67	67	65,5	1,17	12,0

Fuente: Elaboración propia.

Figura 25. Evolución de la resistencia inicial (kg/cm²).

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar claramente en la figura 25 el fraguado rápido del shotcrete vía húmeda que alcanzó una resistencia de compresión inicial de 12 kg/cm² en 1 hora y media con el equipo del penetrómetro, lo cual es una resistencia inicial óptima para construir el sostenimiento de la rampa principal 565 del nivel 21 de acuerdo a la norma EN 14488-2, que se encuentra dentro del rango.



Figura 26. Elaboración de muestras trapezoidales.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 27. Método de ensayo con penetrómetro.
Fuente: Elaboración propia.

b) Ensayo con pistola Hilti DX 450 – Método B

Según la norma EN 14488-2, este ensayo es válido para medir resistencias tempranas de 1,2 Mpa a 16 Mpa en un tiempo hasta 24 horas, luego del ensayo del penetrómetro con aguja y que consiste en disparar clavos de 103 mm al concreto y se determina la profundidad de penetración, luego se extrae el perno y se mide la fuerza de extracción, la profundidad de penetración del clavo debe ser al menos 20 mm, la relación de la fuerza extraída y la profundidad de penetración es la resistencia a compresión estimada mediante una curva de conversión que brinda el fabricante.

Equipo

Paneles trapezoidales de 50 cm de base superior, 30 cm de base inferior y 15 cm de profundidad, un martillo hilti DX 450, clavos de 103 mm, un equipo Pull-test para la extracción de los clavos.



Figura 28. Equipo de ensayo para hincado de clavo.
Fuente: Galobardes, 2011.

Procedimiento

- Obtenido la muestra de shotcrete proyectado elaborado en el panel trapezoidal, para luego realizar 9 cuadrantes sobre la superficie con pintura sprayed.
- Hincar 10 clavos de 103 mm y medir la longitud saliente de cada clavo sobre la superficie del concreto y calcular la penetración de cada clavo.
- Seguidamente colocar los pernos autoroscantes en los clavos para la extracción con el pull-test del clavo, dispositivo que jalará los clavos y registrará en el manómetro las unidades de fuerza adquirida (N).
- Luego calcular la fuerza de compresión estimada mediante la relación de la fuerza extraída y la longitud de penetración, para obtener el promedio de las 10 lecturas.
- Para expresar los resultados en resistencia a compresión en Mpa, se calcula mediante la curva de conversión que brinda el fabricante, y la relación de la fuerza media (N), para obtener la fuerza en Mpa.

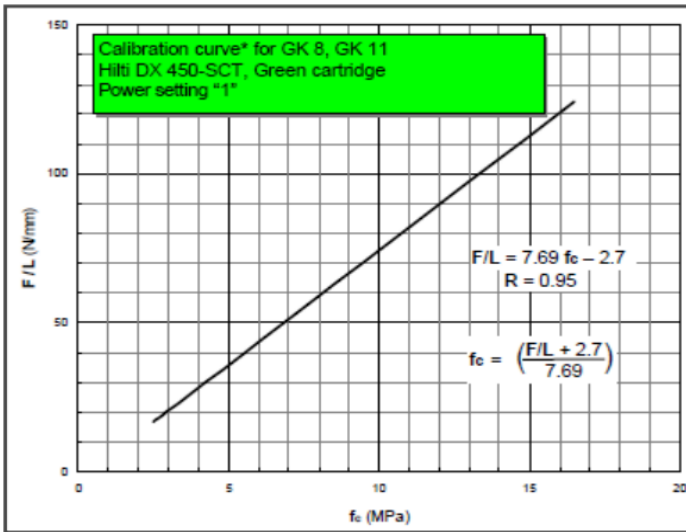


Figura 29. Curva de calibración del fabricante.
Fuente: EFNARC, 2016.

Tabla 22

Ensayo de resistencia temprana con pistola hilti DX 450

Hora	Tiempo	Longitud Total L_{total}	Saliente NVS	Penetración h_{nom} $=L_{total} - NVS$	Lectura de la carga de tracción N_u	Carga de tracción real N_u'	N_u' / h_{nom}	Media $\Sigma(N_u' / h_{nom}) / 10$	Resistencia del Shotcrete F_c
(h : min)	(h : min)	mm	mm	mm	kN	N	N / mm	N / mm	Mpa
13:40 pm	2,0	103	35	68	1.8	1 800	26,5	24,3	3,6
			44	59	1.8	1 800	30,5		
			44	59	1.6	1 600	27,1		
			36	67	1.4	1 400	20,9		
			47	56	1.4	1 400	25,0		
			42	61	1.2	1 200	19,7		
			39	64	1.6	1 600	25,0		
			40	63	1.6	1 600	25,4		
			42	61	1.2	1 200	19,7		
14:10 pm	2,5	103	39	64	1.1	1 100	17,2	31,7	4,7
			50	53	2.0	2 000	37,7		
			42	61	2.2	2 200	36,1		
			43	60	2.0	2 000	33,3		
			48	55	1.8	1 800	32,7		
			42	61	2.0	2 000	32,8		
			43	60	2.1	2 100	35,0		
			41	62	2.0	2 000	32,3		
			46	57	1.8	1 800	31,6		
40	63	1.8	1 800	28,6					

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla 22 se alcanzó una resistencia a compresión temprana a 2 horas de 3,6 Mpa mediante el equipo pistola hilti DX 450, lo cual está dentro del rango y es un valor óptimo para la seguridad y continuidad de la operación.



Figura 30. Elaboración de muestras para el ensayo con marittlo hilti DX 450
Fuente: Elaboración propia.



Figura 31. Martillo hilti DX 450 perforando clavos en el panel trapezoidal.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 32. Extracción de los clavos con el equipo Pull-test.
Fuente: Elaboración propia.

c) Curvas J

Según la guía austriaca del shotcrete, este shotcrete tiene que cumplir requisitos en términos de desarrollo de resistencia, que se especifica a las diferentes clases de resistencia temprana denominadas J1, J2 Y J3.

Clase J1.- Hormigón proyectado aplicado para capas o superficies secas.

Clase J2.- Hormigón proyectado usado donde requiere en un periodo corto un mayor espesor. Este hormigón proyectado es adecuado para ser aplicado en las coronas y en condiciones difíciles, como voladura y flujos de agua.

Clase J3.- Es aplicado para condiciones muy especiales como superficie rocosa de mayor fragilidad o también arto flujo de agua, por tener un fraguado rápido a tiempo corto, que durante la aplicación de lanzado genera mayor porcentaje de rebote y mayor cantidad de partículas de polvo.

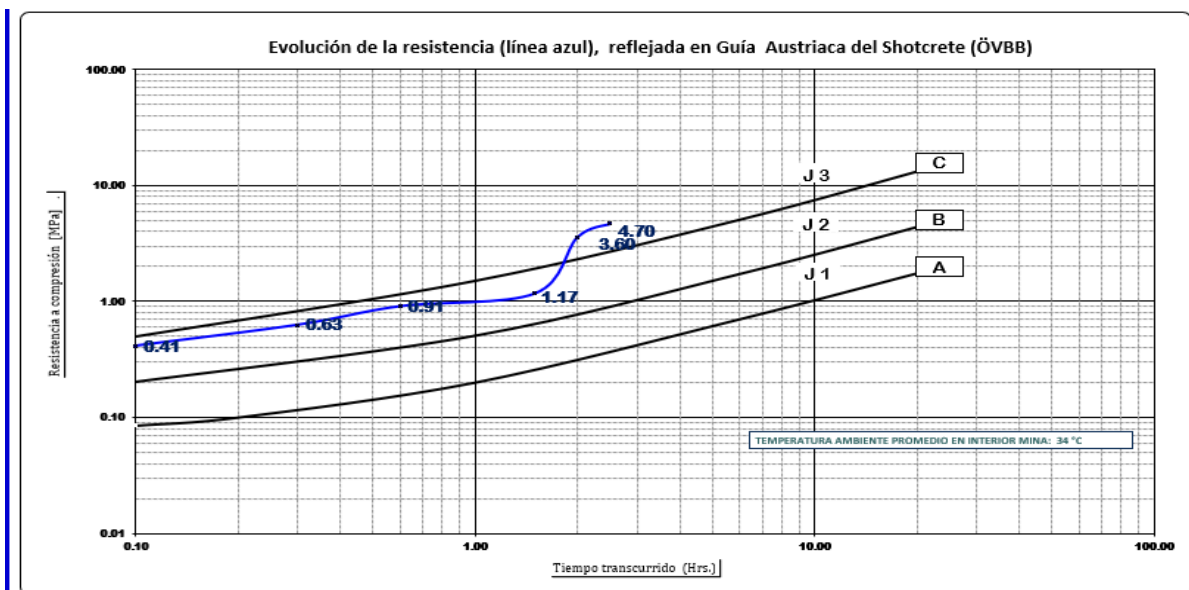


Figura 33. Evolución de la resistencia a compresión temprana.
Fuente: Elaboración propia.

Según resultados en la figura 33 nuestro diseño de shotcrete según clasificación de la guía austriaca mediante ensayos con el penetrómetro y la pistola hilti obteniendo resistencias iniciales y tempranas está en Clase J3 y solo es especificado en circunstancias especiales como ante una fuerte filtración de agua en el terreno.

