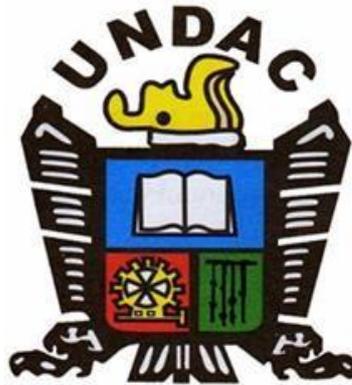


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Calidad de sostenimiento al usar shotcrete con fibras sintéticas en
compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente**

Para optar el título profesional de:

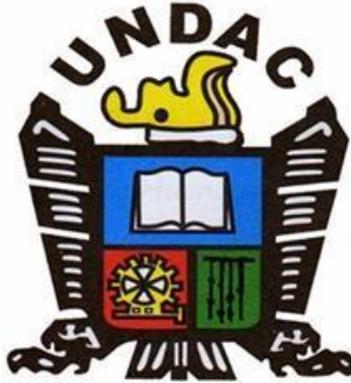
Ingeniero de Minas

Autor: Bach. Juan Carlos ANDAMAYO VITOR

Asesor: Mg. Edwin Elías SANCHEZ ESPINOZA

Cerro de Pasco - Perú - 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Calidad de sostenimiento al usar shotcrete con fibras sintéticas en
compañía minera San Ignacio de Morococha s.a. Unidad San Vicente**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCÓ

PRESIDENTE

Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA

MIEMBRO

Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA

MIEMBRO

DEDICATORIA

A dios, por haberme protegido en los momentos difíciles de mi vida, a toda mi familia que han sido el soporte e inspiración para lograr mis objetivos.

a mis padres, Arturo y Gladys por darme la vida y hacer de mí, un profesional con principios y valores, quienes incansablemente me enseñaron y prepararon para la vida

AGRADECIMIENTO

- A la escuela de la facultad de Ingeniería de Minas y a los docentes por la orientación durante el desarrollo académico de mi persona.
- A la empresa Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A - Unidad San Vicente, por el apoyo en la realización de la presente investigación.
- Así mismo mi agradecimiento al Mg. Edwin Elias, Sanchez Espinoza, asesor de este trabajo de investigación, por su valioso aporte en el desarrollo del mismo.

RESUMEN

La investigación llevada a cabo, que tiene por título “Calidad de sostenimiento al usar shotcrete con fibras sintéticas en Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente”

Tiene como objetivo, Determinar si la calidad de los parámetros del shotcrete se verá influenciada al usar fibras sintéticas en “la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente”

Como hipótesis principal se plantea, La calidad de los parámetros del shotcrete es influenciada al usar fibras sintéticas, en “la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente”

Referente al tipo de investigación es una investigación aplicada, de un nivel descriptivo, el método de investigación es el método científico y los métodos específicos deductivo, de análisis, el diseño empleado es el diseño no experimental

Como conclusiones principales se arribaron a:

El uso de las fibras sintéticas en el shotcrete en la Mina San Vicente trajo consigo varias mejoras como: Se pudo reducir las fisuras, se disminuyó la permeabilidad, se incrementó la resistencia a la abrasión al impacto como al fracturamiento.

Los ensayos realizados al agregado fino (arena) Se encuentran dentro de los parámetros establecidos; % HUMEDAD 6.23 %, % MALLA N° 200 3.63%, % MODULO DE FINEZA 3.66%, PESO ESPECIFICO 2.672, % ABSORCIÓN 1.204%

El análisis al shotcrete en estado fresco está dentro de los parámetros establecidos: CONTROL DE SLUMP 9.75 pulg, CONTROL DE TEMPERATURA 27.8° C, Fragua Inicial Penetrómetro Manual: Ensayo de fragua inicial del Shotcrete in situ, se logró la lectura promedio inicial a los 5.16 min – 500 lb/pulg²

El análisis al shotcrete en estado endurecido dio como resultado: resistencia inicial en promedio mayor a 2 Mpa en dos horas, la resistencia a la compresión del mes

de octubre dio: a los 7 días, 271 kg/cm², a los 14 días, 343 kg/cm², a los 28 días, 420 kg/cm², la resistencia a la absorción de energía a los 28 días dio 1004.5 J.

Palabras claves: Shotcrete, fibras sintéticas, calidad, granulometría, humedad, resistencia.

ABSTRACT

The investigation was carried out, entitled: "Support quality when using sprayed concrete with synthetic fibers in Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A. San Vicente Unit."

Its objective is to determine if the "San Ignacio de Morococha S.A. Mining Company. San Vicente Unit" will influence the quality parameters of sprayed concrete with the use of synthetic fibers.

The main hypothesis is that the quality of the sprayed concrete parameters is influenced by the use of synthetic fibers, in the "Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A. San Vicente Unit."

Regarding the type of research, it is applied research, at a descriptive level, the research method is the scientific method and the specific method are deductive, analysis, the design used is the non-experimental design.

The main conclusions were reached:

The use of synthetic fibers in the shotcrete at the San Vicente Mine brought with it several improvements such as cracks could be reduced, permeability being lost, and resistance to abrasion, impact, and the fracture was increased.

The tests carried out on the fine aggregate (sand) are within the established parameters; % HUMIDITY 6.23 %, % MESH N° 200 3.63%, % MODULE OF FINENESS 3.66%, SPECIFIC WEIGHT 2.672, % ABSORPTION 1.204%

The analysis of the shotcrete in the fresh state is within the established parameters: SLUMP CONTROL 9.75 in., TEMPERATURE CONTROL 27.8° C, Manual initial set penetrometer: Shotcrete initial set test in situ, the initial average reading will modified at 5.16 min. – 500 lbs/in²

The analysis of the shotcrete in the hardened state gave a result: initial resistance on average greater than 2 Mpa in two hours, the compressive strength of October gave: at seven days 271 kg/cm², at 14 days 343 kg/ cm², at 28 days 420 kg/cm², the resistance to energy absorption at 28 days gave 1004.5 J.

Keywords: shotcrete, synthetic fibers, quality, granulometry, humidity, resistance.

INTRODUCCIÓN

En “la Compañía Minera San Ignacio de Morococha”, desde hace muchos años atrás se viene usando el shotcrete vía húmeda y con el pasar del tiempo se ha ido tecnificando y mejorando su uso; últimamente se introdujo dentro de sus componentes las fibras sintéticas reemplazando a las fibras metálicas

Con esta investigación vamos a ver la calidad de shotcrete que se viene aplicando al usar fibras sintéticas, en cuanto a sus parámetros si están dentro de los estándares que establecen las diferentes normas para su aplicación y ver las mejoras que se puede conseguir.

En lo referido a la estructura del trabajo, se realizará por capítulos de la siguiente manera:

El capítulo I trata sobre el planteamiento del problema sobre el shotcrete con fibras sintéticas, abarcando el planteamiento del problema, Problema General y específicos, Objetivo general y específicos, justificación e importancia, hipótesis y descripción de las variables. Delimitación de la investigación y limitaciones.

El Capítulo II, se ocupa del Marco Teórico donde analizamos los antecedentes de la investigación sobre shotcrete con fibras sintéticas usadas en las diferentes empresas. Se analizará las diferentes bases teóricas propuestas por autores que mencionamos

Seguidamente, el Capítulo III, trata sobre la Metodología empleada, que contiene el método de investigación utilizado, el nivel y tipo de investigación, el diseño de la investigación, la población y muestra, las Técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procesamiento de Datos.

En el Capítulo IV realizamos un análisis de los parámetros de calidad del shotcrete con fibras sintéticas tanto en estado fresco como en estado endurecido.

Por último, presentamos las conclusiones y recomendaciones

También se indica las referencias bibliográficas de todos los autores utilizados para esta investigación.

El Autor

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación y determinación del problema	1
1.2 Delimitación de la investigación	2
1.2.1 Delimitación espacial	2
1.2.2 Delimitación temporal	2
1.3 Formulación del problema	3
1.3.1 Problema General.....	3
1.3.2 Problema Específicos	3
1.4 Formulación de Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5 Justificación del Problema.....	4
1.6 Limitaciones de Investigación.....	4
1.7 Importancia y Alcance de Investigación.....	4

CAPITULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudios	5
2.2 Bases teórico científicas.....	7
2.3 Definición de términos básicos.....	18
2.4 Formulación de la hipótesis.....	20
2.4.1 Hipótesis General	20
2.4.2 Hipótesis específicas	20
2.5 Identificación de variables	20
2.5.1 Variables para la hipótesis general	20
2.5.2 Variables para la hipótesis específicas	20
2.6 Definición Operacional de variables e indicadores	21

CAPITULO III
METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación.....	22
3.2 Nivel de investigación.....	22
3.3 Métodos de investigación	22
3.4 Diseño de investigación	23
3.5 Población y muestra.....	23
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	23
3.6.1 Técnicas.....	23
3.6.2 Instrumentos.....	23
3.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	24
3.8 Tratamiento estadístico	24

3.9 Orientación ética filosófica y epistémica	24
---	----

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del trabajo de Campo.....	25
4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados	26
4.3 Prueba de hipótesis	69
4.4 Discusión de resultados	72

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de las variables	21
Tabla 2 Sostenimiento por tipo de roca en la Mina San Vicente.....	27
Tabla 3 Características del macizo rocoso.....	27
Tabla 4 Pruebas con fibra de polipropileno	33
Tabla 5 Características técnicas del cemento	34
Tabla 6 Granulometría de los agregados	35
Tabla 7 Granulometría combinada material grueso y fino	36
Tabla 8 Características de las fibras sintéticas	37
Tabla 9 Costos del shotcrete	38
Tabla 10 Análisis granulométrico de la arena.....	40
Tabla 11 Peso unitario del shotcrete en estado fresco 12 de noviembre.....	44
Tabla 12 Peso unitario del shotcrete en estado compactado 12 de noviembre	44
Tabla 13 Peso unitario del shotcrete 22 de noviembre.....	45
Tabla 14 Peso unitario del shotcrete compactado 22 de noviembre	45
Tabla 15 Fragua inicial del shotcrete.....	48
Tabla 16 Control del rebote.....	49
Tabla 17 Resistencias tempranas del shotcrete	50
Tabla 18 Resistencia a la compresión mes de octubre	52
Tabla 19 Resistencia a la compresión promedio octubre 2021	53
Tabla 20 Resistencia a la compresión mes de noviembre.....	53
Tabla 21 Resistencia a la flexo tracción	54
Tabla 22 Análisis granulométrico mes de diciembre	55
Tabla 23 Peso unitario y rendimiento mes de diciembre 6 – 12 - 21	60
Tabla 24 Peso unitario compactado mes de diciembre 6 – 12 - 21	60
Tabla 25 Peso unitario y rendimiento mes de diciembre 18 – 12 - 21	60
Tabla 26 Peso unitario compactado mes de diciembre 18 – 12 - 21	61
Tabla 27 Fragua inicial del shotcrete mes de diciembre.....	63

Tabla 28 Control de rebote mes de diciembre.....	64
Tabla 29 Resistencia tempranas del shotcrete en estado endurecido.....	65
Tabla 30 Resistencia a la compresión mes de noviembre.....	67
Tabla 31 Promedio de la resistencia a la compresión mes de noviembre	68
Tabla32 Resistencia a la flexo tracción mes de noviembre	68
Tabla 33 Ensayos realizados al agregado	74
Tabla 34 Ensayos del shotcrete en estado fresco.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica.....	2
Figura 2 Shotcrete vía seca	10
Figura 3 Shotcrete vía húmeda.....	11
Figura 4 Fibras metálicas para shotcrete vis húmeda	14
Figura 5 Fibras metálicas para shotcrete vis húmeda y/o seca	15
Figura 6 Fibra de polipropileno para refuerzo del concreto	15
Figura 7 Fibra macro sintética dosificada.....	16
Figura 8 Fibra de vidrio	16
Figura 9 Microfibras	17
Figura 10 Macrofibras	18
Figura 11 GSI para Labores Temporales de Explotación y desarrollo.....	29
Figura 12 GSI para Labores Temporales de Exploración, preparación y desarrollo en estructura.....	30
Figura 13 GSI para Labores Permanentes.....	31
Figura 14 Granulometría de la combinación de los agregados	36
Figura 15 Fibras sintéticas	37
Figura 16 Granulometría de la arena Gradación N°2	40
Figura 17 Modulo de fineza noviembre 2021	41
Figura 18 Contenido de humedad.....	42
Figura 19 Pasante de la Malla N° 200 – noviembre 2021.....	42
Figura 20 Peso especifico.....	43
Figura 21 Porcentaje de absorción	43
Figura 22 Peso especifico.....	43
Figura 23 Control del slump noviembre 2021	45
Figura 24 Variación del slump noviembre 2021	46
Figura 25 Medición del slump y temperatura.....	46
Figura 26 Control de temperaturas noviembre 2021	47

Figura 27 Control de la resistencia temprana.....	47
Figura 28 Fragua inicial del shotcrete	48
Figura 29 Fragua mensual mes de noviembre	48
Figura 30 Tendencia del rebote mes de diciembre.....	49
Figura 31 Medición del rebote.....	49
Figura 32 Resistencias iniciales del shotcrete.....	51
Figura 33 Tendencia de la fragua inicial mes de diciembre 2021	51
Figura 34 Energía absorbida – ensayo de tenacidad	54
Figura 35 Prueba de flexotraccion	55
Figura 36 Granulometría del agregado mes de diciembre.....	56
Figura 37 Modulo de fineza – mes de diciembre	57
Figura 38 Porcentaje de humedad mes de diciembre	57
Figura 39 Pasante de la malla N° 200 mes de diciembre	58
Figura 40 Peso específico mes de diciembre.....	58
Figura 41 Porcentaje de Absorción mes de diciembre	59
Figura 42 Medición del peso especifico	59
Figura 43 Control del slump diciembre 2021	61
Figura 44 Control del slump por días mes de diciembre 2021	61
Figura 45 Control de la temperatura y slump	61
Figura 46 Control de temperaturas mes de diciembre.....	62
Figura 47 Resistencia temprana	62
Figura 48 Fragua inicial mes de diciembre.....	63
Figura 49 Fraguado inicial por días mes de diciembre	64
Figura 50 Tendencia del rebote mes de diciembre.....	65
Figura 51 Pruebas de rebote	65
Figura 52 Resistencias iniciales mes de diciembre	66
Figura 53 Tendencia de la fragua inicial mes de diciembre.....	66
Figura 54 Energía absorbida, ensayo de tenacidad mes de noviembre	68

Figura 55 Pruebas de flexo tracción..... 69

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación y determinación del problema

El shotcrete es uno de los componentes del sostenimiento en toda mina subterránea y que actualmente ha alcanzado bastante éxito en su aplicación en las minas del mundo, por una serie de factores como su fácil aplicabilidad, resistencia al impacto, costos, etc.

De igual manera en las minas del Perú que vienen explotando por métodos de explotación subterráneos su empleo está bien difundido desde hace buen tiempo por que ayuda a sostener la abertura del interior de la mina conjuntamente con otros elementos como los pernos, cimbras, mallas metálicas, cables.

En “la Compañía Minera San Ignacio de Morococha”, desde hace muchos años atrás se viene usando el shotcrete vía húmeda y con el pasar del tiempo se ha ido tecnificando y mejorando su uso; últimamente se introdujo dentro de sus componentes las fibras sintéticas reemplazando a las fibras metálicas

Con esta investigación vamos a ver la calidad de shotcrete que se viene aplicando al usar fibras sintéticas, en cuanto a sus parámetros si están dentro de

los estándares que establecen las diferentes normas para su aplicación y ver las mejoras que se puede conseguir.

Esto es la razón del porqué del planteamiento de la investigación

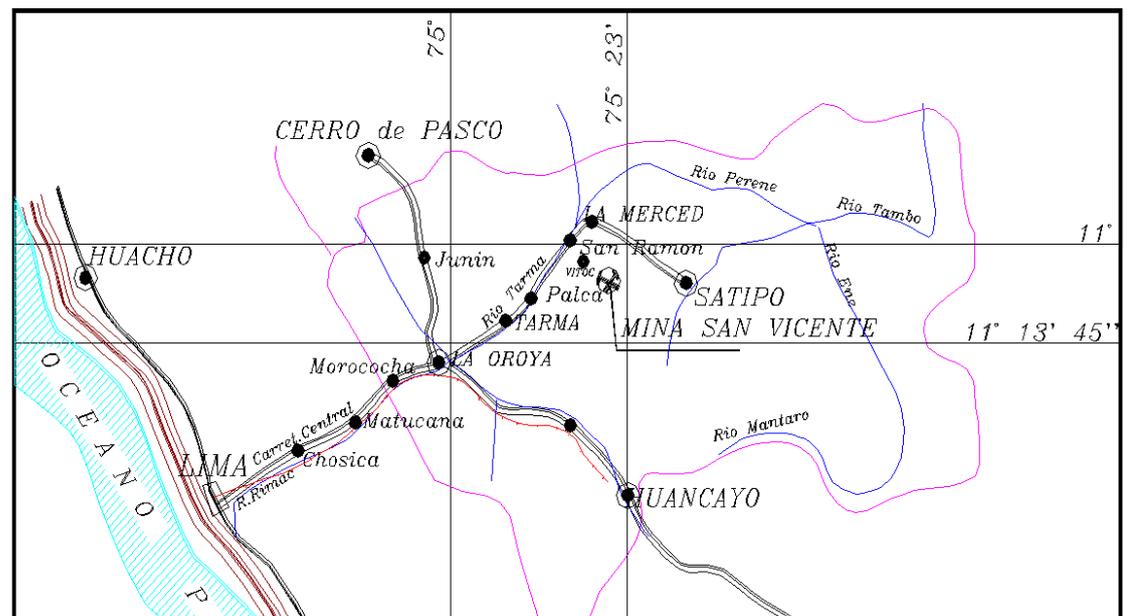
1.2 Delimitación de la investigación

1.2.1 Delimitación espacial

El desarrollo de esta investigación será en las instalaciones de “la Empresa Minera San Ignacio de Morococha S.A.” ubicado en el departamento de Junín, provincia de Chanchamayo, distrito de Vitoc.

Figura 1

Ubicación geográfica



1.2.2 Delimitación temporal

El tiempo que conllevará a realizar dicha investigación está estimado en 6 meses

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema General

¿La calidad de los parámetros del shotcrete se verá influenciada al usar fibras sintéticas en la “Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente”?

1.3.2 Problema Específicos

- a. ¿Influirá en los resultados de la calidad del slump del shotcrete al usar fibras sintéticas, en “la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente”?
- b. ¿Cómo se comporta la resistencia a la compresión del shotcrete al usar fibras sintéticas, en “la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente”?

1.4 Formulación de Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Determinar si la calidad de los parámetros del shotcrete se verá influenciada al usar fibras sintéticas en “la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente”

1.4.2 Objetivos Específicos

- a. Determinar si Influye en los resultados de la calidad del slump del shotcrete al usar fibras sintéticas, en “la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente”
- b. Determinar comportamiento de la resistencia a la compresión del shotcrete al usar fibras sintéticas, en “la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente”

1.5 Justificación del Problema

Al plantearnos la realización de la tesis vemos que justificara su realización porque nos permitirá realizar un análisis del comportamiento de la calidad del shotcrete a lo largo de los seis meses cuando este se usa con la fibra sintética, donde podremos obtener información de los diferentes parámetros de shotcrete lo cual permitirá mejorar o corregir o si se está trabajando dentro de los estándares de las normas sobres el shotcrete; estos aspectos justificara la importancia de la investigación.

1.6 Limitaciones de Investigación

La realización de la tesis no tuvo contratiempos ni limitaciones en su ejecución, al contrario, se tuvo el apoyo de la empresa, se cuenta con abundante bibliografía, el tiempo es lo suficiente, tampoco se tuvo limitaciones económicas.

1.7 Importancia y Alcance de Investigación

El estudio es de alcance correlacional fundamental porque analizará los parámetros durante la el uso de las fibras sintéticas, calidad del slump del shotcrete y así mejorar y corregir los estándares sobre el uso del Shotcrete.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudios

Las referencias encontradas relacionadas al tema fueron los siguientes:

Antecedente uno

La tesis titulada “selección de fibras y diseño para shotcrete en la construcción del by pass del nivel 4540 en la U.P. Tambomayo – Arequipa” de (Carpio, 2021), el objetivo de esta tesis es el evaluar la resistencia del shotcrete de acuerdo a las exigencias de la empresa, para lo cual se trabajó con los materiales de la zona, mezclados con aditivos, acelerantes y la fibra metálica y sintética.

Como conclusiones se obtuvieron: referente a la resistencia temprana fue a las 4 horas de lanzado obteniéndose resultados variados para ambas fibras.

La prueba de compresión dio resultados similares para ambas fibras, 4.09 Mpa a las 4 horas y 48 Mpa a los 28 días lo que indica que se halla dentro de los parámetros exigidos por la empresa

Antecedente dos:

La tesis titulada “influencia de las fibras en el shotcrete en su capacidad de absorción de energía y resistencia a la flexión” (Aragon y Cornejo, 2017) tuvo como objetivo el análisis del comportamiento de las fibras metálicas y sintéticas en cuanto a la absorción de energía y la resistencia a la flexión

Como resultado se tuvo:

La cantidad máxima de fibras metálicas es de 40 kg/m³ reduciendo un 30.5 % el asentamiento del shotcrete y la máxima cantidad de fibras sintéticas es de 8 kg/m³ con la que se reduce en un 32.9 % el asentamiento del shotcrete cuando no se usa fibras.

La resistencia a la compresión con fibras metálicas es de un 20.99 % y con fibra sintética es de 21.42 % respecto al shotcrete sin fibras

La resistencia a la flexión del shotcrete con fibras metálicas es de 41.52 % más y con fibras sintéticas es de 42.46 % respecto al shotcrete sin fibras

El diseño óptimo para el uso del shotcrete con fibras es para fibras metálicas 30 kg y para fibras sintéticas de 6 kg por metro de concreto

Antecedente tres:

En la tesis que lleva por título “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” (Ortega, 2020) el objetivo de dicha tesis es ver los resultados al aplicar el shotcrete adicionándole fibras sintéticas y aditivos

La investigación consistió en comparar el shotcrete sin fibras y shotcrete con fibras de diferentes cantidades 2, 4, 6 kg por metro cubico, se determinó los parámetros de trabajabilidad, la resistencia a la compresión y la absorción de energía

Como conclusión se llegó a determinar que, si se puede usar aditivos y fibras con el shotcrete ya que demuestran que la resistencia a la compresión, el

asentamiento, la absorción de energía del shotcrete es bueno comparado con el shotcrete sin fibras.

Antecedente cuatro:

En la tesis “propuesta de procedimiento de reutilización de fibra de polipropileno recuperada en hormigón proyectado. caso estudio: proyecto Chuquicamata subterráneo” (Rivera, 2020), Cuyo objetivo es la reutilización de las fibras de polipropileno usadas al lavar los camiones en el interior de la mina de Chuquicamata

La investigación se realiza con tres alternativas la primera fibra nuevas, la segunda 50% nuevas y 50% asadas, la tercera fibra usadas, para determinar la trabajabilidad, la resistencia a la compresión, la tenacidad del shotcrete.

Como resultados se tiene:

La docilidad del shotcrete se mantiene cuando se usan fibras reutilizadas, respecto a la resistencia a la compresión en la segunda prueba es menor, mejor en la tercera prueba, en cuanto a la resistencia específica en las tres pruebas se supera los 30 Mpa a los 7 días, respecto a la absorción e energía en la prueba 3 la absorción de energía disminuye en un 20% respecto a la primera prueba, esto debido a que las fibras reutilizadas contiene impurezas

Los resultados nos indican que el uso de las fibras reutilizadas con el shotcrete cumple con los parámetros que exige la empresa.

2.2 Bases teórico científicos

2.2.1 Shotcrete

Concepto

Se entiende como un elemento de soporte de las labores mineras subterráneas, constituido como “un material que se coloca y compacta mediante la impulsión neumática proyectándose a gran velocidad sobre una superficie determinada” (Melbye, 2002)

Características del shotcrete

Podemos mencionar algunas de las principales características como:

“Mas denso que un concreto normal

Relación de agua cemento menor

Resistencia mecánica similar

Menor permeabilidad

Buena resistencia al ataque químico, a la abrasión y al desgaste

Gran adherencia a la roca

Fácil colocación y rendimiento de aplicación

No requiere de encofrados” (Melbye, 2002)

Donde utilizar

El concreto lanzado tiene múltiples aplicaciones tanto en minería como en obras civiles, así tenemos:

- “Revestimiento y soporte de túneles en minas subterráneas,
- Protección de rampas y accesos en minas subterráneas,
- Revestimiento y soporte de túneles de centrales hidroeléctricas,
- Estructuras con secciones curvas o que requieran ser construidas o tratadas con concreto lanzado,
- Protección del acero estructural,
- Estabilización de taludes. Muros de contención,
- Soporte en obras viales,
- Refuerzo o reparación de estructuras de concreto deterioradas,
- Recubrimiento de canales de agua y cunetas, Tanques de agua, piscinas”

(Melbye, 2002)

Composición del shotcrete

La composición del shotcrete exige tiene ciertas características como:

“Deben cumplir las mismas normas que regulan el concreto convencional, exige gradaciones finas, las gradaciones gruesas obstruyen los equipos e incrementa el rebote.” (Melbye, 2002)

Los elementos que componen el shotcrete son:

Agregados:

“Son los materiales gruesos de la zona los cuales deben tener la misma calidad que los agregados del concreto normal, especialmente deben ser limpios, resistentes, duros y una granulometría apropiada

En cuanto a su forma deben preferirse agregados rodados o redondeados a los de trituración o chancados, ya que reduce el rebote

La humedad optima debe estar entre 3 % a 6 % para vía seca” (Melbye, 2002)

Cemento:

Generalmente se puede usar, cemento portland tipo I y III, cementos puzolánicos, cementos siderúrgicos

“Pera que el cemento tenga alta durabilidad y sea resistente al ataque químico se debe usar cemento con adición de microsilica, cemento tipo II y V, aditivos reductores de agua, incorporadores de aire” (Melbye, 2002)

Agua:

“Debe cumplir con los requisitos de agua para el amasado de concreto de acuerdo a la norma NTP vigente

Se considera apta para la elaboración de concreto toda agua sin color, apreciable, ni olor desagradable, se preferirá en general agua potable”

(Melbye, 2002)

Fibras de refuerzo:

“Debe cumplir clo requisitos de la norma ASTM A 820 – TIPO I, ya que este tipo de fibra es la única diseñada para reemplazar a la malla electrosoldada, también debe poseer anclajes mecánicos en los extremos, la relación longitud/diámetro

debe ser igual o mayor a45, el acero debe tener bajo contenido de carbono”
(Melbye, 2002)

Aditivos acelerantes del fraguado:

Hay una variedad de aditivos para un buen comportamiento del shotcrete, entre estos tenemos los “aditivos alcalinos (Sigunit L-22) y aditivos libres de álcalis (sigunit L-50AF)”

Clases de shotcrete

Se clasifica por la forma de lanzar el concreto, teniendo dos clases de concreto por vía seca y por vía humedad

Shotcrete vía seca

Este tipo de shotcrete tiene las siguientes características:

“La mezcla se prepara en forma seca

La mezcla seca se carga en la máquina de impulsión

El personal introduce el material hacia la manguera

El material es impulsado por aire comprimido hacia la boquilla

En la boquilla se introduce agua con aditivo a través del anillo perforado que distribuye homogéneamente el material

Luego el material es lanzado a alta velocidad.” (Melbye, 2002)

Figura 2

Shotcrete vía seca



Ventajas del shotcrete vía seca

“Se facilitan ciertas condiciones de aplicación caso de filtraciones

Permite bajas relaciones de agua cemento

La maquinaria es más económica

Hay mayor energía de compactación

Hay mayor densidad de mezcla colocada” (Melbye, 2002)

Desventajas del shotcrete vía seca

“Mayor generación de polvo

Mayor porcentaje de rebote

Condiciones de aplicación ambiental inconvenientes

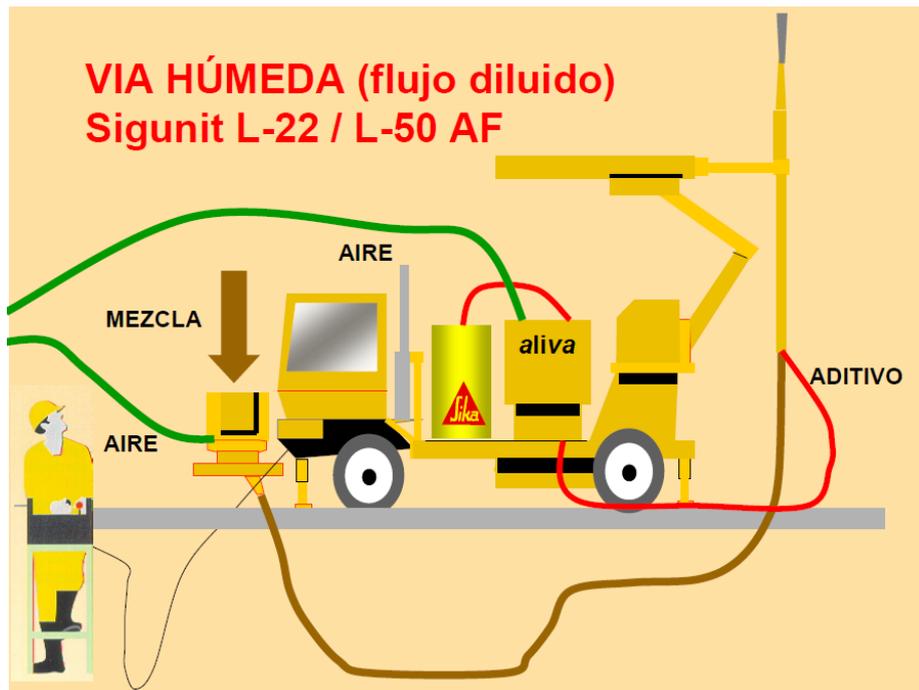
Exige mayor experiencia del personal sobre su uso” (Melbye, 2002)

Shotcrete vía húmeda

En este tipo de shotcrete el concreto se transporta con toda el agua de amasado, el aditivo se aplica en la boquilla.

Figura 3

Shotcrete vía húmeda



Ventajas del shotcrete vía húmeda

“Mayor control de relación agua cemento

Permite uso de superplastificantes

Mejor distribución del agua en la mezcla

Menor rebote de la mezcla que en vía seca

Mayor rendimiento de colocación

Mayor homogeneidad entre capas

Permite el uso de equipos convencionales de bombeo de concreto normal”

(Melbye, 2002)

Desventajas del shotcrete vía húmeda

“Equipos más costosos con mantenimiento más exigente

Mayor logística y coordinación entre la planta de preparación y las labores

Menor calidad en la compactación que en la vía seca

No es muy eficaz donde hay filtraciones de agua

Equipos grandes y limitados para labores pequeñas” (Melbye, 2002)

2.2.2 Fibras

Concepto

“Son componentes o elementos del shotcrete, que son fabricados de material sintéticos o de acero, resistentes al medio alcalino, las fibras son añadidas antes o durante la operación del mezclado

La función de estas fibras es el de controlar los esfuerzos generados por cargas producidas por retracción por secado, ciclos de humedecimientos y secado” (SIKA, 2011)

Ventajas de su uso

Ventajas técnicas de las fibras metálicas

“Concreto dúctil con una gran capacidad de soporte de carga, resistente a la fatiga, a esfuerzos cortantes e impacto

Control eficaz de las fisuras

Durabilidad

Rápida y fácil aplicación

mayor resistencia contra impactos

mayor resistencia a la abrasión y a la erosión

mayor estanqueidad y resistencia a la congelación debido a la

conversión de fisuras de contracción en microfisuras

mayor capacidad de adherencia, en comparación con el shotcrete básico o reforzado con mallas electrosoldadas” (SIKA, 2011)

Ventajas técnicas de las fibras sintéticas

“Las fibras sintéticas benefician al concreto tanto en estado de plástico como endurecido. Algunos de los beneficios incluyen:

Reducción de la fisuración por asentamiento (revestimiento)

Reducción de la fisuración por contracción plástica

Disminución de la permeabilidad

Incremento en la resistencia a la abrasión y al impacto

Aporte en la resistencia a la fractura” (SIKA, 2011)

Clasificación de las fibras

“Las fibras como refuerzo secundario para concreto en general pueden clasificarse según diferentes consideraciones” (SIKA, 2011)

Se clasifican en dos tipos:

Por el material fabricado

Tenemos los siguientes tipos de fibras

Fibras metálicas

“Secciones discretas de metal que tienen una relación de aspecto (relación entre la longitud y el diámetro) que va desde 20 hasta 100. Estas fibras son de acero (en general de bajo contenido de carbón)” (SIKA, 2011)

Figura 4

Fibras metálicas para shotcrete vis húmeda



Figura 5

Fibras metálicas para shotcrete vis húmeda y/o seca



Fibras sintéticas

“Secciones discretas que se distribuyen aleatoriamente dentro del concreto que pueden estar compuestas por Acrílico, Aramid, Carbón, Polipropileno, Poliestileno, Nylon, Poliester etc” (SIKA, 2011)

Figura 6

Fibra de polipropileno para refuerzo del concreto



Figura 7

Fibra macro sintética dosificada

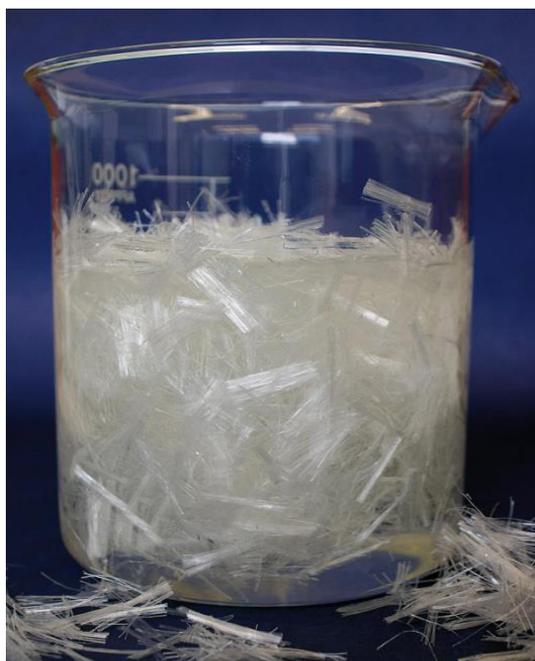


Fibras de vidrio

“Secciones discretas de fibra de vidrio resistentes al álcali.” (SIKA, 2011)

Figura 8

Fibra de vidrio



Fibras naturales

“Secciones discretas de origen como coco, sisal, madera, caña de azúcar, yute, bambú, etc. Cuyos diámetros varían entre 0.5 y 0.2 mm, con valores de absorción superiores al 12%” (SIKA, 2011)

Por su diámetro o funcionalidad

Microfibras

“Estas fibras están destinadas a evitar la fisuración del concreto en estado fresco o antes de las 24 horas. Se dosifican en el concreto para volúmenes de entre 0.03% a 0.15% del mismo. Las más frecuentes son las fibras en polipropileno (Tipo Sikafiber AD) cuya dosificación en peso oscila entre 0.3 a 1.2 kg/m³ de concreto.