3. Aplicación de shotcrete

Finalmente para nuestro tercer objetivo específico, se siguió técnicas y procedimientos para la aplicación del shotcrete vía húmeda en la rampa principal del nivel 21, y para corroborar esta aplicación se realizó ensayos de pérdida de rebote, mediante la relación del peso del rechazo del shotcrete vía húmeda al sustrato y la cantidad total del shotcrete vía húmeda.

a) Técnicas para el lanzamiento de shotcrete

- El lanzamiento y colocado de shotcrete depende mucho del trabajo del operador.
- Eliminar obstrucciones en la línea de la manguera con un previo soplado.
- La presión de aire debe ser 4 bares, para una buena adherencia al sustrato.
- El flujo de agua debe ser continuo para lograr una eficiente relación de agua/cemento.
- Los niveles del tanque dosificador debe estar controlado para el consumo de lanzamiento.

b) Aplicación para el lanzamiento de shotcrete

- Preparar la superficie desatando las rocas sueltas y limpiar antes de la proyección.
- Considerar la distancia de la tobera hacia el sustrato que es de 0,80 a 1,20 m.
- Disparar el shotcrete en forma perpendicular y circular a la superficie.
- El lanzamiento debe realizarse de la parte inferior hacia la parte superior.
- El operador debe primero proyectar todas las fisuras y fallas presentes y asegurarse que estén llenas de hormigón proyectado y así evitar el rebote.
- Considera el volumen de cada bombeada impactada en la superficie.
- Realizar una primera capa con espesor de 1", esperar 10 minutos para realizar la segunda capa, de acuerdo a la recomendación.
- La limpieza debe realizarse después de la proyección, para evitar cualquier acumulación de shotcrete.
- Finalmente colocado de calibradores para el control del espesor del shotcrete.



Figura 34. Lanzado de shotcrete en la rampa principal del nivel 21
Fuente: Elaboración propia.

Pruebas de rebote

Según la norma ACI 506, el rebote es el hormigón proyectado que rebota en la superficie contra el que se proyecta. El rebote depende de:

- La experiencia del lanzador del robot.
- Distancia y ángulo entre la boquilla y sustrato.
- La presión de aire debe ser ideal y constante.
- Tamaño de los agregados de acuerdo a la G-02, tamaño máximo del árido 14 mm.
- Tipo y rugosidad de la superficie.

A continuación en la tabla 23 se observa los límites mínimo y máximo del % de rebote en superficie de shotcrete vía húmeda.

Tabla 23

Porcentaje de rebote para superficies de shotcrete vía húmeda

Superficie	Mínimo	Máximo
Solera o pisos	2 %	5 %
Paredes verticales o inclinadas	5 %	10 %
Techos bóvedas	10 %	15 %

Fuente: ACI 506R, 2016

Tabla 24*Cálculo de % de rebote del shotcrete*

N° DE VALDES	PESO (Kg.)	PESO EN 1 M ³ (KG)	PESO EN 4 M ³ (KG)	% DE REBOTE
1	30,535	2280,77	9123,08	5,19 %
2	27,845			
3	28,815			
4	29,645			
5	28,535			
6	35,412			
7	30,731			
8	28,835			
9	34,515			
10	33,585			
11	31,325			
12	30,305			
13	35,215			
14	32,765			
15	36,205			
TOTAL	474,268			

Fuente: Elaboración propia.

Se calculó el % del rebote entre la relación de la suma de los pesos en baldes del rebote rechazado del sustrato que es 474,268 kg y el peso del hormigón en 1 mixer (de rendimiento 4m³) que es 9123,08 kg, y nos da un resultado como indica la tabla 24 de 5,19 %, lo cual es un % de rebote aceptable de acuerdo a la norma ACI 506R, esto ya depende de la experiencia del operador lanzador, del rendimiento de los equipos y de la calidad del agregado en el diseño del shotcrete vía húmeda.



Figura 35. Manta para recolectar el rebote del shotcrete.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 36. Peso del rebote en baldes.
Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la figura 35, se extiende una manta negra en todo el campo para la recolección del shotcrete rechazado hacia el sustrato, y en la figura 36 se observa realizando el peso de los baldes de todo el rebote de shotcrete, para calcular el % del rebote de todo el lanzado.

V. DISCUSIÓN

Nuestra discusión se basa en nuestros resultados obtenidos de acuerdo a la confirmación de nuestras hipótesis establecidas con los antecedentes ya mencionados y el cumplimiento de los objetivos del trabajo de investigación. Se comenzará si la hipótesis general es aceptada y el objetivo general cumpla con los indicadores y dimensiones de las variables.

Hipótesis general

La primera validez de nuestro trabajo de investigación es confirmar que se cumpla nuestra hipótesis general: El diseño del shotcrete vía húmeda es óptimo para construir la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021, que a partir de nuestros resultados obtenidos de los ensayos físicos de los agregados en el laboratorio los datos finales del diseño de shotcrete vía húmeda mediante la tabla 18 han sido: 425 kg de contenido de cemento, 114,47 litros de agua y 0,45 relación de a/c y 3,7 litros de aditivo hiperplastificante macflu 110, donde se realizó ensayo de slump botando 8 ½" en un tiempo de 1 hora en la rampa principal 565 del nivel 21 como indica la tabla 19, manteniendo su trabajabilidad y consistencia del shotcrete vía húmeda, estos resultados obtenidos se contrastan con los que sostiene Cruz (2019) en su trabajo de investigación los datos corregidos mediante su tabla 18 han sido: 400 kg de contenido de cemento, 104,9 litros de agua y 0,48 relación de a/c y 3,6 litros de aditivo master ease 3014, con un slump de 8" en un tiempo de 1 hora como indica en su tabla 20.

Por lo tanto, se concluyó que se acepta la hipótesis general que establece que el diseño del shotcrete vía húmeda es óptimo para construir la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021, puesto que se ha demostrado ser óptimo mediante la evaluación del ensayo de slump con 7 ½", lo cual mantiene su trabajabilidad y consistencia del diseño de shotcrete vía húmeda, puesto que se ha logrado cumplir con el objetivo general.

Primera hipótesis específica

Para la primera hipótesis específica: La caracterización de los ensayos físicos de los agregados permiten diseñar mezcla shotcrete vía húmeda adecuadas para la construcción del sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021, a partir de los resultados obtenidos mediante los ensayos establecidos de la norma ASTM (Sociedad americana para pruebas y materiales) se ha realizado 3 pruebas de cada ensayo como indica la norma, mediante instrumentos de laboratorio, se determinó la curva granulométrica que se encuentra dentro de las especificaciones mínimas y máximas de la gradación 02 (figura 5, 6 y 7), módulo de fineza con un promedio de 3,84 % dentro del límite que es 4 % (figura 9), ensayo de malla #200 con un promedio de 3,95 % dentro del límite que es 5 % a la vez libre de partículas contaminantes (figura 12), gravedad específica de 2,65 gr/cm³ con una absorción de 1,95 % (tabla 10) y un contenido de humedad con un promedio de 6,74 % (tabla 11), este estudio se guarda relación a los resultados de Cruz (2019), donde la granulometría también está dentro de los límites de la gradación 02 mediante su gráfico 6, con un módulo de fineza de 3,80 % (tabla 14), gravedad específica de 2,54 gr/cm³ con una absorción de 3,07 % (tabla 12), contenido de humedad de 8,65 % (tabla 13) y ensayo de malla #200 con un promedio de 2,45 % mediante su tabla 13

Por lo tanto se valida la primera hipótesis específica, conservando dentro de los límites la curva granulométrica, el módulo de fineza y la malla #200, con respecto a la gravedad específica, absorción contenido de humedad, dichos valores son reajustados para nuestro diseño de shotcrete vía húmeda. La diferencia de los resultados de los ensayos de ambos autores es las características y propiedades provenientes del agregado a diseñar, puesto que se logró cumplir con el primer objetivo establecido.

Segunda hipótesis específica

Para la segunda hipótesis específica: La resistencia inicial del shotcrete vía húmeda es óptimo para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021, que a partir de los resultados obtenidos mediante los equipos utilizados del

penetrómetro para determinar la resistencia inicial mediante 40 pruebas en el panel trapezoidal ha sido de 9,3 kg/cm² en 1 hora como indica en la figura 25 y la pistola hilti DX 450 para determinar la resistencia temprana donde se realizó 20 pruebas obteniendo un promedio de 36 kg/cm² en 2 horas como indica en la tabla 22, que se acopló mediante la norma EN 14488-2, en comparación con el autor Meléndez (2018), se obtuvo resultados diferentes, nos dice que el resultado de la resistencia inicial con el instrumento penetrómetro con un promedio es de 12 kg/cm² en 1 hora como indica en sus tablas (13 a 22) y de la resistencia temprana con el instrumento de la pistola hilti DX 450 con un promedio es de 30,7 kg/cm² en 2 horas mediante en sus tablas (23 a 32).

De acuerdo a las curvas austriaca del shotcrete nuestros resultados de resistencias tempranas del shotcrete se asemeja a la curva J 3, que solo es utilizada en circunstancias especiales, en cambio Meléndez (2018), los resultados de resistencia temprana se asemeja a las curvas J 2 y J 3, lo cual es un concreto especial.

Estas diferencias de resultados entre autores ya dependen con la dosificación de los insumos para el diseño de shotcrete, aunque se trabajó con una misma relación de agua/cemento de 0,45 y la misma cantidad y tipo de cemento I de 425 kg/m³ en ambos autores, la diferencia es que en nuestro trabajo se usó fibras metálicas de tipo wirand FS3N con una dosificación de 20 kg/m³ y un aditivo acelerante HAA MACFREE PLUS con contenido de 23,7 litros/m³ y Meléndez (2018) utilizó fibras sintéticas con contenido de 4 kg/m³ y el aditivo acelerante libre de álcalis de contenido de 28 litros/m³, lo cual se obtiene una resistencia inicial más alta al de nosotros.

Por lo tanto se valida la segunda hipótesis específica, obteniendo resistencias de compresión iniciales y tempranas óptimas para construir el sostenimiento con shotcrete vía húmeda en la rampa principal del nivel 21, y dar un seguridad a los trabajadores, puesto que se logró cumplir con el segundo objetivo establecido.

Tercera hipótesis específica

Para la tercera hipótesis específica: Aplicando correctamente el shotcrete vía húmeda se logrará construir el sostenimiento óptimo para la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021, que mediante la aplicación de shotcrete vía húmeda, se realizó de acuerdo a los procedimientos establecidos junto con el operador de lanzador contando con amplia experiencia y certificado como lanzador shotcrete, obteniendo un rebote de 5,19 % en 4 m³ trabajando con una presión de aire de 3 bar como indica la tabla 24, lo cual es óptimo por una baja pérdida de rebote, en comparación con Muñoz (2019), se obtuvo un rebote de 11,7 % como indica en su tabla 36, trabajando con una presión de aire de 4,5 bar.

Según el autor Muñoz (2019), obtuvo un rebote más alto, eso depende las propiedades del agregado, de la capacidad y sobre todo a la experiencia del operador lanzador cumpliendo con las técnicas y procedimientos establecidos, y también de la presión de aire, a menos de 3 bares de presión el shotcrete no llega a adherirse muy bien al sustrato lo cual resulta rebote y si es una presión más alta a 4 bares, el shotcrete impacta con mayor velocidad y fuerza al sustrato provocando rebote, con esto determinamos que la presión óptima para el lanzamiento de shotcrete es de 3 bares a 4 bares, como se ha trabajado en nuestro trabajo de investigación.

Por lo tanto se valida la tercera hipótesis específica, obteniendo un aceptable porcentaje de rebote del shotcrete vía húmeda mediante a la tabla 23, aplicando correctamente los procedimientos y técnicas de lanzamiento para construir el sostenimiento de la rampa principal del nivel 21 con shotcrete vía húmeda, puesto que se logró cumplir con el tercer objetivo establecido.

VI. CONCLUSIONES

1. Con respecto a nuestro objetivo general: Diseñar el shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021 luego se observaron los resultados, se concluyó que al realizar los ensayos físicos de los agregados y reajustes para 1 m^3 de diseño shotcrete vía húmeda se requiere 425 kg de cemento, 1683,30 kg de agregado, 114,47 litros de agua, 3,7 litros de aditivo hiperplastificante, 20 kg de fibra metálica, 23,7 litros de aditivo acelerante y una relación agua/cemento de 0,45, donde se mantiene su trabajabilidad y consistencia del shotcrete.
2. Con respecto a nuestro primer objetivo específico: Realizar los ensayos físicos de los agregados para el diseño de mezcla del shotcrete vía húmeda en la construcción del sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021, se concluyó que mediante la norma ASTM la curva granulométrica que se encuentra dentro de las especificaciones mínimas y máximas de la gradación 02 con un módulo de fineza con un promedio de 3,84 % dentro del límite que es 4 %, ensayo de malla #200 con un promedio de 3,95 % dentro del límite que es 5 % a la vez libre de partículas contaminantes, gravedad específica de $2,65 \text{ gr/cm}^3$ con una absorción de 1,95 % y un contenido de humedad con un promedio de 6,74 %, lo cual es aceptable para nuestro diseño.
3. Con respecto a nuestro segundo objetivo específico: Determinar la resistencia inicial del shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021, se concluyó que las resistencias de compresión del shotcrete vía húmeda mediante la norma EN 14488-2 con el método penetrómetro la resistencia inicial es de $9,3 \text{ kg/cm}^2$ en 1 hora y con el método del martillo hilti la resistencia temprana es de 36 kg/cm^2 en 2 horas, lo cual es óptimo para construir el sostenimiento en la rampa principal del nivel 21.
4. Con respecto a nuestro tercer objetivo específico: Aplicar el shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021, Se concluyó que aplicando correctamente el lanzamiento de shotcrete vía húmeda a la

rampa principal del nivel 21, cumpliendo correctamente las técnicas y procedimientos con el personal calificado de dicha operación, se obtuvo un rebote bajo de 5,19 %, trabajando con una presión de aire de 3 bar.

VII. RECOMENDACIONES

1. Con respecto del objetivo general: Diseñar el shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021, se recomienda seguir investigando y ampliar diseños del shotcrete de acuerdo a la temperatura de las diferentes ambientes que se maneja, para dar un óptimo diseño del shotcrete.
2. Con respecto del primer objetivo específico: Realizar los ensayos físicos de los agregados para el diseño de mezcla del shotcrete vía húmeda en la construcción del sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021, se recomienda instalar un laboratorio con todos los implementos y equipos en superficie y dentro de mina para llevar un mejor control de calidad agregados mediante ensayos para tener un mayor eficiencia del diseño de shotcrete vía húmeda, con el asesoramiento de un técnico de calidad y un ingeniero en la especialidad y también realizar ensayos de shotcrete endurecido para obtener resistencias óptimas a largo plazo.
3. Con respecto del segundo objetivo específico: Determinar la resistencia inicial del shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021, es recomendable lograr una resistencia inicial óptima del shotcrete vía húmeda a 1,0 Mpa en 1 hora para la continuidad de la operación y tener un sostenimiento eficiente.
4. Con respecto del tercer objetivo general: Aplicar el shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021, se recomienda trabajar con personal calificado, certificado y con experiencia mínima 3 años para el área de sostenimiento con shotcrete, a la vez dar capacitaciones de operaciones y seguridad y trabajar con una presión de aire de 3 a 4 bares, para obtener una buena adherencia en el sustrato y arrojar un mínimo rebote.

REFERENCIAS

1. ACI 506R-16. (2016). Guide to shotcrete. American concrete institute.
2. ACI 211. (2012). Diseño de mezcla de concreto ACI Comité 211. Disponible en: file:///C:/Users/Jhon/Downloads/Diseno_de_mezclas_por_el_metodo_ACI.pdf
3. ASTM international. ASTM C33. (2018). Standard Specification for Concrete Aggregates. Disponible en: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?C33C33M18>
4. ASTM international. ASTM C117. (2018). Standard Test Method for Materials finer than 75- μ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates. Disponible en: <https://www.astm.org/search/fullsite-search.html?query=ASTM%20117&>
5. ASTM international. ASTM C128. (2015). Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate. Disponible en: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?C128-15>
6. ASTM international. ASTM C566. (2018). Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate. Disponible en: <https://www.astm.org/search/fullsite-search.html?query=ASTM%20566&>
7. ASTM international. ASTM C143. (2020). Standard Specification for Concrete Aggregates. Disponible en: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?C143C143M-20>
8. ASTM international. ASTM C1064. (2018). Standard Test Method for Temperature. Disponible en: <https://www.astm.org/search/fullsite-search.html?query=ASTM%201064&>
9. ASTM international. ASTM C138. (2018). Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete. Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/C138>
10. ASTM international. ASTM C702. (2018). Standard Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size. Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/C702>

11. ASTM international. ASTM C136. (2018). Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/C136>
12. Bracamonte, J. R. (2014). Concreto lanzado en la industria minera, construcción y tecnología en el concreto. Disponible en: <http://www.imcyc.com/revistacyt/pdf/febrero2014/portada.pdf>
13. Bracamonte, J. R. (2020, mayo, 10). Conferencia diseño de mezcla para concreto lanzado considerando. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=tMCA4QGENns>
14. Bracamonte, J. R. (2020, mayo, 4). Conferencia técnica internacional concreto lanzado con mesofibras. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=jhg5dfllwg_k
15. Bracamonte, J. R. (2020, abril, 26). Conferencia técnica internacional uso de acelerantes para concreto lanzado. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=EXWg4hJTj-8>
16. Díaz, L. J. (2014). Shotcrete vía húmeda su importancia como elemento de sostenimiento en minería. Disponible en: http://www.iimp.org.pe/pptjm/jm20140227_shotcrete.pdf
17. León, L. (2018). Evaluación de la aplicación del shotcrete vía seca como método de sostenimiento en el nivel 6 – xc 750 w en la unidad cuerpo Mery – Compañía Minera Casapalca 2017. Tesis de pregrado para optar el título profesional de ingeniero de minas. Universidad Continental. Huancayo.
18. Cruz, M. (2019). Formulación de una mezcla de concreto con fines de optimizar el tiempo de fraguado en el concreto proyectado aplicado a la minería subterránea. Tesis de pregrado para optar el título profesional de ingeniero de materiales. Universidad nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa.
19. Gómez M., y Vidal S. (2006).).Influencia en la Resistencia a compresión de hormigones por efecto de la temperatura ambiente. Revista de la construcción de la Pontificie Universidad Católica de Chile, pp. 56-61.

20. Henríquez, E. y Zepeda, M. (2003). Preparación de un proyecto de investigación. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-955320030002000003&lng=es&nrm=iso>.
21. Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, M. (5ta ed.). (2010). Metodología de la investigación. México. Editorial editores S.A.
22. Hidalgo, Y. (2017). Evaluación de parámetros incidentes en la respuesta post agrietamiento del hormigón proyectado reforzado con fibras de polipropileno. Tesis de pregrado para optar el título de ingeniero civil. Universidad de Chile. Chile.
23. Holmberg, F. A. (2da ed.). (2015). Shotcrete guía chilena del hormigón proyectado. Santiago: Editorial Muñoz.
24. Instituto mexicano del cemento y el concreto (IMCYC). (2006). El concreto en obra, problemas causas y soluciones. Disponible en: www.imcyc.com/revistact06/oct06/PROBLEMAS.pdf.
25. Lafuente, C. y Marín, A. (2008). Metodologías de la investigación en las ciencias sociales: Fases, fuentes y selección de técnicas. Revista Escuela de Administración de Negocios. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=>
26. Linares, C. (2018). Determinación de resistencia temprana de hormigón proyectado: Correlación entre método normado UNE-EN 14488-2 y método alternativo. Tesis de pregrado para optar el título de ingeniero civil. Universidad de Chile. Chile.
27. Meléndez, J. (2018). Obtención de 20 kg-f/cm² de resistencia temprana en dos horas de tiempo de fragua del concreto lanzado en la mina Marcapunta norte de Sociedad Minera El Brocal. Tesis de postgrado para optar el grado académico de maestro en gestión minera. Universidad nacional del centro del Perú. Huancayo.
28. Mohammad G., [et al]., (2021). Experimental evaluation of freeze-thaw durability of pervious concrete. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710219324143>/ISSN 2352-7102