Se trata de dosificaciones extremadamente bajas pero muy eficientes que previenen la fisuración del concreto por retracción plástica.

Estas fibras tienen diámetros entre 0.023 mm a 0.050 mm, pueden ser monofilamento o fibriladas” (SIKA, 2011).

Figura 9

Microfibras



Macrofibras

“Estas fibras están destinadas a prevenir la fisuración en estado endurecido, a reducir el ancho de la fisura si ésta se presenta y a permitir el adecuado funcionamiento de la estructura fisurada. Las dosificaciones más frecuentes oscilan entre 0.2% a 0.8% del volumen del concreto. Las macrofibras más usadas son las sintéticas y las metálicas cuyos diámetros varían entre 0.05 mm a 2.00 mm. La relación de aspecto (L/d) de las macrofibras varía entre 20 a 100, Las macrofibras pueden ser metálicas (Tipo Sikafiber CHO 65/35), sintéticas (Tipo Sikafiber 600) o naturales” (SIKA, 2011)

Figura 10

Macrofibras



2.3 Definición de términos básicos

Definiremos los conceptos más usados al momento de determinar los parámetros del shotcrete:

Módulo de fineza. Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas de las series estandarizadas, dividido entre 100. Las series estandarizadas consisten en mallas, cada una es el doble del tamaño de la precedente: 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8”, hasta la malla de tamaño más grande según la norma NTP 400.011 (Tufino, 2009, pág. 14)

Contenido de humedad (NTP 400.010) “Se puede definir el contenido de humedad, como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%)” (Tufino, 2009, pág. 18)

Agregado grueso “El agregado grueso, es un material proveniente de la desintegración natural o artificial, retenida en el tamiz 4,75 mm (Nº 4) y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037 ó ASTM C 33.” (Tufino, 2009, pág. 19)

Porcentaje de absorción (NTP 400.021) “Se denomina absorción del agregado grueso cuando tiene todos sus poros saturados pero la superficie del mismo está seca” (Tufino, 2009, pág. 25)

Contenido de humedad (NTP 400.010) “Se define como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%).” (Tufino, 2009, pág. 26)

Asentamiento. (NTP Nº 339.045). “El método de determinación empleado, es el ensayo del Cono de Abrams ó Slump (ASTM C -143) es el asentamiento, como la medida de la diferencia de altura entre el molde metálico estándar y la masa de concreto después que ha sido retirado el molde que la recubría” (Tufino, 2009, pág. 33)

Resistencia a la compresión: “La resistencia a la compresión es la resistencia de un material a una fuerza de aplastamiento aplicada axialmente, La resistencia a la compresión no confinada de hormigón endurecido es uno de los muchos indicadores de la calidad del hormigón” (Carpio, 2021, pág. 52)

Análisis granulométrico El análisis granulométrico de un árido consiste en determinar la distribución por tamaños de las partículas que lo forman, o sea, en separar al árido en diferentes fracciones de partículas del mismo tamaño, o de tamaños comprendidos dentro de determinados límites y en hallar el porcentaje que entra en el árido cada uno de estos (Laurente, 2017)

Durabilidad “La durabilidad de un concreto se define como su resistencia a la acción del clima, a los ataques químicos, a la abrasión, o cualquier otro proceso de deterioro. Un concreto durable es aquel que mantiene su forma original, su calidad y sus propiedades al estar expuesto al medio ambiente” (SENCICO, 2019).

2.4 Formulación de la hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

La **calidad** de los parámetros del shotcrete es influenciada al usar fibras sintéticas, en “la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente”

2.4.2 Hipótesis específicas

- a. Si Influye en los resultados de la calidad del slump del shotcrete al usar fibras sintéticas, en “la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente”
- b. El comportamiento de la resistencia a la compresión del shotcrete es superior, al usar fibras sintéticas, en “la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente”

2.5 Identificación de variables

2.5.1 Variables para la hipótesis general

Fibras sintéticas

Parámetros del shotcrete

2.5.2 Variables para la hipótesis específicas

Para la hipótesis a.

Fibras sintéticas

Calidad del slump

Para la hipótesis b.

Fibras sintéticas

Esfuerzo a la compresión

2.6 Definición Operacional de variables e indicadores

Tabla 1

Operacionalización de las variables

OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES				
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENCION	INDICADORES
<p><i>Variables para la hipótesis general</i> Fibras sintéticas Parámetros del shotcrete</p> <p><i>“Variables para la hipótesis específicas Para la hipótesis a”</i> Fibras sintéticas Calidad del slump</p> <p><i>Para la variable b.</i> Fibras sintéticas Esfuerzo a la compresión</p>	<p>Shotcrete “Se entiende como un elemento de soporte de las labores mineras subterráneas, constituido como un material que se coloca y compacta mediante la impulsión neumática proyectándose a gran velocidad sobre una superficie determinada” (Melbye, 2002)</p>	<p>Con estas variables vamos a determinar</p> <ul style="list-style-type: none"> -calidad del shotcrete -Parámetros del shotcrete 	<ul style="list-style-type: none"> -Fineza de la arena -granulometría -humedad -Absorción -slump -temperatura -resistencia a la compresión -absorción de la energía 	<ul style="list-style-type: none"> - % -Cuadro granulométrico - % -pulgadas -grados -kg/cm2

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación

Como nuestra investigación se va a circunscribir a realizar una evaluación de los parámetros del shotcrete al usar fibras sintéticas y poder determinar la calidad de su aplicación, usaremos una investigación aplicada

3.2 Nivel de investigación

Al realizar la investigación explicaremos el comportamiento de los parámetros del shotcrete al usar fibras sintéticas, en consecuencia, el nivel de nuestra investigación será el descriptivo.

3.3 Métodos de investigación

Para realizar la investigación en forma sistemática y rigurosa nos apoyaremos en el método científico y a la vez usaremos los métodos inductivo deductivo y análisis para poder realizar todo el proceso investigativo y llegar a las conclusiones.

3.4 Diseño de investigación

La investigación está en función de nuestras variables, en donde emplearemos documentos, realizaremos pruebas de campo de laboratorio, diremos que nuestra investigación tendrá un diseño no experimental

3.5 Población y muestra

Población. Como estamos abocados a investigar sobre los parámetros del shotcrete con fibras sintéticas en “la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente”, nuestra población será el conjunto de todas las labores que usan sostenimiento con shotcrete con fibras sintéticas de dicha mina.

Muestra. Como la muestra es parte de la población desde donde recabaremos la información, para lo cual realizaremos un trabajo ordenado, preciso; escogeremos como muestra tres labores representativas

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1 Técnicas

Sabemos que la técnica va a depender de la información que queremos recabar, las técnicas que emplearemos serán, la observación porque nos abocaremos a observar los resultados de las pruebas que se realizan en los diferentes ensayos, también emplearemos la investigación documentada de los documentos sobre shotcrete al usar fibras sintéticas, otra técnica será las pruebas que se realiza en el laboratorio que viene a ser los ensayos de los parámetros del shotcrete.

3.6.2 Instrumentos

Como instrumento usaremos las fichas técnicas para recoger la información, para la información documentada se usarán como instrumentos “las normas técnicas peruanas (NTP) y las de ASTM”. Para las pruebas de laboratorio se usarán los formatos de cada ensayo o prueba, para la observación se usarán las fichas de evaluación y fichas de observación.

3.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Como esta parte de la investigación es la interpretación de los resultados, se realizará en base a “las normas técnicas peruanas (NTP) y las normas ASTM”, par a la interpretación de los resultados de las pruebas realizadas y poder llegar a las conclusiones.

3.8 Tratamiento estadístico

Los datos obtenidos en las diferentes pruebas tendrán un tratamiento mediante la estadística descriptiva.

3.9 Orientación ética filosófica y epistémica

A lo largo de la investigación se revisó una serie de documentos como tesis, libros, revistas, lo cual se hizo respetando la autoría de cada uno de ellos, los cuales fueron citados a lo largo de la tesis.

Nuestra investigación se realizó basándonos en la honestidad, respeto a las personas, instituciones y la claridad que demanda estos tipos de trabajo.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del trabajo de Campo

En la presente tesis se realizó el sostenimiento de las labores en “Compañía minera San Ignacio de Morococha” hormigón proyectado vía húmeda con fibra sintética para el mejoramiento de absorción de energía y de la resistencia residual a la tracción por flexión reduciendo las micro fisuras por retracción durante el fraguado, evitando la formación de fisuras mayores.

Se identificaron las labores a sostener y se realizo las pruebas de absorción de energía arrojando buenos resultados mayor a 1000 J

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA											
MORMA ASTM C78 / NTP 339.637											
PROYECTO:		SOSTENIMIENTO MECANIZADO CON SHOTCRETE - VÍA HUMEDA									
CLIENTE:		CÍA. MINERA SIMSA									
UBICACIÓN:		INTERIOR MINA									
Nro DE SERIE	FECHA DE MOLDEO	EDAD (DIAS)	FECHA DE ROTURA	LABOR	Fibra Kg	% Aditivo Acelerante	Equipo de Lanzado	SLUMP	RESISTENCIA SOLICITADA EN JOULES	RESISTENCIA EN JOULES	% ALCANZADO
0009	2/04/2021	28	30/04/2021	NV.1200 / RP 8600	6	6	RB-06	9 1/2	100	1070	1070%
0016	20/05/2021	28	17/06/2021	NV. 1515 / TJ 8660	6	6	RB-06	9 3/4	1000	1062	106%
0017	29/05/2021	28	26/06/2021	NV.1250 / TJ 8610	6	6	RB-06	9 3/4	1000	1389	139%
0019	16/06/2021	28	14/07/2021	NV.1515 / TJ 8660	6	6	RB-06	9 3/4	1000	1096	110%
0021	25/06/2021	28	23/07/2021	NV 1250 / TJ 8630	6	6	RB-03	9 3/4	1000	1103	110%
0022	5/07/2021	28	2/08/2021	NV 1250 / TJ 8630	6	6	RB-03	9 3/4	1000	1061	106%
0023	22/07/2021	28	19/08/2021	NV.1250 / TJ 8610	6	6	RB-02	9 3/4	1000	1387	139%

Fuente: elaboración propia

4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1 Aplicación del shotcrete en mina San Vicente

Ubicación

“La mina San Vicente está ubicada en el distrito de Vitoc, Provincia de Chanchamayo, Departamento de Junín, a 17 Km de la ciudad de San Ramón y a una altura de 1,400 a 2,000 msnm” (Rojas , 2020)

Clima tropical, soleado y lluvioso, con temperatura promedio de 23°C - 25°C todo el año.

Geología del yacimiento

El yacimiento minero San Vicente se ubica en rocas calcáreas de edad mesozoica. Los estratos de caliza buzcan al Oeste y la mineralización se presenta concordante a los estratos.

Yacimiento tipo Mississippi Valley, caracterizado por paragénesis relativamente simple, fundamentalmente esfalerita, galena, roca de caja carbonatada y en mayor proporción dolomías.

Estructuralmente los mantos han sido quebrados, fallados, removilizados y en general muy alterados físicamente por una tectónica compleja (Rojas , 2020)

Sostenimiento de la mina

Se utiliza actualmente en San Vicente los siguientes tipos:

Pernos cementados.

Pernos Split Set.

Malla metálica.

Concreto lanzado simple.

Concreto lanzado con fibra.

Cimbras metálicas.

Sostenimiento por tipo de roca en la Mina San Vicente

De acuerdo al tipo de roca y a su índice geomecánico se tiene como una recomendación los siguientes tipos de sostenimiento

Tabla 2*Sostenimiento por tipo de roca en la Mina San Vicente*

Sostenimiento por tipo de roca en la Mina San Vicente				
	Tipo de roca	Índice "Q"	RMR	Sostenimiento recomendado
1	Roca muy buena	Mayor 40	81 - 100	Ninguno
2	Roca buena	10 – 40	61 – 80	Pernos ocasionales
3	Roca regular	4 – 10	41 – 60	Pernos sistemáticos
4	Pobre	0.4 – 4	31 – 40	1ra capa de concreto lanzado (2") Con o sin fibra + pernos sistemáticos
5	Muy pobre	0.1 – 0.4	21 – 30	1ra capa de concreto lanzado (2") Con fibra + pernos sistemáticos
6	Extremadamente pobre	0.01 – 0.1	Menor 20	1ra capa de concreto lanzado (2") + pernos sistemáticos + 2da capa de concreto lanzado con fibra (2")
7	Pésima	Menor 0.01		Revestimiento de concreto armado o cimbra metálica con concreto lanzado preventivo con fibra de 2" de espesor

Geomecánica de la masa rocosa

La explotación del yacimiento se realiza con equipos mecanizados, mediante los métodos de cámaras y pilares, corte y relleno

Podemos observar estas características en relación a la geología, al esfuerzo de compresión, a la presencia del agua, calidad de la roca y tiempo sin sostenimiento

Tabla 3*Características del macizo rocoso*

CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO			
	PISO	TECHO	ESTRUCTURA
GEOLOGICAS	Fracturado	Poco fracturado y competente (caliza negra foliada y estratificada)	Dura a moderadamente dura y medianamente fracturada
COMPRESION	40-60 Mpa (baja)	Mayor 100 Mpa (media a dura)	80-100 Mpa (media)
HIDROLOGICAS	Húmeda	Seca	Seca a húmeda
Calidad de roca			
Q	1.0 – 1.5	2.0 – 3.0	1.0 – 2.0
ESR	1.6	1.6	3.0
Abertura máxima Sin sostenimiento	3.0 a 3.5 m. Permanente	4 a 5 Permanente	6 a 8 m Temporal de 1 día como máximo

Tablas GSI de SIMSA

“En las tablas GSI modificadas para SIMSA, se propone el tipo de sostenimiento recomendado para el GSI obtenido al realizar el mapeo Geomecánico” (SIMSA , 2018)