29. Moreno, S. R. (2017). Evaluación de la técnica de aplicación y resistencia del concreto lanzado en minas mediante la metodología EFNARC. Revista. Técnica Ingeniería Universal de Sonora. Volumen (22), pp. 20-26.
30. Muñoz, K. (2019). Propuesta de mejoramiento en el sistema de sostenimiento mediante shotcrete vía húmeda en sección cuerpos zona alta – Compañía minera Casapalca – Huarochiri – Lima. Tesis de pregrado para optar el título profesional de ingeniero de minas. Universidad nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco.
31. Muñoz, M. (2018). Validación del método de muestreo y ensayo de la norma coguanor NTG 41013 H1 y H3 (concreto lanzado). Tesis de pregrado para optar el título de ingeniero civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. República de Guatemala.
32. Niño, V. (1era ed.). (2011). Metodología de la investigación. Bogotá. Editorial ediciones de la U.
33. Ortega, A. (2020). Influencia del aditivo superplastificante y fibra sintética en el diseño de shotcrete, aplicado como elemento de sostenimiento del macizo rocoso en la mina Uchucchacua, Lima – 2019. Tesis de pregrado para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad César Vallejo. Lima.
34. Sifuentes, J. (2016). Resistencia a compresión uniaxial de concreto $f'c = 175$ kg/cm² de agregados de cerro con la adición de fibras de polipropileno, UPN – 2016. Tesis de pregrado para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad privada del Norte. Cajamarca.
35. Tapia, J. (2017). Diseño y aplicación del shotcrete vía húmeda como elemento de sostenimiento en labores mineras – Inpecon SAC – Mina Chipmo Cía Minera Buenaventura Unidad Orcopampa. Tesis de pregrado para optar el título profesional de ingeniero de minas. Universidad nacional San Agustín de Arequipa. Arequipa.
36. Tianxiong G., & Xingzhong W., (2019). Evaluation of the freeze-thaw durability of surface-treated airport pavement concrete under adverse conditions. construction and Building Materials, volumen (206), pp. 519-530.

37. Toirac J., (2009). La resistencia a compresión del hormigón, condición necesaria pero no suficiente para el logro de la durabilidad de las obras, Revista Ciencia y sociedad del Instituto tecnológico de Santo Domingo. volúmen (34). pp 463-504
38. UNE-EN 14488-2. (2007). Ensayos de hormigón proyectado. Parte 2: Resistencia a compresión del hormigón proyectado a corta edad. Disponible en: file:///C:/Users/Jhon/Downloads/EXT_6RL1CddAkytPxoWWx7Mm.pdf
39. UNE-83-608-94 (1994). Hormigón y mortero proyectados: determinación del rechazo. Disponible en: https://books.google.com.pe/books/about/UNE_83_608_94.html?id=T_hMPAAACAAJ&redir_esc=y
40. Valderrama M. S. (2da ed.). (2013). Pasos para elaborar proyectos de investigación científica, cuantitativa, cualitativa y mixta. Lima. Editorial San Marcos.
41. Wawrezenczyk J., & Molendowska A., (2017). Evaluation of Concrete Resistance to Freeze-thaw Based on Probabilistic Analysis. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817327315/>, ISSN 1877-7058

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Título: Diseño de shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de rampa principal aplicando la norma ACI 506 mina Alpayana Lima 2021

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable independiente	Metodología
PG: ¿Cómo se va a diseñar el shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021?	OG: Diseñar el shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021.	HG: El diseño del shotcrete vía húmeda es óptimo para construir la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021.	Diseño del shotcrete vía húmeda	Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicativo Diseño: No experimental
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicos	Variable dependiente	Población: Rampa principal de los diferentes niveles de la unidad minera Alpayana. Muestra: Rampa 565 del nivel 21, en la unidad minera Alpayana. Muestreo: Muestreo no probabilístico, ya que los muestreos se realizaron de acuerdo a ensayos con el penetrómetro y pistola Hilti DX 450 en paneles trapecoidales.
P1: ¿Cómo se va a realizar los ensayos físicos de los agregados para el diseño de mezcla del shotcrete vía húmeda en la construcción del sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021?	O1: Realizar los ensayos físicos de los agregados para el diseño de mezcla del shotcrete vía húmeda en la construcción del sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021.	H1: La caracterización de los ensayos físicos de los agregados permiten diseñar mezcla shotcrete vía húmeda adecuadas para la construcción del sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021.	Construir sostenimiento de rampa principal	
P2: ¿Cuál es la resistencia inicial del shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021?	O2: Determinar la resistencia inicial del shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021.	H2: La resistencia inicial del shotcrete vía húmeda es óptimo para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021.		
P3: ¿Cuál es la aplicación del shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021?	O3: Aplicar el shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021.	H3: Aplicando correctamente el shotcrete vía húmeda se logrará construir el sostenimiento óptimo para la rampa principal en la mina Alpayana Lima 2021.		

Anexo 2: Operacionalización de variables

Título: Diseño de shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de rampa principal aplicando la norma ACI 506 mina Alpayana Lima 2021

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente Diseño del shotcrete vía húmeda	Es un método de sostenimiento constituido por una mezcla homogénea de cemento, arena, agua y fibra metálica teniendo en consideración la evaluación geomecánica, cuya función es otorgar inmediata seguridad, en las labores de desarrollo y producción. (Laurente, 2017)	Para la dosificación del shotcrete se aplicó mediante las normas técnicas ASTM (American Society for Testing and Materials), y el ACI 506 (American concrete institute)	Ensayo físico del agregado	Granulometría y módulo de fineza	intervalo
				Ensayo de malla #200	intervalo
				Ensayo de humedad	intervalo
				Peso específico y absorción	intervalo
			Ensayo de concreto	Asentamiento	razón
				Temperatura	razón
				Peso unitario y rendimiento	razón
Resistencia de compresión del shotcrete	Ensayo del penetrómetro	razón			
	Ensayo con pistola hilti DX 450	razón			
Variable dependiente Construir sostenimiento de la rampa principal	Es la implementación de un sistema de sostenimiento con la exigencia actual de seguridad y tecnología aplicada según la técnica adecuada de instalación. (León, 2018)	Para la construcción del sostenimiento se aplicó mediante la norma ACI 506R	Técnicas de sostenimiento con shotcrete	Prueba de rebote	razón
				Espesor de capa	razón

Anexo 3: Ficha de validación de instrumentos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CERTIFICADO DE VALIDEZ DEL INSTRUMENTO

N°	VARIABLES / DIMENSIONES / INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	Variable independiente: Diseño del shotcrete via húmeda							
	Dimensión 1: Ensayo físico del agregado	Si	No	Si	No	Si	No	
1	Granulometría y módulo de fineza	X		X		X		
2	Ensayo malla # 200	X		X		X		
3	Ensayo de humedad	X		X		X		
4	Peso específico y absorción	X		X		X		
	Dimensión 2: Ensayo de concreto	Si	No	Si	No	Si	No	
5	Asentamiento	X		X		X		
6	Temperatura	X		X		X		
7	Peso unitario y rendimiento		X	X		X		
	Dimensión 3: Resistencia de compresión del shotcrete	Si	No	Si	No	Si	No	
8	Ensayo del penetrómetro	X		X		X		
9	Ensayo con pistola hilti DX 450	X		X		X		
	Variable dependiente: Construir sostenimiento de la rampa principal							
	Dimensión 1: Técnicas de sostenimiento con shotcrete	Si	No	Si	No	Si	No	
10	Prueba de rebote	X		X		X		
11	Espesor de capa		X	X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Ing.: JUAN ELÍAS ROJAS CONDORI

DNI: 00482808

Registro CIP N°: 45786

Especialidad del validador: INGENIERO CIVIL

_____ de _____ del 2021

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructor
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

JUAN E. ROJAS CONDORI
 INGENIERO CIVIL
 N° 45 786

Firma del Experto Informante.



CERTIFICADO DE VALIDEZ DEL INSTRUMENTO

N°	VARIABLES / DIMENSIONES / INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	Variable independiente: Diseño del shotcrete vía húmeda							
	Dimensión 1: Ensayo físico del agregado							
1	Granulometría y módulo de fineza	X		X		X		
2	Ensayo malla # 200	X		X		X		
3	Ensayo de humedad	X		X		X		
4	Peso específico y absorción	X		X		X		
	Dimensión 2: Ensayo de concreto							
5	Asentamiento	X		X		X		
6	Temperatura	X		X		X		
7	Peso unitario y rendimiento	X		X		X		
	Dimensión 3: Resistencia de compresión del shotcrete							
8	Ensayo del penetrómetro	X		X		X		
9	Ensayo con pistola hilti DX 450	X		X		X		
	Variable dependiente: Construir sostenimiento de la rampa principal							
	Dimensión 1: Técnicas de sostenimiento con shotcrete							
10	Prueba de rebote	X		X		X		
11	Espesor de capa	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Ing.: FRANCO EDGAR VASQUEZ VASQUEZ

DNI: 00485269

Registro CIP N°: 112212

Especialidad del validador: INGENIERO CIVIL

_____ de _____ del 2021

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructor
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión


FRANCO EDGAR VASQUEZ VASQUEZ
INGENIERO CIVIL
CIP 112212
Firma del Experto Informante.