Figura 11

GSI para Labores Temporales de Explotación y desarrollo

 COMPANÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A. SOSTENIMIENTO DE LABORES DE EXPLOTACION Y DESARROLLO -CAMARAS DDH (TEMPORALES) SEGUN GSI MODIFICADO (Secciones mayores a 3.50 x 3.50 m hasta 8.00 x 5.50 m.)							
A SIN SOPORTE O PERNO OCASIONAL (Perno Split Set de 7" Longitud de acero negro)		B PERNO SISTEMATICO 1.5 X 1.5 m. (Perno Split Set de 7" Longitud de acero negro)		C MALLA ELECTROSOLDADA Y PERNOS SISTEMATICOS 1.0 X 1.0 m. (Split Set de acero negro de 7", malla de acero negro #10)		D SHOTCRETE REFORZADO (5 cm. ó 2")	
E SHOTCRETE REFORZADO (7.5 cm. ó 3")		F CIMBRAS O CERCHAS METALICAS (1.0 - 1.5 m.).		CONDICION SUPERFICIAL		MUY BUENA (EXTREMADAMENTE RESISTENTE, FRESCA) SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E INALTERADAS, CERRADAS, (Rc > 250 Mpa) (NO SE ROMPE O SÓLO SE ASTILLA CON GOLPES DE PICOTA)..	
CONDICION SUPERFICIAL		BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LIGER. ABIERTA. (100 a 250 Mpa) (SE ROMPE CON 3 O MÁS GOLPES DE PICOTA).		REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES LISAS ALTERADA, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS. (Rc. 50 A 100 Mpa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)		POBRE (MOD. RESISTENTE, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PUJIDA O CON ESTRILACIONES, MUY ALTERADA, RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA. (Rc 25 A 50 Mpa) (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE CON GOLPE DE PICOTA).	
ESTRUCTURA							
 FRACTURADA MUY BIEN TRABADA NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS, FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. ORTOGONALES (RQD.50 - 75), (6 A 12 FRACT. POR METRO).	 A F/MB	 A F/B	 B F/R	 C F/P			
 MUY FRACTURADA MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. (RQD.25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO).	 A MF/MB	 B MF/B	 C MF/R	 D MF/P			
 INTENSAMENTE FRACTURADA PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS, O IRREGULARES. (RQD. 0 - 25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO).		 C IF/B	 D IF/R	 E IF/P			
 TRITURADA O BRECHADA LIGERAMENTE TRABADA, MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE ROTA CON UNA MEZCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DISGREGABLES. ANGULOSOS Y REDONDEADOS. (SIN RQD).			 E T/R	 F T/P			

Figura 12

GSI para Labores Temporales de Exploración, preparación y desarrollo en estructura

 COMPANIA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A. MONITOREO DE LABORES DE EXPLORACION, PREPARACION Y DESARROLLO EN ESTRUCTURA (TEMPORALES) SEGUN GSI MORGUCANO (Norm. 1.00 x 1.00, 1.5 x 1.00 m., 2.00 x 1.00 m.)		CONDICION SUPERFICIAL MUY BUENA (EXTRAMADAMENTE RESISTENTE, FRESCA) SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY REGULARES E INALTERADAS, CERRADAS, (RC > 250 MPa) (NO SE ROMPE O SOLO SE ABELLA CON GOLPES DE PICOTA). BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES REGULARES, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LEGER. ABERTAS, (100 a 250 MPa) (SE ROMPE CON 3 O MAS GOLPES DE PICOTA). REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES LEGER. ALTERADA, MODERADAMENTE ALTERADA, LEGERAMENTE ABERTAS, (RC 50 a 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA). POBRE (MOD. RESISTENTE, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULSOSA O CON ESTRATONES, MUY ALTERADA, BIELLO CONTACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA, (RC 25 a 50 MPa) (SE ROMPE SUPERFICIALMENTE CON GOLPE DE PICOTA).			
ESTRUCTURA A SIN SOPORTE O PERNO OCASIONAL (Perno Split Set de 1' longitud de acero negro) B PERNO SISTEMATICO 1.5 X 1.5 m. (Perno Split Set de 1' longitud de acero negro) C MALLA ELECTROSOLDADA Y PERNOS SISTEMATICOS 1.0 X 1.0 m. (Split Set de acero negro de 1', malla de acero negro #10) D SHOTCRETE REFORZADO (5 cm. a 2") E SHOTCRETE REFORZADO (7.5 cm. a 3") F CIBRAS O CERCHAS METALICAS (1.0 - 1.5 m.).					
 FRACTURADA MUY BIEN TRABADA NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS, FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES, ORTOGONALES (REQ. 50 - 75), (6 A 12 FRACT. POR METRO).	A F/MB	A F/B	B F/R	C F/P	
 MUY FRACTURADA MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES, (REQ. 25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO).	A MF/MB	B MF/B	C MF/R	D MF/P	
 EXTENSAMENTE FRACTURADA FLEGARENTO Y FALLAZCIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS, O IRREGULARES, (REQ. 0 - 25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO).		C IF/B	D IF/R	E IF/P	
 TRETURADA O BRECHADA LEGERAMENTE TRABADA, MASA ROCOSA EXTRAMADAMENTE ROCA CON UNA MECCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DESORREGABLES, ANGULOSOS Y REDONDEADOS. (SEN REQ).			E T/R	F T/P	

Figura 13

GSI para Labores Permanentes

Concreto lanzado

 COMPANIA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A. SOSTENIMIENTO DE LABORES DE EXPLORACION, PREPARACION Y DESARROLLO EN ESTRUCTURA (TEMPORAL) SEGUN GSI MODIFICADO (Base: 3.00 x 3.00, 3.3 x 3.00 m., 3.60 x 3.00 m.)					
ESTRUCTURA		CONDICION SUPERFICIAL			
A SIN SOPORTE O PERNO OCASIONAL (Perno 50x5, 5x de 7' longitud de acero negro)		MUY BUENA (EXTRAMADAMENTE RESISTENTE, FRESCA) SUPERFICIE DE LARGO DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E INHOMOGENEA, CERRADAS, (Rc > 250 Mpa) (NO SE ROMPE O SOLO SE ABISLA CON GOLPES DE PICOTA).			
B PERNO SISTEMATICO 1.5 X 1.5 m. (Perno 50x5, 5x de 7' longitud de acero negro)		BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LLEN, ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LEGER, ABERTA, (100 a 250 Mpa) (SE ROMPE CON 3 O MAS GOLPES DE PICOTA).			
C MALLA ELECTROSOLDADA Y PERNOS SISTEMATICOS 1.0 X 1.0 m. (Perno 50x5 de acero negro de 7', malla de acero negro #10)		REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES USAS ALTERADA, MODERADAMENTE ALTERADA, LEVEMENTE ABERTAS. (Rc 50 a 100 Mpa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA).			
D SHOTCRETE REFORZADO (5 cm. a 2")		POBRE (MOD. RESISTENTE, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRACIONES, MUY ALTERADA, BUELO CONTACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA. (Rc 25 a 50 Mpa) (SE INCIENTA SUPERFICIALMENTE CON GOLPE DE PICOTA).			
E SHOTCRETE REFORZADO (7.5 cm. a 3")					
F CIBRAS O CERCHAS METALICAS (1.0 - 1.5 m.).					
 FRACTURADA MUY BIEN TRABADA NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS, FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES, ORTOGONALES. (RQD: 50 - 75) (6 A 12 FRACT. POR METRO).		A F/MB	A F/B	B F/R	C F/P
 MUY FRACTURADA MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. (RQD: 25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO).		A MF/MB	B MF/B	C MF/R	D MF/P
 INTENSAMENTE FRACTURADA FLEJERENTO Y FALLACIENTE, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS, O IRREGULARES. (RQD: 0 - 25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO).			C IF/B	D IF/R	E IF/P
 TRETURADA O BRECHADA LEGERAMENTE TRABADA, MASA ROCOSA EXTRAMADAMENTE ROTA CON UNA MEZCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DISGREGABLES, ANGULOSOS Y REDONDEADOS. (SEN RQD).				E T/R	F T/P

Diseño de mezcla

La mezcla de concreto debe contener los siguientes porcentajes de componentes secos:

“Cemento : 15 - 20% en peso.

Agregado fino (max. 9.5 mm.) : 40 - 70%

Agregado grueso (max. 12.5 mm.) : 30-40%

Relación agua/cemento:

Mezcla seca : 0.3 - 0.5

Mezcla húmeda : 0.4 - 0.6

Acelerante : 15 lt/m³

Preparar la superficie de aplicación con un buen desatado, de ser posible perfilando la superficie,

Lavado de la superficie para quitar el polvo, puede ser con agua o aire comprimido,

Colocación de calibradores (2 Unid/m²) para el control del espesor” (SIMSA , 2018)

Concreto lanzado con fibra

La fibra se mezcla como si fuera un agregado adicional.

La proporción de esta fibra la recomienda el proveedor, pero es bueno realizar pruebas hasta obtener la óptima.

“Una de las desventajas del concreto lanzado normal, es su baja resistencia a la tensión, y muchas veces se ve agrietado por los movimientos de la roca después de fraguado el concreto, por lo que es conveniente usar fibra.”

ventajas de usar fibra

“Mejoran sus propiedades mecánicas del concreto, haciendo que disminuya su fragilidad, en combinación con pernos de anclaje aumenta su capacidad portante.”

Aumenta la ductilidad del concreto después de su fisuración.

Aumenta la resistencia a la rotura y la capacidad de absorción de energía.

Aumenta la resistencia a la tracción.

Aumenta la resistencia a la aparición y propagación de grietas por contracción.

Aumenta la resistencia al impacto y a la cizalladura.

Mejora el comportamiento a la flexo tracción.

Aumenta la durabilidad del concreto.

Pruebas con fibra de polipropileno

Tabla 4

Pruebas con fibra de polipropileno

PRUEBAS CON FIBRA DE POLIPROPILENO					
Fecha	Lugar	Índice "Q"	dosificación	Tipo de fibra	Resultado
10-03-21	Zona sur Rp.300 Nv. 1824	0.4	6.4 kg/m ³	Sintética 30 mm	Bueno Tiempo de aplicación x 1m ³ = 12 minutos Rebote estimado = 15 – 20%
10-03-21	Zona sur Rp.300 Nv. 1824	0.4	6.4 kg/m ³	Sintética 50 mm	Regular Tiempo de aplicación x 1m ³ = 23 minutos Rebote estimado = 20 – 30% atoros en el tambor de la maquina y tobera de salida
15-04-21	Zona sur Rp.300 Nv. 1824	0.4	4.6 kg/m ³	Sintética 30 mm	Bueno Tiempo de aplicación x m ³ = 11 minutos Rebote estimado = 12 – 18%
Tipo de maquina: ALIVA 260 (MEZCLA SECA)					
A la fecha se observa que el concreto permanece en buenas condiciones sin rajaduras o desprendimientos					

Componentes del shotcrete

Los componentes seleccionados para emplear en el concreto proyectado deben ser debidamente seleccionados y cumplir con las normas de calidad establecidas.

Tenemos

Cemento

Se utilizo el tipo de cemento andino, cuyas características son:

“Cemento Portland tipo I, obtenido de la molienda del Clinker tipo I y yeso”
(UNACEM, 2019)

Tabla 5

Características técnicas del cemento

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 especifica
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 especifica
C ₃ S	%	57.35	No especifica
C ₃ A	%	7.50	No especifica
C ₄ AF	%	10.61	No especifica
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

Agregados

Como agregados se empleó material proveniente de las canteras cercanas a la mina los cuales cumplen con los requerimientos exigidos para trabajar como concreto.

Se hizo una combinación de los agregados grueso y finos en las siguientes proporciones

% agregados gruesos: 34

% agregados finos: 66

Porcentaje de pasantes de los agregados y granulometría requerida:

Tabla 6

Granulometría de los agregados

TAMIZ	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	GRANULOMETRIA ACI G-2	
	% PASANTE ACUM.	%PASANTE ACUM.	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
1/2"	100.00	100.00	100	100
3/8"	81.61	100.00	90	100
#4	20.02	99.95	70	85
#8	7.25	94.22	50	70
#16	4.76	76.17	35	55
#30	3.45	47.02	20	35
#50	2.55	22.86	8	20
#100	1.15	9.02	2	10

Granulometría combinada material grueso y fino

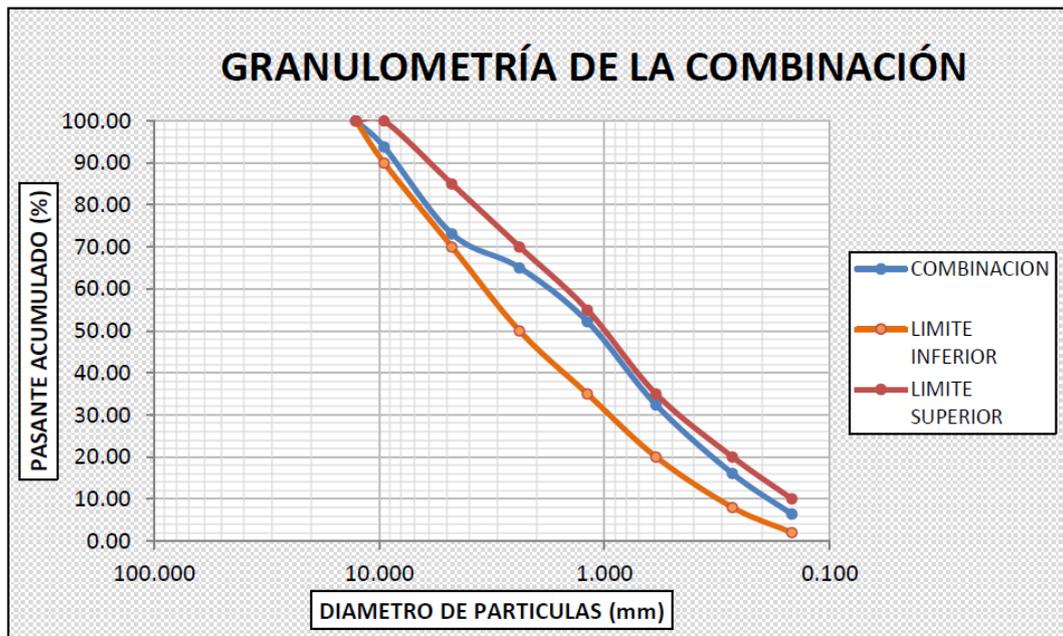
Tabla 7

Granulometría combinada material grueso y fino

TAMIZ	ABERTURA TAMIZ (mm)	AGREGADO COMBINADO
		% PASANTE
1/2"	12.700	100.00
3/8"	9.525	93.83
#4	4.760	73.13
#8	2.380	65.03
#16	1.190	52.21
#30	0.590	32.39
#50	0.270	16.04
#100	0.147	6.38

Figura 14

Granulometría de la combinación de los agregados



Esta granulometría cumple con los requerimientos

Fibras

Las fibras usadas fueron las Sika Fiber PP 48, de polipropileno, usadas para el reforzamiento del concreto, polímeros fabricados con material de alta resistencia a la deformación mecánica y de gran desempeño.

Se muestra sus características:

Tabla 8

Características de las fibras sintéticas

CARACTERISTICAS	UNIDAD	VALOR
Longitud	mm	48
Ancho	mm	1.2855
Espesor	mm	0.3325
Absorción de agua	%	0
Gravedad especifica		0.92
Resistencia a la tracción	Mpa	620
Conductividad eléctrica		Baja
Fibras por Kilogramo +/-3%	Unidad	32760
Punto de fusión	°C	440
Punto de ablandamiento	°C	170
Resistencia a álcalis, sales y ácidos		Alta
Dosis de aplicación	Kg/m3	2 - 9

Figura 15

Fibras sintéticas



Costos

En cuanto a los costos tenemos referente a mano de obra, materiales, equipos, transporte, gastos generales y utilidad.

Tabla 9

Costos del shotcrete

DESCRIPCION	FACT.	UND	CANT.	PREC.	PARC.	REND.	SUB-TOT	P.U.
1.- Mano de obra								
Capataz	0,33	h-h	2,6	11,5	30,2	80,0	0,38	
Operario	1	h-h	8,0	8,6	69,1	80,0	0,86	
Oficial	1	h-h	8,0	7,7	62,0	80,0	0,77	
Peón	4	h-h	32,0	6,9	221,5	80,0	2,77	
Bodeguero-Servicios	0,25	h-h	2,0	7,7	15,5	80,0	0,19	4,98
2.- Materiales								
Cemento		bls	8,0	19,0	152,0	12,0	12,67	
Aditivo		gal	5,0	14,0	70,0	12,0	5,83	
Arena gruesa		m3	1,2	15,0	17,3	12,0	1,44	
Niveladores de 2"		cu	2,0	1,0	1,9	1,0	1,94	
Fibra metalica		Kg	0,0	4,7	0,0	12,0	0,00	
Manipuleo Fibra		%	0,15	8,5	1,3	1,0	1,27	23,15
3.- Equipos								
Maquina ALIVA		h-m	3,0	35,0	105,0	80,0	1,31	
Acrows		h-m	6,0	6,0	36,0	80,0	0,45	
Tanque de aditivo		h-m	4,0	1,5	6,0	80,0	0,08	
Herramientas		%	0,053	5,0	0,3	1,0	0,26	
Equipo de Seguridad		%	0,072	5,0	0,4	1,0	0,36	2,46
4.- Transporte								
Camión 3 Tns.		h-m	4,0	20,0	80,0	80,0	1,00	1,00
Subtotal costo directo								31,59
Gastos generales y utilidad			28,00%					8,84
COSTO TOTAL (S/.)							S/./m2	40,43
COSTO TOTAL (US\$) T/C.	3,45						US\$/m2.	11,72

Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

4.2.2 *Uso de las fibras sintéticas en la mina*

Porque se usa las fibras sintéticas

Se uso las fibras sintéticas en la mina porque benefician al concreto tanto en estado plástico como endurecido, algunos beneficios encontrados podemos mencionar.

- Reducen la fisuración por asentamiento
- Disminución de la permeabilidad
- Incremento en la resistencia a la abrasión y al impacto
- Aporte en la resistencia a la fractura

Funcionamiento de las fibras en el concreto a edad temprana

Se puede observar que “los cambios de volumen del concreto a edad temprana causan la formación de planos de debilitamiento y fisuras debido a las tensiones existentes que exceden a la resistencia del concreto en un momento específico. El crecimiento de estas fisuras por contracción se previene mediante el bloqueo mecánico de las fibras sintéticas. El sistema de soporte interno de las fibras sintéticas impide la formación de grietas por asentamiento plástico

La distribución uniforme de las fibras a través del concreto contribuye a la no formación de grandes capilares causados por el movimiento del agua de exudación hacia la superficie”

Funcionamiento de las fibras en el concreto endurecido

“Los atributos del concreto endurecidos aportados por las fibras sintéticas son una reducción de la permeabilidad y una mayor resistencia a la fractura, la abrasión y las fuerzas de impacto.

La capacidad de resistir las fuerzas que ocasionan fragmentación o rotura del concreto se mejora notablemente mediante el uso de las fibras sintéticas cuando el concreto sin fibras es sometido a la comprensión, se fracturara y fallara con la aparición de la primera grieta. Las fibras sintéticas fabricadas para el concreto impiden el efecto ocasionado por las fuerzas de rotura, manteniendo fuertemente unido el concreto”

Dosificación y mezclado

Las fibras fueron agregados directamente al sistema de mezcla del concreto, durante o después del mezclado de los otros elementos, con una dosis de 4 kg. De fibra por cada m³ de mezcla de concreto obteniendo resistencias de hasta 350 kg/cm².

4.2.3 Control de Calidad realizados al Shotcrete Vía Húmeda mes de noviembre

4.2.3.1. Ensayos de control de calidad en la arena para shotcrete

Análisis Granulométrico ASTM C - 702

cuadro de ensayos en laboratorio

Tabla 10

Análisis granulométrico de la arena

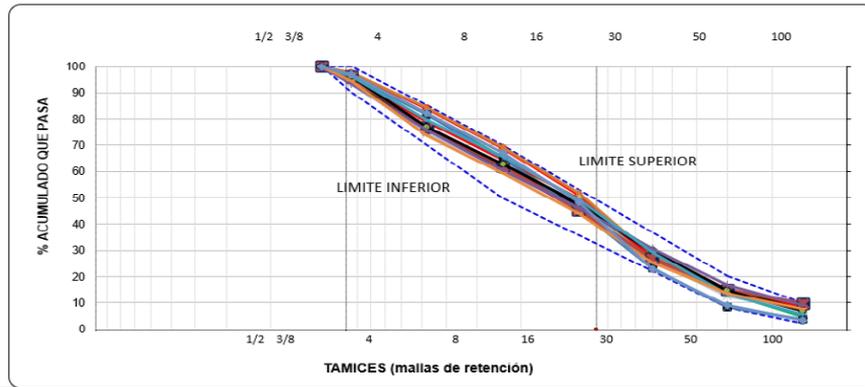
No.Registro	Fecha de Muestreo	Cantera	Muestreado Por	Humedad	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO % QUE PASA										MÓDULO DE FINEZA	TAMIZ N° 200
					12.50 1/2"	9.50 3/8"	4.75 No. 04	2.36 No. 08	1.18 No. 16	0.60 No. 30	0.30 No. 50	0.15 No. 100				
CJN-REG-ACC-001	1-Nov-21	AGREMAQS	LUIS VILLA	5.89	100.0	97.3	84.0	68.9	51.2	28.1	14.1	7.0	3.49	3.48		
CJN-REG-ACC-001	2-Nov-21	AGREMAQS	LUIS VILLA	5.73	100.0	96.3	81.9	65.2	45.6	28.0	13.7	4.9	3.65	4.16		
CJN-REG-ACC-001	3-Nov-21	AGREMAQS	LUIS VILLA	5.15	100.0	97.5	84.1	69.1	51.6	27.8	14.7	7.9	3.47	5.35		
CJN-REG-ACC-001	4-Nov-21	AGREMAQS	J ANDAMAYO	8.00	100.0	95.6	78.9	64.5	49.8	27.2	14.6	8.5	3.61	4.95		
CJN-REG-ACC-001	5-Nov-21	AGREMAQS	J ANDAMAYO	7.32	100.0	93.4	74.4	60.9	46.7	26.4	12.7	7.0	3.79	3.00		
CJN-REG-ACC-001	6-Nov-21	AGREMAQS	A.AGURTO	4.69	100.0	94.2	76.1	61.8	47.1	29.3	15.0	7.2	3.69	3.00		
CJN-REG-ACC-001	7-Nov-21	AGREMAQS	A.AGURTO	5.58	100.0	96.2	81.7	64.9	45.1	23.0	8.3	3.7	3.66	3.44		
CJN-REG-ACC-001	8-Nov-21	AGREMAQS	J ANDAMAYO	2.99	100.0	96.0	76.8	61.9	45.1	26.8	15.0	9.7	3.69	3.19		
CJN-REG-ACC-001	9-Nov-21	AGREMAQS	J ANDAMAYO	3.30	100.0	96.3	77.0	62.6	47.8	29.7	14.5	6.8	3.65	4.39		
CJN-REG-ACC-001	10-Nov-21	AGREMAQS	J ANDAMAYO	6.44	100.0	93.6	75.7	60.4	46.0	30.7	16.8	9.0	3.68	3.02		
CJN-REG-ACC-001	11-Nov-21	AGREMAQS	J ANDAMAYO	4.57	100.0	96.4	79.8	65.5	49.2	29.2	13.4	5.4	3.61	3.10		
CJN-REG-ACC-001	12-Nov-21	AGREMAQS	LUIS VILLA	5.96	100.0	94.6	73.8	59.1	43.9	25.2	13.4	7.5	3.82	3.09		
CJN-REG-ACC-001	13-Nov-21	AGREMAQS	LUIS VILLA	5.25	100.0	97.1	82.2	66.8	48.4	22.8	9.2	3.5	3.70	2.99		
CJN-REG-ACC-001	14-Nov-21	AGREMAQS	LUIS VILLA	5.74	100.0	95.7	80.8	66.9	48.1	27.4	12.8	5.9	3.62	4.63		
CJN-REG-ACC-001	15-Nov-21	AGREMAQS	LUIS VILLA	6.14	100.0	96.4	79.3	64.8	48.0	27.4	13.2	7.7	3.63	3.37		
CJN-REG-ACC-001	16-Nov-21	AGREMAQS	LUIS VILLA	6.26	100.0	94.4	79.4	66.4	51.2	28.7	14.1	7.2	3.59	3.29		
CJN-REG-ACC-001	17-Nov-21	AGREMAQS	LUIS VILLA	6.67	100.0	97.8	82.7	66.2	48.0	23.9	11.8	6.3	3.63	2.87		
CJN-REG-ACC-001	18-Nov-21	AGREMAQS	A.AGURTO	6.16	100.0	95.9	82.8	66.7	48.0	25.6	11.2	4.4	3.65	4.10		
CJN-REG-ACC-001	19-Nov-21	AGREMAQS	A.AGURTO	4.86	100.0	93.2	78.4	64.6	47.1	23.6	9.2	1.0	3.83	3.55		
CJN-REG-ACC-001	20-Nov-21	AGREMAQS	A.AGURTO	5.20	100.0	92.1	76.7	62.7	45.0	23.0	8.4	2.6	3.89	3.38		
CJN-REG-ACC-001	21-Nov-21	AGREMAQS	A.AGURTO	3.27	100.0	94.4	81.8	69.6	51.4	27.1	10.7	3.7	3.61	2.62		
CJN-REG-ACC-001	22-Nov-21	REMAQS/OTR	A.AGURTO	4.98	100.0	97.3	80.2	64.3	49.2	29.8	11.7	2.6	3.65	3.62		
CJN-REG-ACC-001	23-Nov-21	OTROS	A.AGURTO	7.03	100.0	96.3	85.2	70.7	54.3	31.0	14.7	9.4	3.38	4.06		
CJN-REG-ACC-001	24-Nov-21	OTROS	A.AGURTO	8.49	100.0	93.5	76.8	63.5	49.5	30.6	18.6	12.3	3.55	3.54		
CJN-REG-ACC-001	25-Nov-21	AGREMAQS	J ANDAMAYO	8.04	100.0	97.7	87.4	74.6	57.4	34.1	17.2	8.5	3.23	3.79		
CJN-REG-ACC-001	26-Nov-21	AGREMAQS	A.AGURTO	8.97	100.0	94.0	72.2	55.1	42.7	28.2	14.5	6.4	3.87	3.42		
CJN-REG-ACC-001	27-Nov-21	AGREMAQS	A.AGURTO	9.01	100.0	94.5	73.9	59.2	46.3	29.8	16.2	8.4	3.72	3.41		
CJN-REG-ACC-001	28-Nov-21	AGREMAQS	A.AGURTO	8.25	100.0	90.2	75.6	62.1	39.7	23.8	11.8	6.1	3.91	3.63		
CJN-REG-ACC-001	29-Nov-21	AGREMAQS	A.AGURTO	8.80	100.0	95.2	78.9	62.2	46.7	28.7	13.4	6.1	3.74	4.71		
CJN-REG-ACC-001	30-Nov-21	AGREMAQS	J ANDAMAYO	8.23	100.0	94.9	78.3	63.8	48.8	29.2	13.2	5.5	3.68	3.90		

Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

Curva granulométrica del agregado

Figura 16

Granulometría de la arena Gradación N°2.



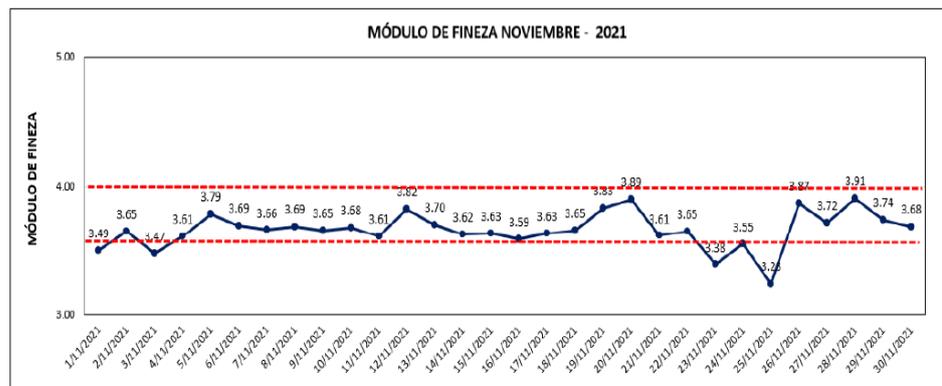
4.2.3.2 Módulo de Fineza

Los límites del módulo de fineza son 3.25 a 3.91 %, y la resultante promedio es de 3.66 %, lo cual se encuentra dentro del parámetro establecido.

Según ACI 506 - Parámetros de Gradación N°2 es de: 3.6 % - 4.0 %

Figura 17

Modulo de fineza noviembre 2021



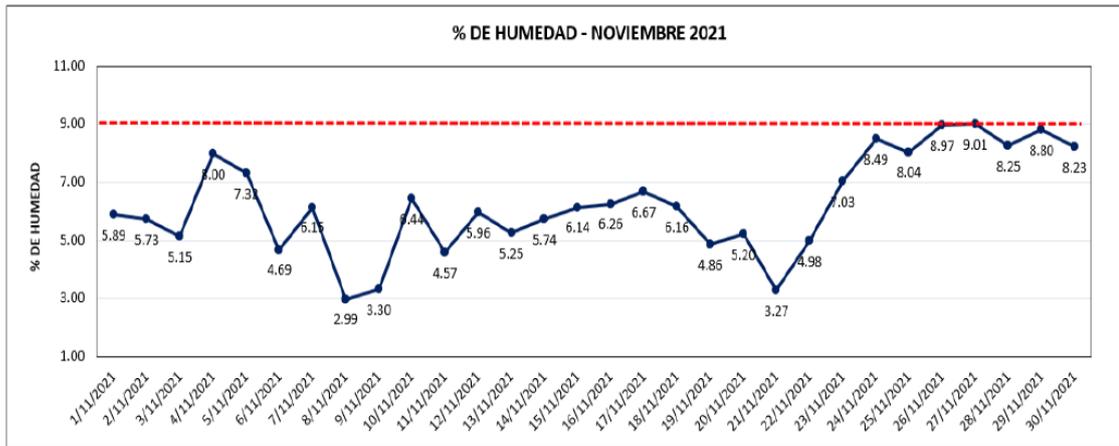
Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

4.2.3.3 Contenido de Humedad

Norma de ensayo: ASTM C-566, determina el porcentaje de muestra de arena mediante el secado, la humedad como máximo se recomienda 9%.

Figura 18

Contenido de humedad



Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

No existe normativa en el Contenido de Humedad óptimo para la dosificación, sólo criterio y control del especialista.

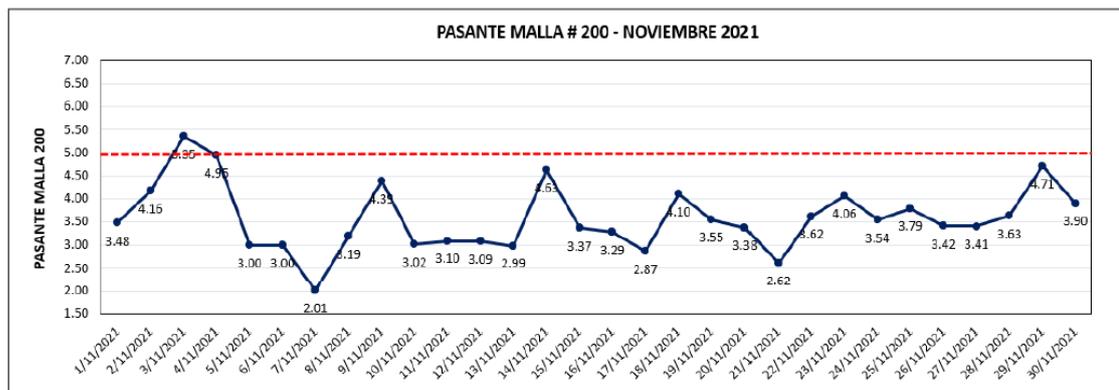
4.2.3.4 Porcentaje Pasante de la Malla N° 200

Los límites de malla N°200, son 2.93 % a 5.5 %, y la resultante promedio es de 3.99 %, lo cual se encuentra dentro del parámetro establecido.

Según ASTM C-33, el límite máximo de pasante de malla N° 200 es 5%.

Figura 19

Pasante de la Malla N° 200 – noviembre 2021



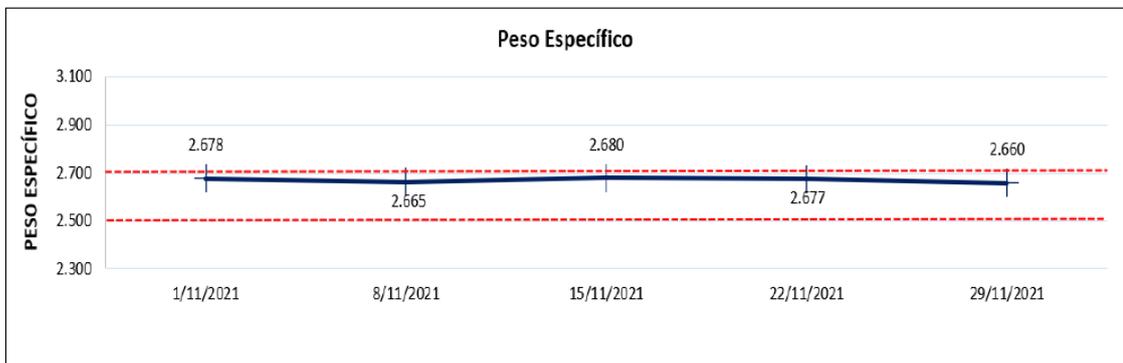
Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

4.2.3.5 Peso Específico y Porcentaje de Absorción ASTM C – 127

“Norma de Ensayo: ASTM C-127- determina el valor de absorción y el peso por unidad de volumen de la muestra sin considerar vacíos, tanto en condición seca como saturada superficialmente seca”, después de que la arena ha sido remojada en agua por 24 horas.