CERTIFICADO DE VALIDEZ DEL INSTRUMENTO

N°	VARIABLES / DIMENSIONES / INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	Variable independiente: Diseño del shotcrete vía húmeda							
	Dimensión 1: Ensayo físico del agregado	Si	No	Si	No	Si	No	
1	Granulometría y módulo de fineza	✓		✓		✓		
2	Ensayo malla # 200	✓		✓		✓		
3	Ensayo de humedad	✓		✓		✓		
4	Peso específico y absorción	✓		✓		✓		
	Dimensión 2: Ensayo de concreto	Si	No	Si	No	Si	No	
5	Asentamiento	✓		✓		✓		
6	Temperatura	✓		✓		✓		
7	Peso unitario y rendimiento	✓		✓		✓		
	Dimensión 3: Resistencia de compresión del shotcrete	Si	No	Si	No	Si	No	
8	Ensayo del penetrómetro	✓		✓		✓		
9	Ensayo con pistola hilti DX 450	✓		✓		✓		
	Variable dependiente: Construir sostenimiento de la rampa principal							
	Dimensión 1: Técnicas de sostenimiento con shotcrete	Si	No	Si	No	Si	No	
10	Prueba de rebote	✓		✓		✓		
11	Espesor de capa	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Ing.: ARNOLD IGOR BERRIOS FLORES

DNI: 00467788

Registro CIP N°: 10852

Especialidad del validador: INGENIERO CIVIL

_____ de _____ del 2021

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructor
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión


 Arnold Igor Berrios Flores
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 10852

Firma del Experto Informante.

Anexo 4: Ensayo de laboratorio

MACCAFERRI

AMERICA LATINA

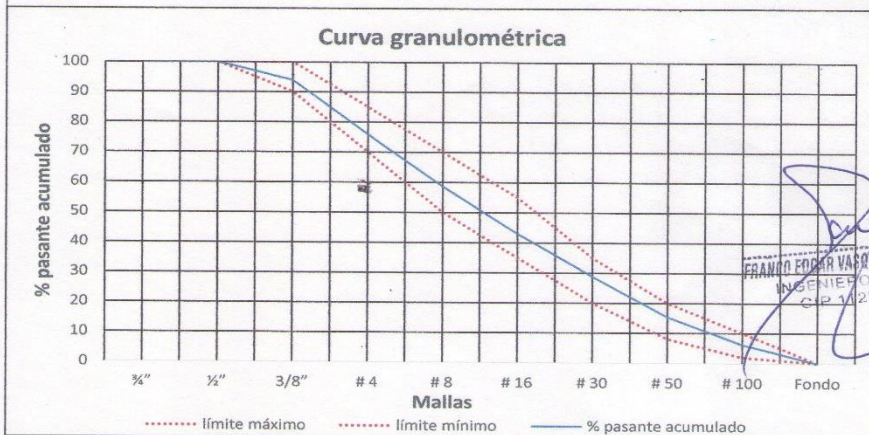
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y SERVICIO DE CONTROL DE CALIDAD

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM C 33)

Proyecto: Diseño de shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de rampa principal aplicando la norma ACI 506 mina Alpayana Lima 2021.
Solicitante: Rojas Acurio, John Santy
Ubicación: Chicla, Huarochiri, Lima
Fecha: 13/05/2021
Técnico: J.R.N.

MALLA	GRANULOMETRÍA				ESPECIFIC. GRADACIÓN	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
	PESO RETENIDO EN GR	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMUL.	% PASANTE ACUMUL.		MODULO DE FINEZA (ASTM C 33)	3,78
3"	-	0,0	0,0	100,0		TAMAÑO MÁXIMO	3/8"
2 1/2"	-	0,0	0,0	100,0		% DE HUMEDAD (ASTM C 566)	
2"	-	0,0	0,0	100,0		(A) Peso de tara (g)	85,0
1 1/2"	-	0,0	0,0	100,0		(B) peso de muestra original húmeda (g)	1000
1"	-	0,0	0,0	100,0		(C) peso de muestra original seca (g)	943,0
3/4"	-	0,0	0,0	100,0	100	Contenido de humedad (%):(B-C)*100/C	6,04
1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0	100	% DE MALLA #200 (ASTM C 117)	
3/8"	57,00	6,1	6,1	93,9	90 - 100	(D) peso de tara (g)	85,0
# 4	168,00	18,0	24,1	75,9	70 - 85	(E) peso de muestra seca (g)	824,0
# 8	161,00	17,3	41,4	58,6	50 - 70	(F) peso de muestra después de lavado seca (g)	791,5
# 16	145,50	15,6	57,0	43,0	35 - 55	% pasante de #200: (E-F)*100/E	3,94
# 30	132,50	14,2	71,2	28,8	20 - 35	OBSERVACIONES	
# 50	126,00	13,5	84,7	15,3	8 - 20	EL AGREGADO CUMPLE CON LA G-02	
# 100	85,00	9,1	93,8	6,2	2 - 10	% DE HUMEDAD : 6,04	
Fondo	58,00	6,2	100,0	0,0	0 - 0	% DE MALLA # 200 : 3,94	
TOTAL	933,00	100,00	MÓDULO DE FINEZA	3,78			

El módulo de fineza= % retenido acumulado en las mallas (3" + 1 1/2" + 1/2" + 3/8" + #4 + #8 + #16 + #30 + #50 + #100) / 100
Nota: Para agregados Gruesos, en los tamices donde no exista retenido considere 100% de retenido acumulado en cada uno
El tamaño máximo= menor tamiz por el que pasa el 100% del agregado tamizado.



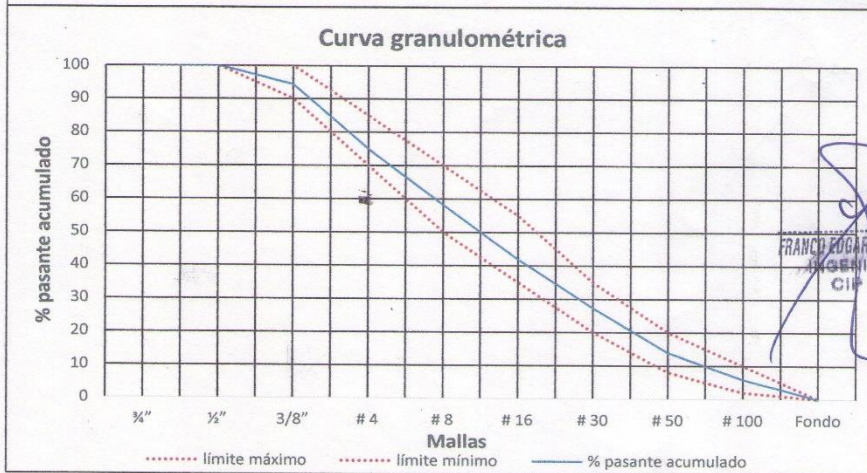
Av. Alfredo Benavides 1944. Edificio Swiss Tower. Oficina 801 – Miraflores – Lima
Teléfono: 51(1) 206-2600 (Anexo 1113)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM C 33)

Proyecto: Diseño de shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de rampa principal aplicando la norma ACI 506 mina Alpayana Lima 2021.
 Solicitante: Rojas Acurio, John Santy
 Ubicación: Chicla, Huarochiri, Lima
 Fecha: 14/05/2021
 Técnico: J.R.N.

GRANULOMETRÍA					CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
MALLA	PESO RETENIDO EN GR	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMUL.	% PASANTE ACUMUL.	ESPECIFIC. GRADACIÓN	MODULO DE FINEZA (ASTM C 33)
3"	-	0,0	0,0	100,0		3,83
2 1/2"	-	0,0	0,0	100,0		TAMAÑO MÁXIMO
2"	-	0,0	0,0	100,0		3/8"
1 1/2"	-	0,0	0,0	100,0		% DE HUMEDAD (ASTM C 566)
1"	-	0,0	0,0	100,0		(A) peso de tara (g)
3/4"	-	0,0	0,0	100,0	100	85,0
1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0	100	(B) peso de muestra original húmeda (g)
3/8"	37,00	5,7	5,7	94,3	90 - 100	920
# 4	125,50	19,3	25,0	75,0	70 - 85	(C) peso de muestra original seca (g)
# 8	109,50	16,8	41,8	58,2	50 - 70	857
# 16	105,50	16,2	58,1	41,9	35 - 55	Contenido de humedad (%)=(B-C)*100/C
# 30	95,00	14,6	72,2	27,3	20 - 35	7,35
# 50	87,00	13,4	86,1	13,9	8 - 20	% DE MALLA #200 (ASTM C 117)
# 100	52,00	8,0	94,1	5,9	2 - 10	(D) peso de tara (g)
Fondo	38,50	5,9	100,0	0,0	0 - 0	85,0
			MÓDULO DE FINEZA	3,83		(E) peso de muestra seca (g)
TOTAL	650,0	100,00				824,0
						(F) peso de muestra después de lavado seca (g)
						791,5
						% pasante de #200: (E-F)*100/E
						3,83
						OBSERVACIONES
						EL AGREGADO CUMPLE CON LA G-02
						% DE HUMEDAD : 7,35
						% DE MALLA # 200 : 3,83

El módulo de fineza= % retenido acumulado en las mallas (3" + 1 1/2" + 3/4" + 3/8" + #4 + #8 + #16 + #30 + #50 + #100) / 100
 Nota: Para agregados Gruesos, en los tamices donde no exista retenido considere 100% de retenido acumulado en cada uno
 El tamaño máximo= menor tamiz por el que pasa el 100% del agregado tamizado.



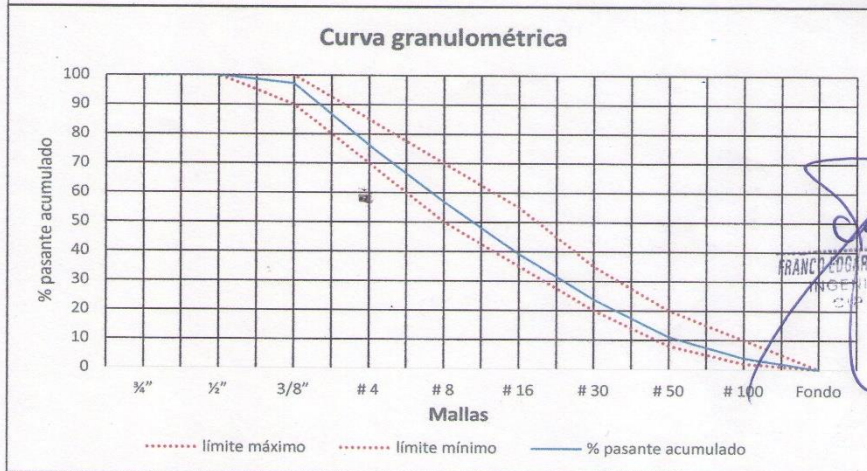
Av. Alfredo Benavides 1944. Edificio Swiss Tower. Oficina 801 – Miraflores – Lima
 Teléfono: 51(1) 206-2600 (Anexo 1113)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM C 33)

Proyecto: Diseño de shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de rampa principal aplicando la norma ACI 506 mina Alpayana Lima 2021.
Solicitante: Rojas Acurio, John Santy
Ubicación: Chicla, Huarochiri, Lima
Fecha: 15/05/2021
Técnico: J.R.N.

GRANULOMETRÍA						CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
MALLA	PESO RETENIDO EN GR	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMUL.	% PASANTE ACUMUL.	ESPECIFIC. GRADACIÓN	MODULO DE FINEZA (ASTM C 33)	3,92
3"	-	0,0	0,0	100,0		TAMAÑO MÁXIMO	3/8"
2 1/2"	-	0,0	0,0	100,0		% DE HUMEDAD (ASTM C 566)	
2"	-	0,0	0,0	100,0		(A) peso de tara (g)	85,0
1 1/2"	-	0,0	0,0	100,0		(B) peso de muestra original húmeda (g)	920
1"	-	0,0	0,0	100,0		(C) peso de muestra original seca (g)	857
3/4"	-	0,0	0,0	100,0	100	Contenido de humedad (%):(B-C)*100/C	6,84
1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0	100	% DE MALLA #200 (ASTM C 117)	
3/8"	50,00	2,8	2,8	97,2	90 - 100	(D) peso de tara (g)	85,0
# 4	380,00	21,0	23,8	76,2	70 - 85	(E) peso de muestra seca (g)	824,0
# 8	350,00	19,3	43,1	56,9	50 - 70	(F) peso de muestra después de lavado seca (g)	791,5
# 16	320,00	17,7	60,8	39,2	35 - 55	% pasante de #200: (E-F)*100/E	4,05
# 30	280,00	15,5	76,2	23,8	20 - 35	OBSERVACIONES	
# 50	230,00	12,7	89,0	11,0	8 - 20	EL AGREGADO CUMPLE CON LA G-02	
# 100	130,00	7,2	96,1	3,9	2 - 10	% DE HUMEDAD : 6,84	
Fondo	70,00	3,9	100,0	0,0	0 - 0	% DE MALLA # 200 : 4,05	
TOTAL	1810,00	100,00	MÓDULO DE FINEZA	3,92			

El módulo de fineza= % retenido acumulado en las mallas (3" + 1 1/2" + 1/2" + 3/8" + #4 + #8 + #16 + #30 + #50 + #100) / 100
Nota: Para agregados Gruesos, en los tamices donde no exista retenido considere 100% de retenido acumulado en cada uno
El tamaño máximo= menor tamiz por el que pasa el 100% del agregado tamizado.



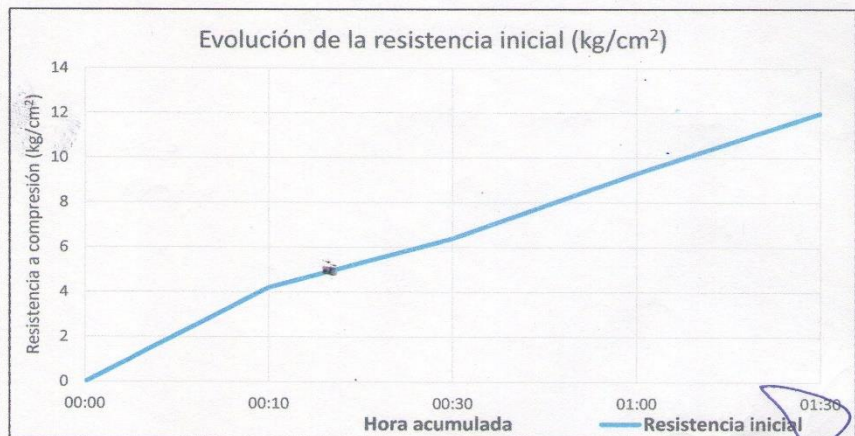
Av. Alfredo Benavides 1944. Edificio Swiss Tower. Oficina 801 – Miraflores – Lima
Teléfono: 51(1) 206-2600 (Anexo 1113)

RESISTENCIA DE COMPRESIÓN A EDAD CORTA DEL SHOTCRETE

NORMA EN 14488-2

Proyecto: Diseño de shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de rampa principal aplicando la norma ACI 506 mina Alpayana Lima 2021.
Solicitante: Rojas Acurio, John Santy
Ubicación: Chicla, Huarochiri, Lima
Fecha: 16/05/2021
Técnico: J.R.N.
Ensayo: Método A - penetrómetro con aguja (0 – 3 horas)

Hora de lectura (hh:mm)	Hora acumulada (hh:mm)	Temperatura ambiente(°C)	Fuerza a la penetración (Kp)					Promedio (Kp)	Resistencia a la compresión	
									N/mm ²	Kg/cm ²
11:50	0:10	28	17	27	22	22	22	23,0	0,41	4,2
12:10	0:30	27,5	32	32	32	37	37	35,0	0,63	6,4
			32	37	37	37	37			
12:40	1:00	27,5	47	52	52	47	47	51,0	0,91	9,3
			52	57	52	52	52			
13:10	1:30	27,5	62	62	67	67	67	65,5	1,17	12,0
			67	62	67	67	67			



[Handwritten Signature]
FRANCISCO EDGAR VASQUEZ VASQUEZ
INGENIERO CIVIL
CIP 112212

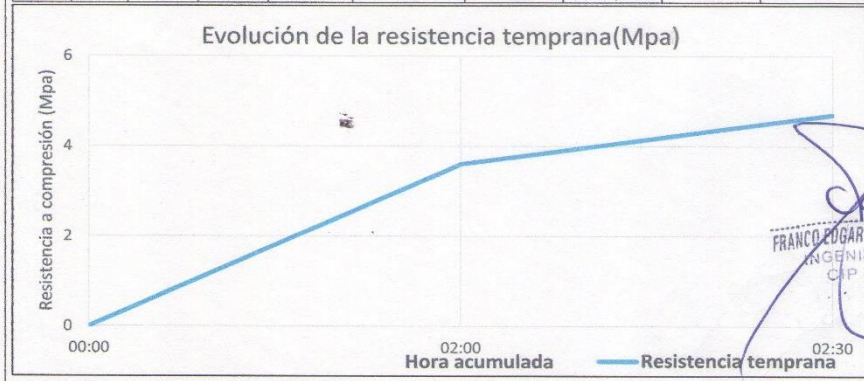
Av. Alfredo Benavides 1944. Edificio Swiss Tower. Oficina 801 – Miraflores – Lima
Teléfono: 51(1) 206-2600 (Anexo 1113)

RESISTENCIA DE COMPRESIÓN A EDAD CORTA DEL SHOTCRETE

NORMA EN 14488-2.

Proyecto: Diseño de shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de rampa principal aplicando la norma ACI 506 mina Alpayana Lima 2021.
 Solicitante: Rojas Acurio, John Santy
 Ubicación: Chicla, Huarochiri, Lima
 Fecha: 16/05/2021
 Técnico: J.R.N.
 Ensayo: Método B – pistola hilti DX 450 (3 – 24 horas)

Hora	Tiempo	Longitud Total L_{total}	Saliente NVS	Penetración h_{nom} $=L_{total} - NVS$	Lectura de la carga de tracción N_u	Carga de tracción real N_u'	N_u' / h_{nom}	Media $\Sigma(N_u' / h_{nom}) / 10$	Resistencia del Shotcrete F'c
(h : min)	(h : min)	mm	mm	mm	kN	N	N / mm	N / mm	Mpa
13:40 pm	2,0	103	35	68	1.8	1 800	26,5	24,3	3,6
			44	59	1.8	1 800	30,5		
			44	59	1.6	1 600	27,1		
			36	67	1.4	1 400	20,9		
			47	56	1.4	1 400	25,0		
			42	61	1.2	1 200	19,7		
			39	64	1.6	1 600	25,0		
			40	63	1.6	1 600	25,4		
			42	61	1.2	1 200	19,7		
			44	59	1.4	1 400	23,7		
			14:10 pm	2,5	103	39	64		
50	53	2.0				2 000	37,7		
42	61	2.2				2 200	36,1		
43	60	2.0				2 000	33,3		
48	55	1.8				1 800	32,7		
42	61	2.0				2 000	32,8		
43	60	2.1				2 100	35,0		
41	62	2.0				2 000	32,3		
46	57	1.8				1 800	31,6		
40	63	1.8				1 800	28,6		

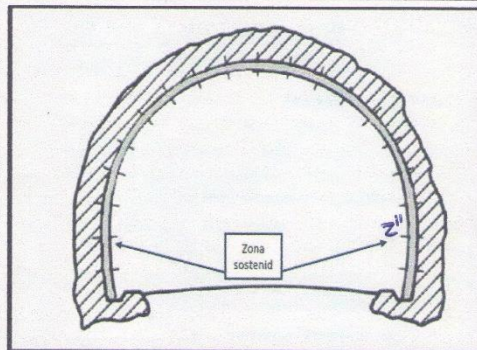


Av. Alfredo Benavides 1944. Edificio Swiss Tower. Oficina 801 – Miraflores – Lima
 Teléfono: 51(1) 206-2600 (Anexo 1113)

DETERMINACIÓN DEL RECHAZO CON SHOTCRETE VÍA HÚMEDA

NORMA UNE – 83–608-94

Proyecto: Diseño de shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de rampa principal aplicando la norma ACI 506 mina Alpayana Lima 2021.
 N° de reporte: R001 - 21
 Tipo de shotcrete: F'c 280 kg/cm²
 Cía. minera: Alpayana
 Zona de prueba: Nivel 21 – Rampa 565 – Zona profundización
 Fecha: 16/05/2021
 Técnico: J.R.N.