Figura 20

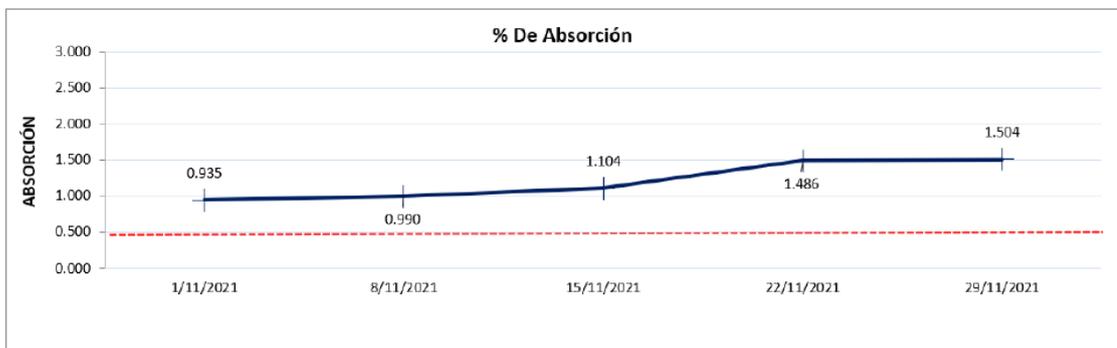
Peso específico



Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

Figura 21

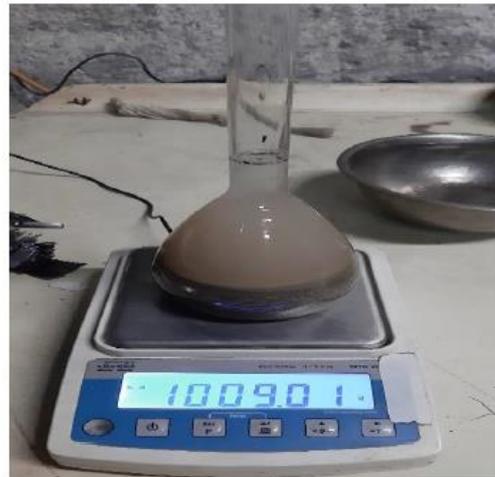
Porcentaje de absorción



Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

Figura 22

Peso específico



4.2.4 Ensayos al shotcrete en estado fresco mes de noviembre

4.2.4.1 Ensayo para determinar el peso unitario y rendimiento del Shotcrete ASTM C-138.

Fecha: 12 de NOVIEMBRE

Tabla 11

Peso unitario del shotcrete en estado fresco 12 de noviembre

FECHA DE ENSAYO: 12/11/2021

I. PESO UNITARIO		MUESTRA 1	MUESTRA 2	
Vol. Recipiente		0.007080	0.007080	
Peso de la Muestra Suelta + Envase	Kg	18.95	19.08	
Peso del Envase	Kg	3.43	3.43	
Peso de la Muestra Suelta	Kg	15.520	15.650	
Constante		7.08	7.08	PROMEDIO
Peso Unitario	Kg/m ³	2192.1	2210	2201.3

Tabla 12

Peso unitario del shotcrete en estado compactado 12 de noviembre

I. PESO UNITARIO COMPACTADO		RESULTADOS
Peso Unitario de Diseño	Kg	2187.7
Peso Unitario Real Promedio	Kg	2201.3
Rendimiento		1.01
Contenido de Aire - Camara de Aire	%	8.2

El Rendimiento del Concreto debe estar en el rango de 0.98 a 1.02

Fecha: 22 NOVIEMBRE

Tabla 13

Peso unitario del shotcrete 22 de noviembre

FECHA DE ENSAYO: 22/11/2021

I. PESO UNITARIO		MUESTRA 1	MUESTRA 2	
Vol. Recipiente		0.007080	0.007080	
Peso de la Muestra Suelta + Envase	Kg	18.93	19.22	
Peso del Envase	Kg	3.43	3.43	
Peso de la Muestra Suelta	Kg	15.500	15.790	
Constante		7.08	7.08	PROMEDIO
Peso Unitario	Kg/m ³	2189.3	2230	2209.7

Tabla 14

Peso unitario del shotcrete compactado 22 de noviembre

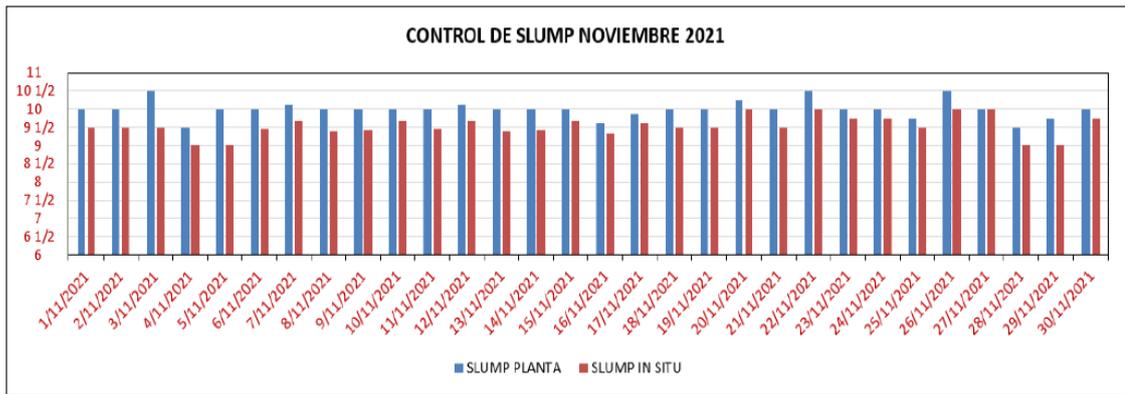
I. PESO UNITARIO COMPACTADO		RESULTADOS
Peso Unitario de Diseño	Kg	2187.7
Peso Unitario Real Promedio	Kg	2209.7
Rendimiento		1.01
Contenido de Aire - Camara de Aire	%	8.2

El Rendimiento del Concreto debe estar en el rango de 0.98 a 1.02

4.2.4.2 Ensayo de Slump ASTM C – 143

Figura 23

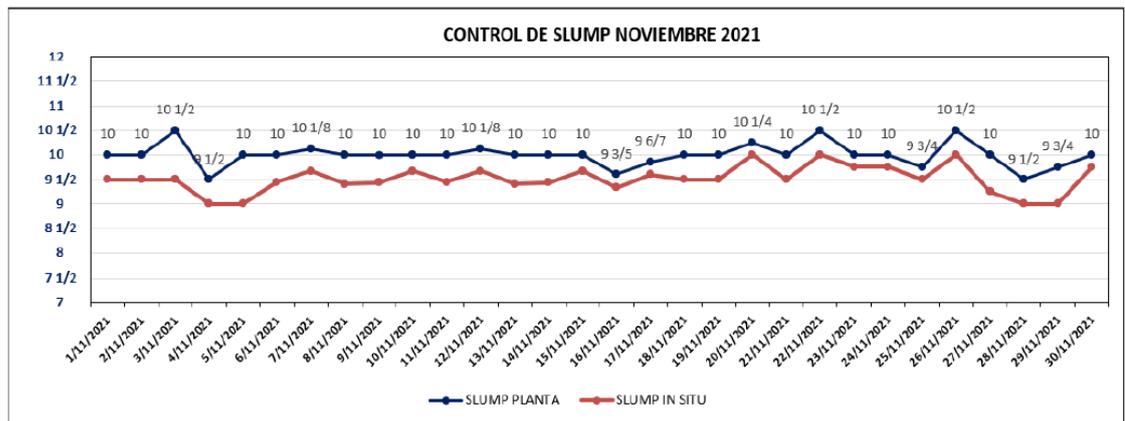
Control del slump noviembre 2021



Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

Figura 24

Variación del slump noviembre 2021



Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

Figura 25

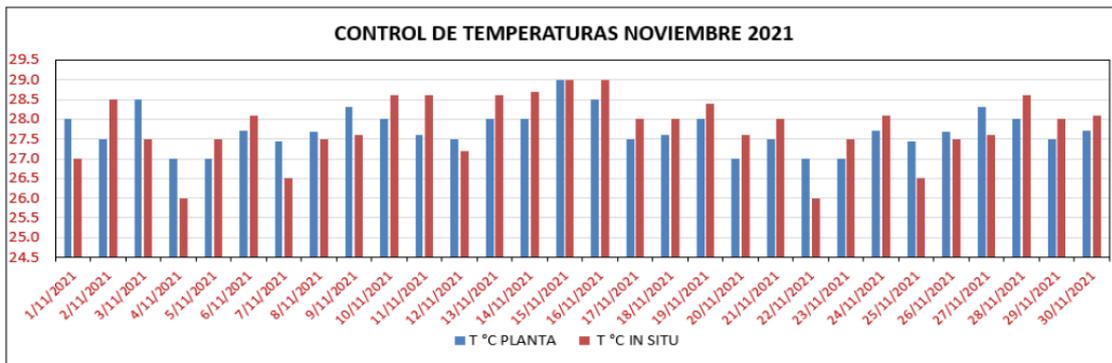
Medición del slump y temperatura



4.2.4.3 Control de Temperatura ASTM C- 1064

Figura 26

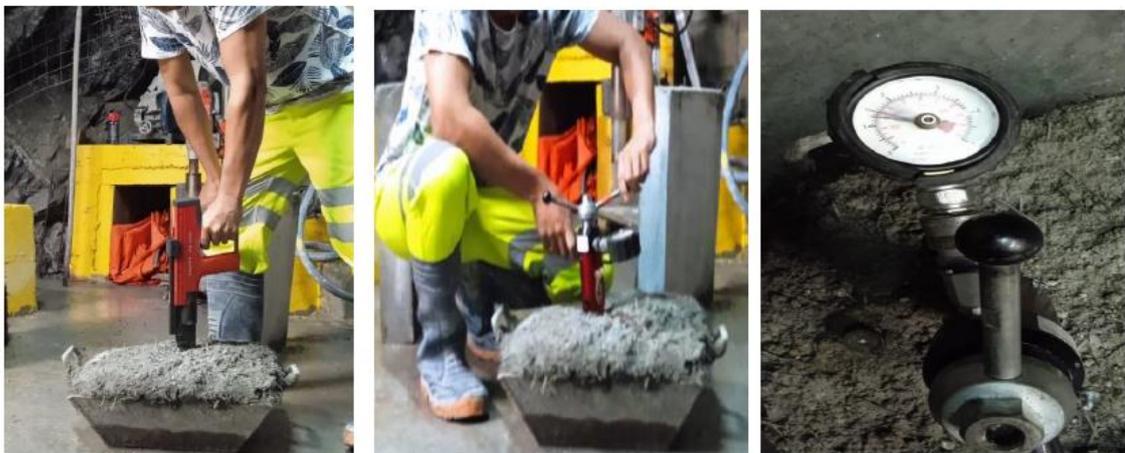
Control de temperaturas noviembre 2021



Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

Figura 27

Control de la resistencia temprana



4.2.4.4 Fragua Inicial ASTM C - 403

“El Shotcrete de la clase J2 se utiliza en aplicaciones donde las capas más gruesas tienen que ser alcanzadas dentro de poco tiempo. Este tipo de hormigón pulverizado es adecuado en circunstancias difíciles, en caso de ligero flujo de agua y pasos de trabajo inmediatos posteriores como perforación y chorreado”

Tabla 15

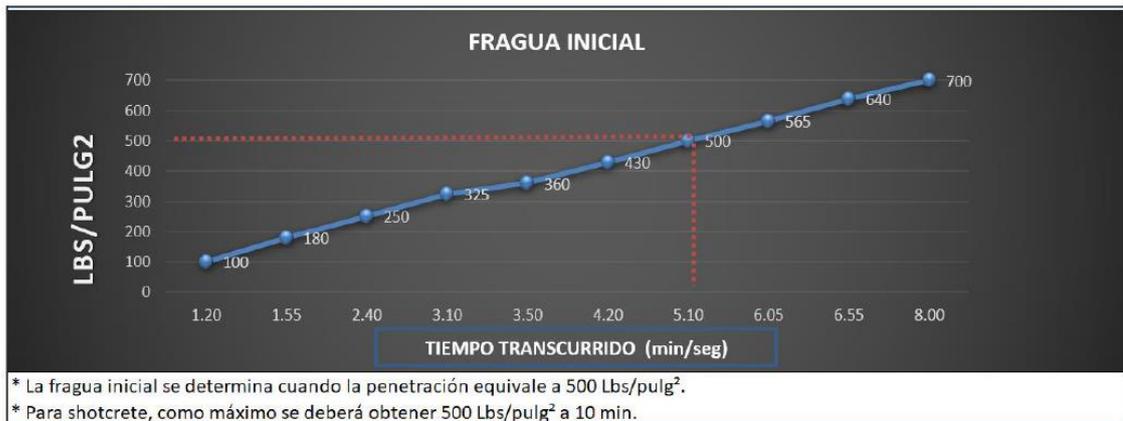
Fragua inicial del shotcrete

FECHA DE ENSAYO 28/11/2021			
ASTM C 403 / NTP 339.082			
TENDENCIA		DATA	
TIEMPO	LBS/PLUG2	LABOR	TJ 8610 N C3
1.20	100	NIVEL	1250
1.55	180	HASTIAL	DERECHO
2.40	250	HORA DE ENSAYO	22:15:00
3.10	325	TIEMPO DE LECTURA INICIAL	5.10
3.50	360	TIEMPO DE MAXIMA LECTURA	500
4.20	430	ADITIVO	L-33
5.10	500	% ADITIVO	6
6.05	565	TEMPERATURA DE MEZCLA	28.5
6.55	640	SLUMP	10
8.00	700	OPERADOR LANZADOR	CLAUDIO HUARANGA
TENDENCIA DE FRAGUA			

Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

Figura 28

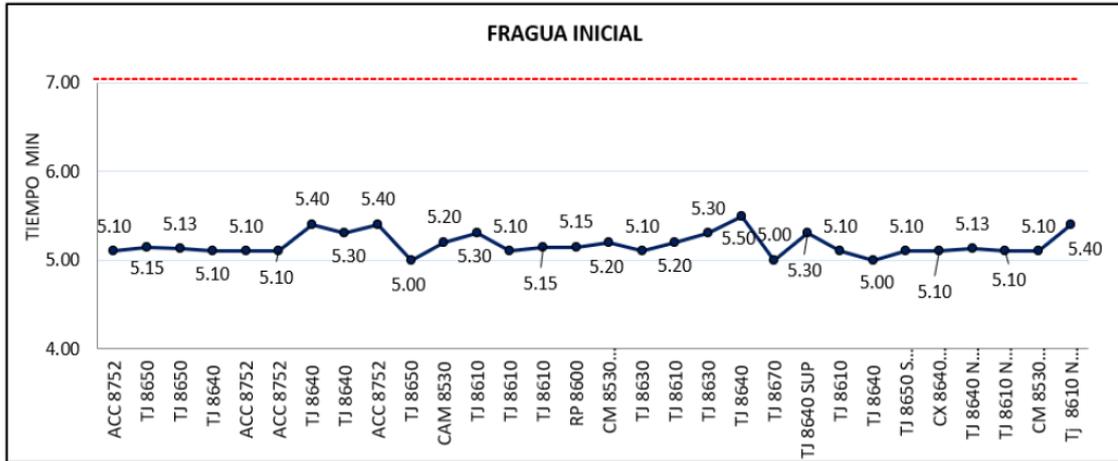
Fragua inicial del shotcrete



4.2.4.5 Fraguado mensual de noviembre

Figura 29

Fragua mensual mes de noviembre



Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

4.2.5 Control de rebote

Se realizaron los controles de rebote los cuales se evidencian:

Tabla 16

Control del rebote

Fecha de Ensayo	Labor	Nivel	SLUMP/T°C	Operador	Equipo de lanzado	MEDIDAS DE MOLDE	Volumen Despachado. (m3)	Volumen del Molde	Nº de Moldes Llenados	Cantidad Proyecto de Diseño	% De Rebote	Lanzado Real (m3)	Presion De Aire (Bar)
20/11/2021	TJ 8610	1250	10	PARQUE	RB 6	dia.0.29m / al. 0.37m	4.0	0.024	17	0.41	10.2	3.6	4.5
28/11/2021	TJ 8640	1200	9 1/2	CORTEGANA	RB 6	dia.0.29m / al. 0.37m	4.0	0.024	14	0.34	8.4	3.7	4.5

Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

Tendencia

Figura 30

Tendencia del rebote mes de diciembre

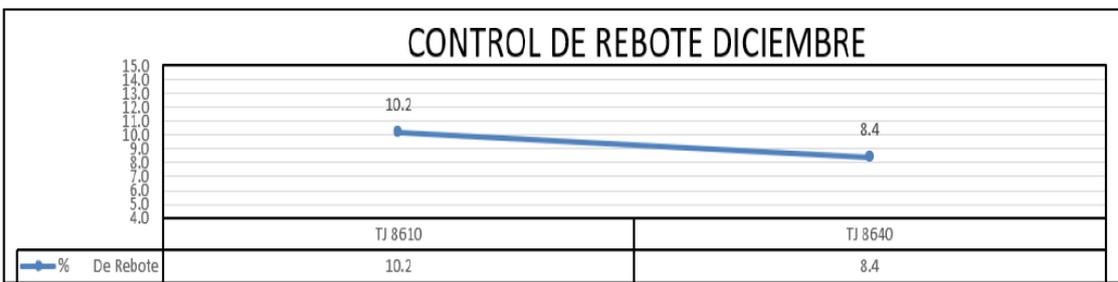


Figura 31

Medición del rebote



4.2.6 Ensayos al shotcrete en estado endurecido

4.2.6.1. Resistencia tempranas

El Shotcrete fresco se define como Shotcrete proyectado hace menos de 24 horas en lo que respecta a los requisitos que se deben cumplir en términos del desarrollo de la resistencia, el Shotcrete fresco se clasifica sobre la base de 3 clases de resistencia temprana (J1, J2, J3).