Descripción del sostenimiento y técnicas de lanzado shotcrete

- Sostenimiento con shotcrete corona y hastial.
- El lanzado se realizó con el equipo Putzmeister 4210.
- Se apreció en el lanzado el respeto a las recomendaciones y referencias a la distancia de lanzado y en ángulo del mismo.
- La temperatura de la mezcla es de 25,5 C° y del ambiente 26 °C

Materiales	Densidad (kg/m ³)	Humedad %	Absorción %	Peso seco (kg)	Volumen (m ³)	Peso húmedo (kg)	Carguio de planta (kg)
Cemento	3150			425	0,1350	425	1700
Agua	1000			190	0,1900	114,47	457,88
Arena	2650	6,74	1,95	1577,015	0,5951	1683,30	6733,2
Aire					0,0500		
Aditivo hiperplastificante	1080			4	0,0037	4	16
Fibra metálica	7860			20	0,0025	20	80
Aditivo acelerante	1430			34	0,0237	34	136
TOTAL				2060,015	1,000	2280,77	9123,08

Datos tomados en interior mina

Ubicación de prueba	Nivel 21 – Rampa 565	Rebote generado 5,19 %
Operador equipo robot	Aliaga Garagati Roberto	
Hora inicio de lanzado	2:15 pm	
Hora final de lanzado	2:40 pm	
Slump (pulg.)	8"	
Cantidad lanzada (m3)	4	
Cantidad proyectada conoía (kg)	9123,08	
Cantidad material de rebote (kg)	474,268	

Francisco Edgar Vasquez Vasquez
 INGENIERO CIVIL
 CIP 112212

Anexo 5: Hoja de datos técnicos de aditivo hiperplastificante

HOJA DE DATOS TECNICOS (HT)
DTM – Rev. 01 – Octubre 2018



MACFLU 110

ADITIVO HIPERPLASTIFICANTE DE ALTO DESEMPEÑO

DESCRIPCION:

MACFLU 110 es un poderoso hiperplastificante para concretos y morteros, pertenece a una nueva generación de aditivos basados en la tecnología de polímeros (éteres policarboxílicos). Está especialmente formulado para la producción de concreto que requiere de un rápido desarrollo de resistencia inicial, alta reducción de agua y excelente trabajabilidad, como también un prolongado mantenimiento de la fluidez, tiene excelentes propiedades con los agregados finos, una óptima cohesión y alto comportamiento autocompactante.

Se recomienda MACFLU 110 para los siguientes tipos de concreto:

- Concreto lanzado – shotcrete.
- Concreto autocompactante.
- Concreto para climas cálidos y/o fríos.
- Concreto de alta resistencia, etc.

Excelente comportamiento con cementos adicionados.

VENTAJAS Y BENEFICIOS:

Con MACFLU 110 se obtienen las siguientes propiedades en el concreto al emplear como aditivo único:

- Como reducción de agua y aumenta la cohesión lo que lo hace adecuado para la producción de concreto autocompactante.
- Alta Impermeabilidad.
- Extrema reducción de agua (que trae consigo una alta densidad y resistencia).
- Excelente fluidez (reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración).
- Mejora la plasticidad y disminuye la contracción plástica.
- Mantiene la fluidez por mayor tiempo (a diferencia de los aditivos tradicionales) sin variar el fraguado.
- Fraguado del concreto, en menor tiempo que del aditivo estándar.
- Desencofrado de las estructuras en menor tiempo.
- Rheología controlada
- Reduce la carbonatación del concreto.
- Aumenta la durabilidad del concreto.
- Reduce la exudación y la segregación.
- Produce concretos cohesivos y sin Segregación ni sangrado.
- Incrementa la vida de servicio de las estructuras.

RECOMENDACIÓN:

Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintética y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico

DATOS TECNICOS:

Estado Físico	Líquido
Color	Marrón oscuro
Densidad, 20°C	1.08 ± 0.02

NORMA:

Cumple con la especificación ASTM C 494 tipos A y F.

APLICACION:

Se recomienda dosificar al aditivo MACFLU 110 en un rango de:

Para concretos plásticos: Del 0.8% al 1.2% del peso del contenido cementicio.

Para concretos fluidos. Del 1.2% al 1.8% del peso del contenido cementicio.

Para todos los casos se recomienda realizar pruebas preliminares para verificar el fraguado y la resistencia que se utilizarán en el proyecto.

No debe ser vertido en agregados y el concreto seco, ya que se obtendría una reducción de su performance debido a la absorción de parte del aditivo con los agregados.

Para más información, contactarse con su representante técnico de MACCAFERRI.

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO:

MACFLU 110, si se almacena en su envase original bien cerrado, bajo las condiciones óptimas de almacenaje, tiene una vida útil de 18 meses como mínimo, a temperaturas entre 5 °C y 35 °C.

Para más información contactarse con su representante técnico de MACCAFERRI.

Carretera Nueva Panamericana Sur Km. 33 – Lurín – Lima
Telf.: 51(1) 206-2600
E-mail: info@pe.maccferri.com

MACFLU 110

ADITIVO HIPERPLASTIFICANTE DE ALTO DESEMPEÑO

PRESENTACION:

MACFLU 110 se suministra en:

- Cilindros de 208 litros.
- Tanques de 1000 litros.
- A granel (para consumo masivo).

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD:

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

OBSERVACIONES:

Para información adicional sobre este producto o para su uso en el desarrollo de mezclas de concreto con características especiales de desempeño, consulte a su representante técnico de MACCAFERRI.

Los datos presentes en esta hoja técnica son referenciales.

www . maccaferri . com . pe

MACCAFERRI se reserva el derecho de revisar estas Especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.

Carretera Nueva Panamericana Sur Km. 33 – Lurín – Lima
Telf.: 51(1) 206-2600
E-mail: info@pe.maccaferri.com

Anexo 6: Hoja de datos técnicos de aditivo acelerante de fraguado

HOJA DE DATOS TECNICOS (HT)

DTM – Rev. 01 – Agosto 2017

MACCAFERRI
AMÉRICA LATINA

HAA MACFREE PLUS

ADITIVO ACELERANTE DE FRAGUADO DE ALTO DESEMPEÑO PARA SHOTCRETE

DESCRIPCION:

HAA MACFREE PLUS es un acelerante de fraguado, líquido, libre de álcalis, para ser utilizado en concreto lanzado, shotcrete, ambas vías, seca y húmeda.

La finalidad es conseguir cortos períodos de tiempo para el fraguado inicial, y una rápida adherencia a la superficie a cubrir y características mecánicas elevadas.

Es un aditivo líquido cuya dosificación puede variar para obtener los tiempos de fraguado y resistencias iniciales deseados.

VENTAJAS Y BENEFICIOS:

Con HAA MACFREE PLUS, se logra el avance rápido de la obra y la formación de revestimientos de capas más gruesas de shotcrete, en una misma secuencia debido al fraguado rápido.

Permite el desarrollo de una resistencia inicial continua, a la vez de alcanzar una resistencia excelente en el largo plazo.

Menos pérdida de la resistencia final del shotcrete (**normalmente con los acelerantes convencionales entre 20 y 50 %**).

Reducción del riesgo de la reacción álcali-agregado, mediante la eliminación del contenido de álcalis provenientes de los acelerantes comunes. Baja formación de polvo y por lo tanto, crea un ambiente de trabajo saludable y mejora la visibilidad en el lanzado. No es agresivo, reduce el impacto ambiental y disminuye los costos de manejo.

Mejora la seguridad laboral evitando lesiones como quemaduras de la piel, pérdida de la vista y problemas respiratorios.

DATOS TECNICOS:

Estado Físico	Líquido
Color	Beige
Densidad, 20°C	1.43 ± 0.02
pH	2.5 – 3.2
Contenido de Cloruros	< 0.1%

NORMA:

Cumple con la especificación ASTM C 494 para Aditivos Acelerantes de Fraguado Tipo C.

APLICACION:

El rango de dosificación recomendado para el HAA MACFREE PLUS, depende de la temperatura del concreto, y temperatura del ambiente de trabajo, es otro factor importante que influye en la dosificación. Dependiendo el tiempo requerido de fraguado y resistencia temprana.

El consumo del aditivo HAA MACFREE PLUS, normalmente fluctúa:

Entre 4 – 9% con respecto al peso del material cementicio dosificado.

Una sobredosis del HAA MACFREE PLUS, de > 12 % pueden resultar en una disminución de resistencia final del shotcrete.

Para todos los casos se recomienda realizar pruebas preliminares para verificar el fraguado y la resistencia inicial hasta las 24 horas del shotcrete que se utilizarán en el proyecto.

Debido a las variaciones en las condiciones de la obra y de los materiales de concreto, se podrán requerir rangos de dosificación diferentes a los recomendados.

En tales casos, contactarse con su representante técnico de MACCAFERRI.

MODO DE EMPLEO:

El acelerante líquido HAA MACFREE PLUS se dosifica en la boquilla.

Para asegurar una dosificación constante y precisa, asegurando la calidad del concreto lanzado, recomendamos la utilización de las bombas de dosificación:

- Bombas peristálticas
- Mono bombas

RECOMENDACIONES:

Para la aplicación del concreto lanzado shotcrete con acelerante de fraguado HAA MACFREE PLUS. El sustrato debe estar limpio, sin material suelto y se recomienda que este húmedo, rociado con agua para una mejor adherencia.

Carretera Nueva Panamericana Sur Km. 33 – Lurín – Lima
Telf.: 51(1) 206-2600
E-mail: info@pe.maccaferri.com

HAA MACFREE PLUS

ADITIVO ACELERANTE DE FRAGUADO DE ALTO DESEMPEÑO PARA SHOTCRETE

Limpieza:

Antes y después de utilizar HAA MACFREE PLUS, el equipo de dosificación y demás partes del sistema se deben limpiar por completo con abundante agua.

El no hacerlo provoca taponamientos en la línea de flujo del aditivo acelerante. Asegúrese de que todos los operadores involucrados en la operación estén bien informados.

Compatibilidad:

No mezcle HAA MACFREE PLUS con otros acelerantes que no sean de la misma base química, ya que esto causará inmediato taponamiento de los equipos de dosificación.

ALMACENAMIENTO:

HAA MACFREE PLUS, debe almacenarse en contenedores cerrados de plástico o acero inoxidable. No debe almacenarse en contenedores metálicos convencionales, puesto que el pH del producto induce corrosión que puede afectar su desempeño, y ocasionar derrames, por el debilitamiento del envase del contenedor metálico.

HAA MACFREE PLUS, si se almacena en su envase original bien cerrado, bajo las condiciones óptimas de almacenaje, tiene una vida útil de 12 meses como mínimo.

Para mayor información contactarse con su representante técnico de MACCAFERRI.

PRESENTACION:

HAA MACFREE PLUS, se suministra en cilindros de 208 litros, tanques (totes) de 1000 litros y a granel.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD:

HAA MACFREE PLUS, es un líquido irritante para la piel y los ojos. Deben tomarse las mismas precauciones a las indicadas para el uso y manejo de todo tipo de acelerantes para shotcrete.

Mantenga fuera del alcance de los niños. Mantenga el recipiente cerrado cuando no se utilice. Evite el contacto con la piel, los ojos y la ropa. Lave sus manos perfectamente después de usar el producto.

Use guantes protectores y lentes de protección. Debe seguir las advertencias indicadas en la etiqueta.

Primeros auxilios:

En el caso de contacto con los ojos, lave perfectamente con agua limpia por un mínimo de 15 minutos. Si hay contacto con la piel, lave el área afectada con agua y jabón. Si la irritación persiste, busque atención médica. Retire y lave la ropa contaminada.

En el caso de tragar, trate de no inducir al vómito y busque atención médica.

Consulte la Hoja de Datos de Seguridad (MSDS) para este producto.

OBSERVACIONES:

Para información adicional sobre este producto o para su uso en el desarrollo de mezclas de concreto con características especiales de desempeño, consulte a su representante técnico de MACCAFERRI.

La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado.

Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 51 (1) 206-2600 ó descargarla a través de Internet en nuestra página web:

[www . maccaferri . com . pe](http://www.maccaferri.com.pe)

MACCAFERRI se reserva el derecho de revisar estas Especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.

Anexo 7: Hoja de datos técnicos de fibra metálica

MACCAFERRI

FICHA TECNICA

Rev.: 03, Enero 2017

FIBRA WIRAND® FS3N

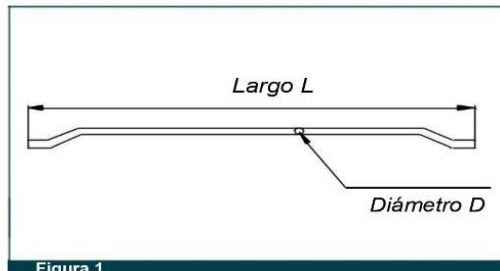
DESCRIPCIÓN:

Fibra WIRAND® FS3N en alambre de acero trefilado para el refuerzo del concreto proyectado (shotcrete).

TIPO: Wirand FS3N

CARACTERÍSTICAS:

Diámetro (D)	: 0.75 mm
Largo (L)	: 33 mm
Relación de esbeltez (L/D)	: 44
Red de Fibras	: 8,651 Fibras/Kg
Presentación de las Fibras	: Suelta



CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL ALAMBRE

R_m (Tensión de ruptura por tracción del alambre)	: > 1200 MPa (Según ACI 544.3R-08)
I (Elongación a la ruptura)	: < 4%

FORMA

Los ganchos de las extremidades de la fibra WIRAND® FS3N garantizan la máxima adherencia al concreto proyectado (shotcrete).

DOSIFICACION

La dosis estándar es de 20 kg/m³. Sin embargo, esto varía según diseño de mezcla.

STANDARD DE REFERENCIA

- ASTM A820-01 "Standard specification for steel fibers for fiber-reinforced concrete"
- UNI-11037 – Fibre di acciaio da impiegare nel confezionamento di conglomerato cementizio rinforzato
- pr-EN 14889-1 – Fibres for concrete – Part 1 – Steel fibres – Definition, specifications and conformity

EMBALAJE

La fibra WIRAND® FS3N es acondicionada en cajas de cartón de 20 Kg o grandes Big bags de 600 Kg, 750 Kg, 950 Kg de peso.

El fabricante, con el fin de mejorar y optimizar las características técnicas de los productos, se reserva el derecho de modificar los estándares de los productos sin ningún preaviso. Todas las informaciones comunicadas están dadas de buena fe y en base a nuestra experiencia; de todas formas tanto el fabricante como sus distribuidores declinan cualquier responsabilidad por una utilización errónea de dicha información por parte del proyecto.

Maccaferri se reserva el derecho de revisar estas especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.

www.maccaferri.com.pe

Anexo 8: Ficha técnica del cemento andino tipo I



Ficha Técnica

CEMENTO ANDINO PREMIUM

Descripción:

- Es un Cemento Pórtland Tipo I, obtenido de la molienda Clinker Tipo I y yeso.

Beneficios:

- Alta resistencia a mediano y largo plazo, alta durabilidad.
- Excelente trabajabilidad y acabado.
- Bajo contenido de álcalis. Buena resistencia a los agregados alcali reactivos.
- Moderada resistencia al salitre.

Usos:

- Estructuras sólidas de acabados perfectos.
- Construcciones en general de gran envergadura como, puentes, estructuras industriales y conjuntos habitacionales.

Características Técnicas:

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

Formato de Distribución:

- Bolsas de 42.5 Kg: 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- Granel: A despacharse en camiones bombonas y Big Bags.



Recomendaciones

Dosificación:

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

Manipulación:

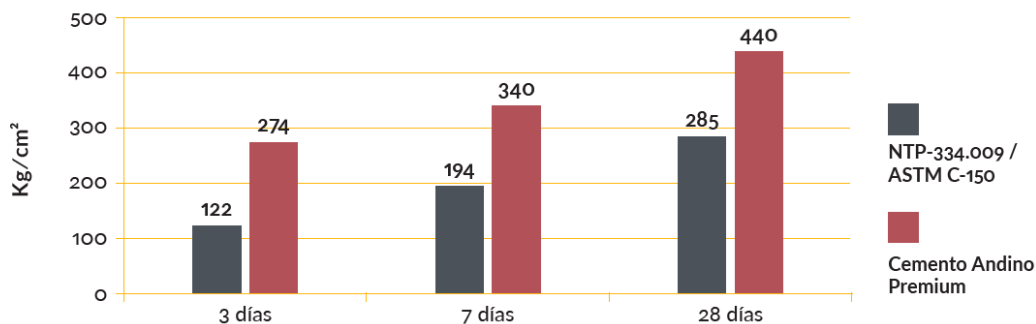
- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

Almacenamiento:

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno y en dos pallet de altura.

Requisitos mecánicos

Comparación resistencias NTP-334.009 / ASTM C-150 vs. Cemento Andino Premium



Propiedades físicas y químicas

Parámetro	Unidad	Cemento Andino Premium	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	5.08	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.01	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	361	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.15	No específica
Resistencia a la Compresión			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	274	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	340	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	440	Mínimo 285*
Tiempo de Fraguado			
Fraguado Vicat inicial	min	116	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	285	Máximo 375
Composición Química			
MgO	%	1.93	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.68	Máximo 3.0
Pérdida al fuego	%	1.49	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.69	Máximo 1.5
Fases Mineralógicas			
C ₂ S	%	15.53	No específica
C ₃ S	%	57.35	No específica
C ₃ A	%	7.50	No específica
C ₄ AF	%	10.61	No específica
Álcalis Equivalentes			
Contenido de álcalis equivalentes	%	0.47	Requisito opcional, máximo 0.60
Resistencia a los Sulfatos			
Resistencia al ataque de sulfatos	%	0.083	0.10 % máx. a 180 días

*Requisito opcional

Anexo 9: Panel fotográfico



Fotografía 1. Equipo robot alpha 20



Fotografía 2. Equipo tornado mixer



Fotografía 3. Tolva de arena



Fotografía 4. Banda transportadora de agregado



Fotografía 5. Mezclador de shotcrete tipo planetario abasteciendo fibras metálicas



Fotografía 6. Lavado y limpieza de mezclador de shotcrete tipo planetario



Fotografía 7. Almacenamiento de aditivo acelerante



Fotografía 8. Almacenamiento de fibras metálicas



Fotografía 9. Traspaso de shotcrete de equipo mixer a robot alpha



Fotografía 10. Medición de asentamiento del shotcrete



Figura 11. Medición de temperatura del shotcrete



Figura 12. Elaboración de panes trapezoidales



Figura 13. Ensayo de resistencia inicial con penetrómetro



Figura 14. Peso de rebote de shotcrete



Figura 15. Planta dosificadora de shotcrete en nivel 14 – interior mina