Tabla 17

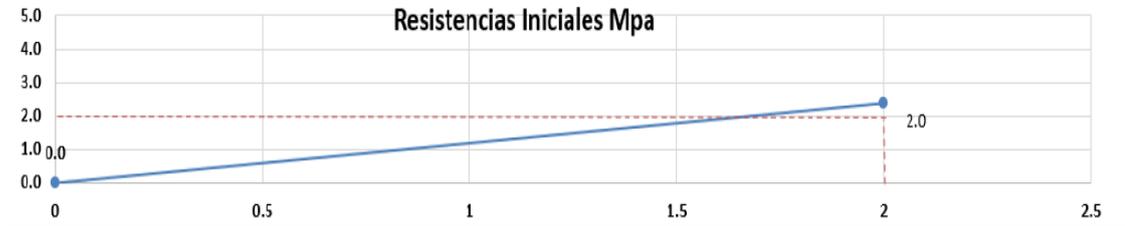
Resistencias tempranas del shotcrete

Fecha:		30/11/2021	Tº Ambiente		26 °c	Tº Mezcla:		28 °c	Ensayado por		ALEJANDRO AGURTO
Op.Lanzador:		CORTEGANA	Lugar:		VITOC - CHANCHAMAYO	Labor de Lanzado:		TJ 8630 N	0		
Tamaño del árido:		T.M.N 1/2"	Cemento:		A GRANEL	Acelerante:		3UNITOC L-33 6 %	Plastificante:		CON® ARE-9050(50%) 0.491 %
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨		⑩	
HORA	Tiempo tras completars e en gunitado	Tipo de perno / Longitud Total	Saliente NVS	Penetración $h_{nom} = L_{tot}$ NVS	Lectura de la carga de tracción U_n	Carga de tracción real N_u'	N_u' / h_{nom}	Media N_u' / h_{nom} Σ $N_u' / h_{nom} / 10$		Resistencia del Shotcrete $F'c$ (MPa)	
(h : min)	(h : min)	mm.	mm.	mm.	kN	N	N / mm.	N / mm.			
$t_0 =$	0	TODAS LAS MEDICIONES Y CALCULOS ESTAN EN EL MISMO ORDEN DE COLOCACION DE PERNOS									
11:40:00	01:40:00	103	15	88	1.5	1500	17.0	15.6	2.4		
			15	88	1.4	1400	15.9				
			18	85	1.2	1200	14.1				
			18	85	1.1	1100	12.9				
			19	84	1.5	1500	17.9				
			15	88	1.5	1500	17.0				
			15	88	1.4	1400	15.9				
			18	85	1.2	1200	14.1				
			18	85	1.1	1100	12.9				
			19	84	1.5	1500	17.9				
							$\Sigma =$	155.7			

Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

Figura 32

Resistencias iniciales del shotcrete



Tendencia

Figura 33

Tendencia de la fragua inicial mes de diciembre 2021



4.2.6.2 Resistencia a la Compresión del Shotcrete

“Norma de Ensayo: ASTM C-39 determina la resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos de concreto”

El consolidado del mes de octubre:

Tabla 18*Resistencia a la compresión mes de octubre*

Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

CONSOLIDADO - Fc OCTUBRE 2021									
# PANEL	# SERIE	LABOR	FECHA DE MUESTREO	EIDADES					
				7	7 DIAS %	14	14 DIAS %	28	28 DIAS %
1	173	TJ 8610	2/10/2021	313	78%	359	90%	442	111%
2	174	TJ 8640	3/10/2021	298	74%	346	87%	409	102%
3	175	TJ 8610	5/10/2021	0	0%	347	87%	440	110%
4	176	CX 8619	6/10/2021	303	76%	359	90%	430	108%
5	177	RP 8600	7/10/2021	0	0%	397	99%	421	105%
6	178	TJ 8640	9/10/2021	0	0%	0	0%	0	0%
7	179	TJ 8640	10/10/2021	321	80%	345	86%	414	104%
8	180	TJ 8650	11/10/2021	312	78%	340	85%	408	102%
9	181	TJ 8650 C 01 N	12/10/2021	311	78%	343	86%	412	103%
10	182	TALLER DE RESEFER	13/10/2021	294	74%	335	84%	443	111%
11	183	TJ 8630	14/10/2021	303	76%	341	85%	462	116%
12	184	TJ 8640	15/10/2021	300	75%	357	89%	415	104%
13	185	CX 8505	16/10/2021	254	63%	314	79%	424	106%
14	186	TJ 8640	17/10/2021	231	58%	341	85%	422	106%
15	187	CM 8750	20/10/2021	216	54%	254	64%	416	104%
16	188	TJ 8640	21/10/2021	237	59%	330	83%	420	105%
17	189	CX 8619	22/10/2021	240	60%	346	87%	415	104%
18	190	TJ 8630 SUP	23/10/2021	245	61%	339	85%	411	103%
19	191	TJ 8650 SUR	24/10/2021	228	57%	335	84%	416	104%
20	192	TJ 8640 SUPERIOR	26/10/2021	253	63%	340	85%	412	103%
21	193	CX 8505	27/10/2021	255	64%	326	82%	415	104%
22	194	TJ 8640 SUP.	28/10/2021	266	66%	347	87%	403	101%
23	195	RP 8600	29/10/2021	262	66%	339	85%	405	101%
24	196	TJ 8650	30/10/2021	252	63%	370	93%	419	105%
25	197	TJ 8640 SUP.	31/10/2021	276	69%	371	93%	415	104%
PROMEDIO				271	68%	343	86%	420	105%

La Resultante Promedio del desarrollo de Resistencias a la Compresión Uniaxial del mes de OCTUBRE del 2021 es de:

Tabla 19

Resistencia a la compresión promedio octubre 2021

DIAS	PROMEDIO	%
7	271	68%

DIAS	PROMEDIO	%
14	343	86%

DIAS	PROMEDIO	%
28	420	105%

4.2.6.3 Avance del mes de NOVIEMBRE 2021:

Tabla 20

Resistencia a la compresión mes de noviembre

CONSOLIDADO - F ^c NOVIEMBRE 2021									
# PANEL	# SERIE	LABOR	FECHA DE MUESTREO	EIDADES					
				7	7 DIAS %	14	14 DIAS %	28	28 DIAS %
1	198	TJ 8640 SUP.	1/11/2021	229	57%	310	78%	404	101%
2	199	TJ 8650	2/11/2021	284	71%	336	84%	415	104%
3	200	RP 8640 S	3/11/2021	266	67%	344	86%	416	104%
4	201	TJ 8650 N	4/11/2021	254	63%	341	85%	417	104%
5	202	TJ 8610 V1 S	6/11/2021	264	66%	338	85%	0	0%
6	203	TJ 8640 S	7/11/2021	261	65%	324	81%	0	0%
7	204	TJ 8640 N C4	8/11/2021	235	59%	323	81%	0	0%
8	205	TJ 8640	9/11/2021	246	61%	337	84%	0	0%
9	206	TJ 8650	11/11/2021	263	66%	373	93%	0	0%
10	207	TJ 8630	12/11/2021	246	62%	328	82%	0	0%
11	208	TJ 8640 S	14/11/2021	267	67%	341	85%	0	0%
12	209	TJ 8640 S C3	15/11/2021	239	60%	388	97%	0	0%
13	210	TJ 8640 S	17/11/2021	238	60%	349	87%	0	0%
14	211	TJ 8610	18/11/2021	261	65%	0	0%	0	0%
15	212	TJ 8650	19/11/2021	271	68%	0	0%	0	0%
16	213	TJ 8640 S	20/11/2021	276	69%	0	0%	0	0%
17	214	TJ 8650	21/11/2021	271	68%	0	0%	0	0%
18	215	TJ 8660	21/11/2021	242	60%	0	0%	0	0%
19	216	TJ 8640 SUR	22/11/2021	260	65%	0	0%	0	0%
20	217	TJ 8640 NORTE	22/11/2021	246	62%	0	0%	0	0%
21	218	TJ 8610 CAM3 SUR	23/11/2021	245	61%	0	0%	0	0%
22	219	TJ 8610 C3 SUR	24/11/2021	260	65%	0	0%	0	0%
23	220	TJ 8640 CRR 1 SUR	25/11/2021	0	0%	0	0%	0	0%
24	221	TJ 8650	25/11/2021	0	0%	0	0%	0	0%
25	222	TJ 8610 C3 SUR	26/11/2021	0	0%	0	0%	0	0%
26	223	TJ 8640 N C3	27/11/2021	0	0%	0	0%	0	0%
27	224	TJ 8610 N	29/11/2021	0	0%	0	0%	0	0%
28	225	TJ 8630 N C4	30/11/2021	0	0%	0	0%	0	0%
			PROMEDIO	255	64%	341	85%	413	103%

Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

4.2.6.4 Resistencia a la Flexo Tracción

Norma de Ensayo: EN 14488-5 Ensayo de concreto lanzado para la determinación de la capacidad de absorción de energía en paneles cuadrados reforzados con fibra.

La Resultante del Ensayo de Absorción de Energía del mes de octubre del 2021 es de:

Tabla 21

Resistencia a la flexo tracción

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA											
#	FIBRA	LABOR	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ROTURA	Deflexión (mm)						
					0	5	10	15	20	25	30
P-33/P-34	SINTETICA	TJ 8640 - Sub estacion 80100(resefer)	15/10/2021	12/11/2021	0	206.83	424.52	650.70	844.87	1004.65	1135.68

DIAS	PROMEDIO	%
28	1004.65	100

Figura 34

Energía absorbida – ensayo de tenacidad

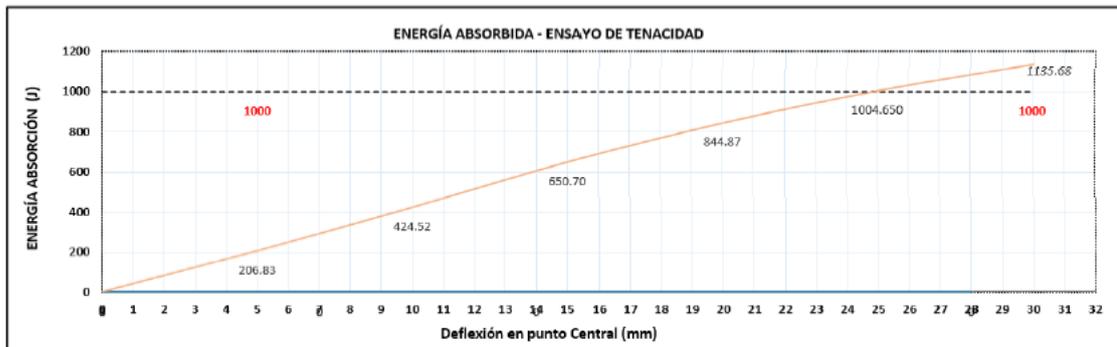


Figura 35

Prueba de flexotraccion



4.2.7 Control de Calidad realizados al Shotcrete Vía Húmeda mes de diciembre

Análisis Granulométrico ASTM C – 702

Ensayos de control de calidad en la arena para shotcrete.

Cuadro de ensayos en laboratorio

Tabla 22

Análisis granulométrico mes de diciembre

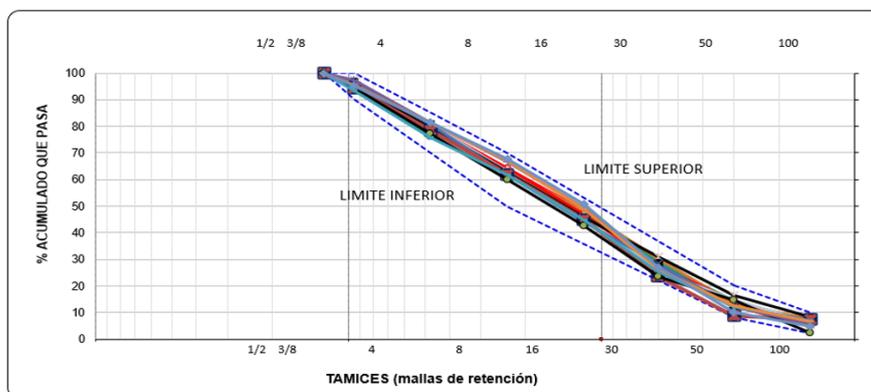
No.Registro	Fecha de Muestreo	Cartera	Muestreado Por	Humedad	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO % QUE PASA								MÓDULO DE FINEZA	TAMIZ N° 200
					12.50	9.50	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15		
					1/2"	3/8"	No. 04	No. 08	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100		
CJN-REG-ACC-001	1-Dio-21	AGREMAQS	A.AGURTO	9.42	100.0	96.0	80.0	64.1	48.4	28.8	12.6	4.9	3.66	3.05
CJN-REG-ACC-001	2-Dio-21	AGREMAQS	A.AGURTO	8.10	100.0	94.0	78.1	61.7	46.7	28.7	14.3	6.4	3.72	3.08
CJN-REG-ACC-001	3-Dio-21	AGREMAQS	LUIS VILLANUEVA	9.31	100.0	94.9	78.2	63.0	48.2	30.3	13.3	7.7	3.49	4.01
CJN-REG-ACC-001	4-Dio-21	AGREMAQS	LUIS VILLANUEVA	8.40	100.0	96.8	80.4	64.2	47.0	27.5	14.2	5.4	3.76	4.87
CJN-REG-ACC-001	5-Dio-21	AGREMAQS	LUIS VILLANUEVA	8.45	100.0	97.7	80.9	63.1	46.5	25.9	14.7	6.2	3.76	4.97
CJN-REG-ACC-001	6-Dio-21	AGREMAQS	LUIS VILLANUEVA	9.35	100.0	95.4	79.6	62.9	46.7	30.8	16.5	8.3	3.41	5.61
CJN-REG-ACC-001	7-Dio-21	AGREMAQS	LUIS VILLANUEVA	8.00	100.0	96.5	80.7	61.8	44.0	28.5	11.8	7.4	3.97	3.17
CJN-REG-ACC-001	8-Dio-21	AGREMAQS	LUIS VILLANUEVA	7.00	100.0	94.5	78.5	61.9	46.0	23.6	8.7	7.6	3.25	3.02
CJN-REG-ACC-001	9-Dio-21	AGREMAQS	A.AGURTO	7.58	100.0	94.6	77.2	59.8	42.5	23.6	14.8	2.4	3.32	3.34
CJN-REG-ACC-001	10-Dio-21	AGREMAQS	A.AGURTO	7.52	100.0	97.3	81.3	66.6	49.2	28.9	12.3	5.7	3.63	4.91
CJN-REG-ACC-001	11-Dio-21	AGREMAQS	A.AGURTO	7.06	100.0	93.4	75.9	61.6	44.7	25.4	12.1	6.8	3.80	3.81
CJN-REG-ACC-001	12-Dio-21	AGREMAQS	A.AGURTO	7.11	100.0	96.6	81.4	66.9	49.0	26.2	12.5	6.6	3.62	3.83
CJN-REG-ACC-001	13-Dio-21	AGREMAQS	A.AGURTO	6.53	100.0	95.3	81.4	67.7	50.8	26.9	10.0	4.9	3.63	4.42
CJN-REG-ACC-001	14-Dio-21	AGREMAQS	A.AGURTO	8.14	100.0	95.4	83.8	67.8	48.9	24.0	10.5	4.7	3.65	3.88
CJN-REG-ACC-001	15-Dio-21	AGREMAQS	A.AGURTO	8.70	100.0	92.4	76.8	62.9	45.3	21.8	11.4	6.0	3.83	3.82
CJN-REG-ACC-001	16-Dio-21	AGREMAQS	LUIS PEÑA	7.24	100.0	95.7	79.7	64.6	47.2	28.2	14.4	7.0	3.63	4.91
CJN-REG-ACC-001	17-Dio-21	AGREMAQS	LUIS PEÑA	7.44	100.0	96.9	78.5	60.2	43.1	28.9	15.8	5.3	3.79	3.85
CJN-REG-ACC-001	18-Dio-21	AGREMAQS	A.AGURTO	7.83	100.0	94.8	78.6	63.2	44.8	23.2	10.3	5.6	3.83	3.55
CJN-REG-ACC-001	19-Dio-21	AGREMAQS	A.AGURTO	6.92	100.0	95.1	79.8	65.5	47.4	25.7	12.5	7.8	3.73	3.68
CJN-REG-ACC-001	20-Dio-21	AGREMAQS	A.AGURTO	7.32	100.0	93.4	74.4	60.9	46.7	26.4	12.7	7.0	3.79	3.00
CJN-REG-ACC-001	21-Dio-21	AGREMAQS	A.AGURTO	6.14	100.0	96.4	79.3	64.8	48.0	27.4	13.2	7.7	3.63	3.37
CJN-REG-ACC-001	22-Dio-21	AGREMAQS	A.AGURTO	8.00	100.0	96.6	78.9	64.5	49.8	27.2	14.6	8.5	3.61	4.95
CJN-REG-ACC-001	23-Dio-21	AGREMAQS	LUIS VILLANUEVA	7.32	100.0	93.4	74.4	60.9	46.7	26.4	12.7	7.0	3.79	3.00
CJN-REG-ACC-001	24-Dio-21	AGREMAQS	LUIS VILLANUEVA	6.44	100.0	93.9	74.9	59.9	44.4	25.7	10.6	2.4	3.88	3.02
CJN-REG-ACC-001	25-Dio-21	AGREMAQS	LUIS VILLANUEVA	6.88	100.0	94.4	80.1	67.3	48.8	23.3	10.2	6.2	3.70	4.01
CJN-REG-ACC-001	26-Dio-21	AGREMAQS	LUIS VILLANUEVA	6.62	100.0	96.7	78.1	60.3	41.7	27.8	15.6	4.3	3.75	3.82
CJN-REG-ACC-001	27-Dio-21	AGREMAQS	LUIS VILLANUEVA	5.98	100.0	95.2	83.2	68.7	50.6	24.1	9.9	5.1	3.63	3.48
CJN-REG-ACC-001	28-Dio-21	AGREMAQS	LUIS VILLANUEVA	6.64	100.0	95.6	82.9	69.7	50.8	23.4	11.4	7.0	3.59	3.85
CJN-REG-ACC-001	29-Dio-21	AGREMAQS	LUIS VILLANUEVA	5.29	100.0	96.6	81.5	65.4	48.7	28.8	11.8	4.5	3.63	3.50
CJN-REG-ACC-001	30-Dio-21	AGREMAQS	ALEJANDRO	6.16	100.0	98.0	80.2	65.0	47.4	27.0	13.8	7.8	3.61	4.01
CJN-REG-ACC-001	31-Dio-21	AGREMAQS	ALEJANDRO	6.04	100.0	97.4	82.1	67.1	48.2	26.4	11.5	4.7	3.63	4.57

Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO

Figura 36

Granulometría del agregado mes de diciembre



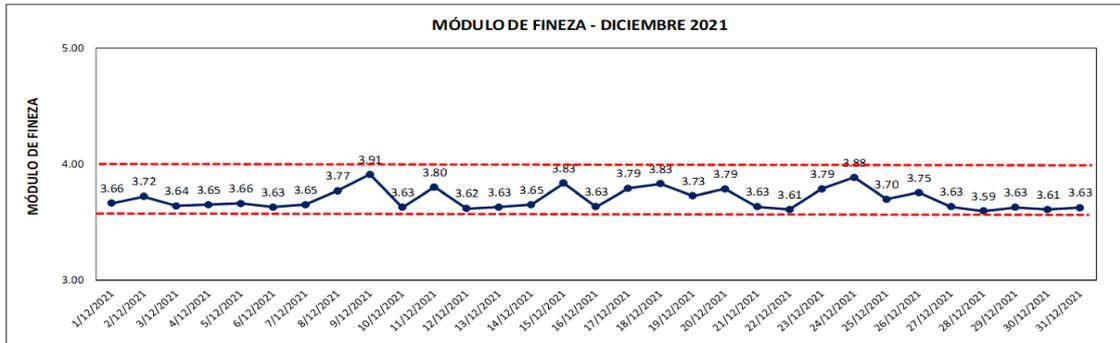
4.2.7.1 Módulo de Fineza

Los límites del módulo de fineza son 3.59 a 3.91 %, y la resultante promedio es de 3.70 %, lo cual se encuentra dentro del parámetro establecido.

Según ACI 506 - Parámetros de Gradación N°2 es de: 3.6% - 4.0%

Figura 37

Modulo de fineza – mes de diciembre



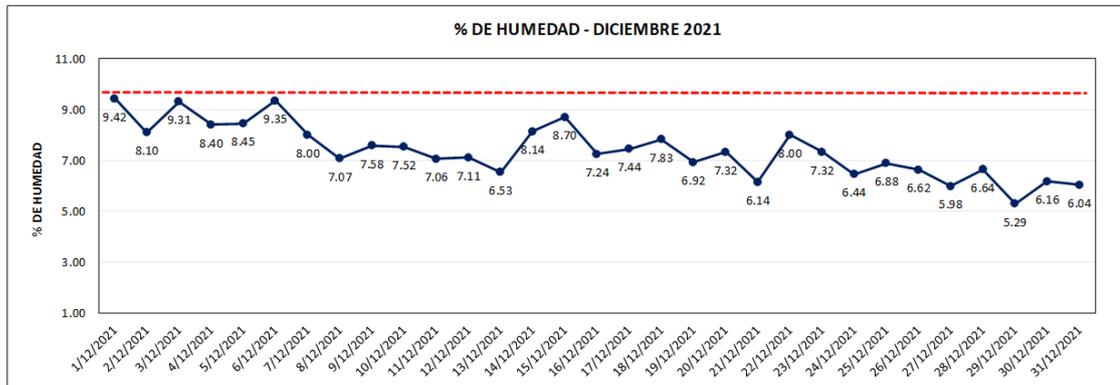
Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

4.2.7.2 Contenido de Humedad

“Norma de ensayo: ASTM C-566, determina el porcentaje de muestra de arena mediante el secado”, la humedad como máximo se recomienda 9%.

Figura 38

Porcentaje de humedad mes de diciembre



Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

No existe normativa en el Contenido de Humedad óptimo para la dosificación, sólo criterio y control del especialista.

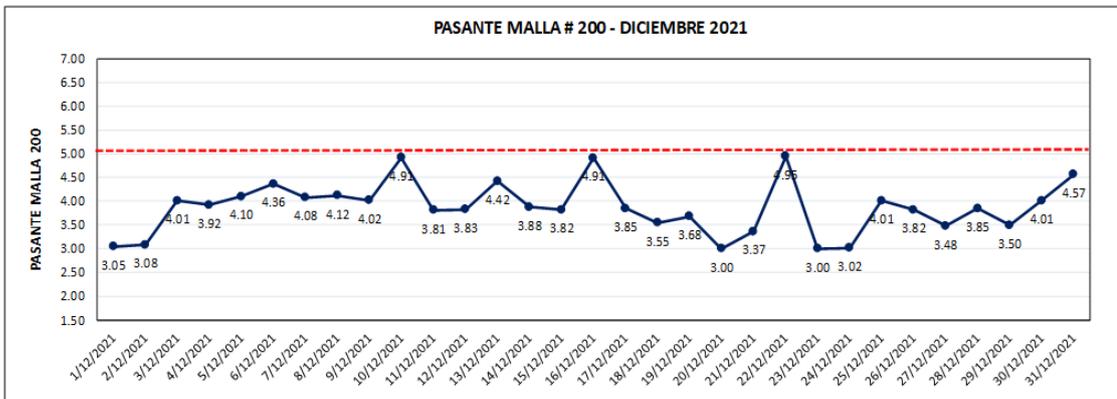
4.2.7.3 Porcentaje Pasante de la Malla N° 200

Los límites de malla N°200, son 3.0 % a 4.95 %, y la resultante promedio es de 3.87 %, lo cual se encuentra dentro del parámetro establecido.

Según ASTM C-33, el límite máximo de pasante de malla N° 200 es 5%.

Figura 39

Pasante de la malla N° 200 mes de diciembre



Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

4.2.7.4 Peso Específico y Porcentaje de Absorción ASTM C – 127

“Norma de Ensayo: ASTM C-127- determina el valor de absorción y el peso por unidad de volumen de la muestra sin considerar vacíos, tanto en condición seca como saturada superficialmente seca”, después de que la arena ha sido remojada en agua por 24 horas.

Figura 40

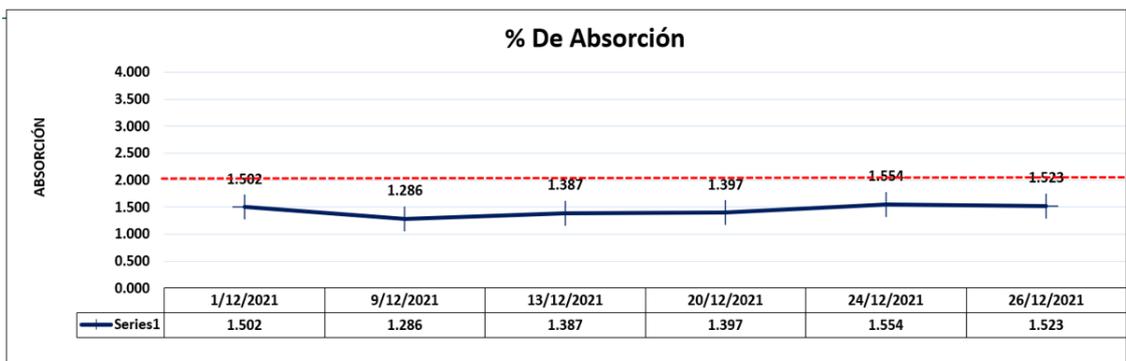
Peso específico mes de diciembre



Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

Figura 41

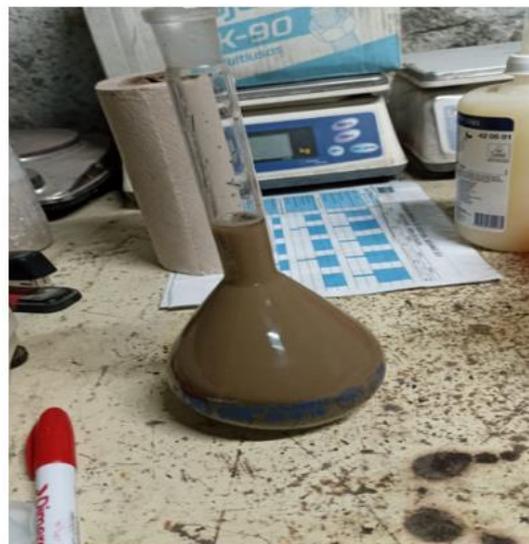
Porcentaje de Absorción mes de diciembre



Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

Figura 42

Medición del peso específico



4.2.7.5 Ensayo para determinar el peso unitario y rendimiento del Shotcrete ASTM C-138

Tabla 23

Peso unitario y rendimiento mes de diciembre 6 – 12 - 21

FECHA DE ENSAYO: 6/12/2021

I. PESO UNITARIO		MUESTRA 1	MUESTRA 2	
Vol. Recipiente		0.007080	0.007080	
Peso de la Muestra Suelta + Envase	Kg	18.09	19.9	
Peso del Envase	Kg	3.43	3.43	
Peso de la Muestra Suelta	Kg	14.660	16.470	
Constante		7.08	7.08	PROMEDIO
Peso Unitario	Kg/m ³	2070.6	2326	2198.4

Tabla 24

Peso unitario compactado mes de diciembre 6 – 12 - 21

I. PESO UNITARIO COMPACTADO		RESULTADOS
Peso Unitario de Diseño	Kg	2187.7
Peso Unitario Real Promedio	Kg	2198.4
Rendimiento		1.00
Contenido de Aire - Camara de Aire	%	8.2

El Rendimiento del Concreto debe estar en el rango de 0.98 a 1.01

Fecha: 18 de diciembre

Tabla 25

Peso unitario y rendimiento mes de diciembre 18 – 12 - 21

FECHA DE ENSAYO: 18/12/2021

I. PESO UNITARIO		MUESTRA 1	MUESTRA 2	
Vol. Recipiente		0.007080	0.007080	
Peso de la Muestra Suelta + Envase	Kg	18.945	19.12	
Peso del Envase	Kg	3.43	3.43	
Peso de la Muestra Suelta	Kg	15.515	15.690	
Constante		7.08	7.08	PROMEDIO
Peso Unitario	Kg/m ³	2191.4	2216	2203.7

Tabla 26

Peso unitario compactado mes de diciembre 18 – 12 - 21

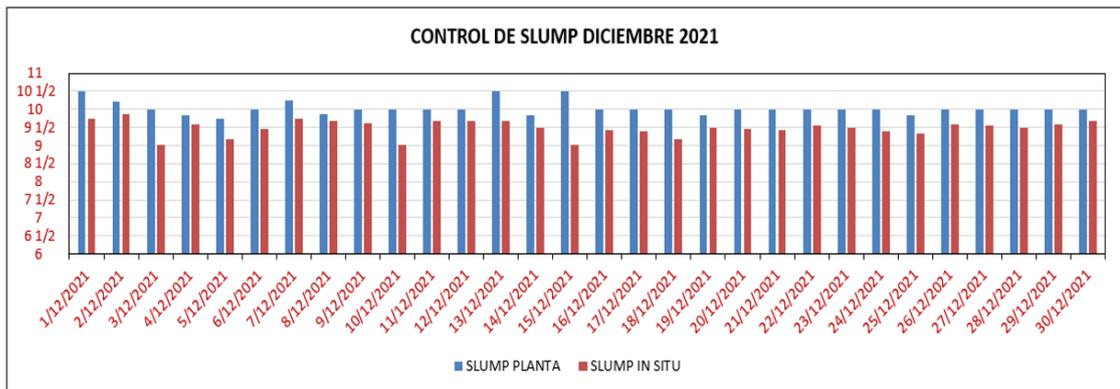
I. PESO UNITARIO COMPACTADO		RESULTADOS
Peso Unitario de Diseño	Kg	2187.7
Peso Unitario Real Promedio	Kg	2203.7
Rendimiento		1.01
Contenido de Aire - Camara de Aire	%	7

El Rendimiento del Concreto debe estar en el rango de 0.98 a 1.01

4.2.7.6 Ensayo de Slump ASTM C – 143

Figura 43

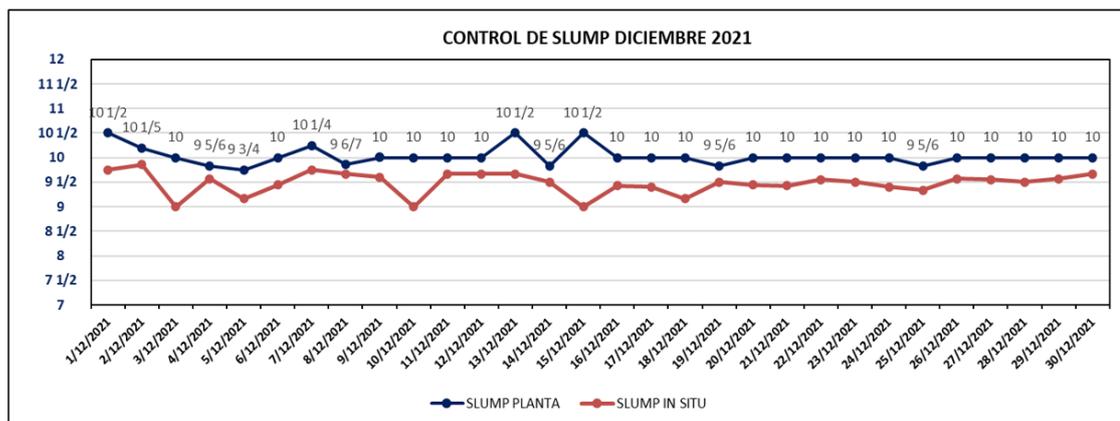
Control del slump diciembre 2021



Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

Figura 44

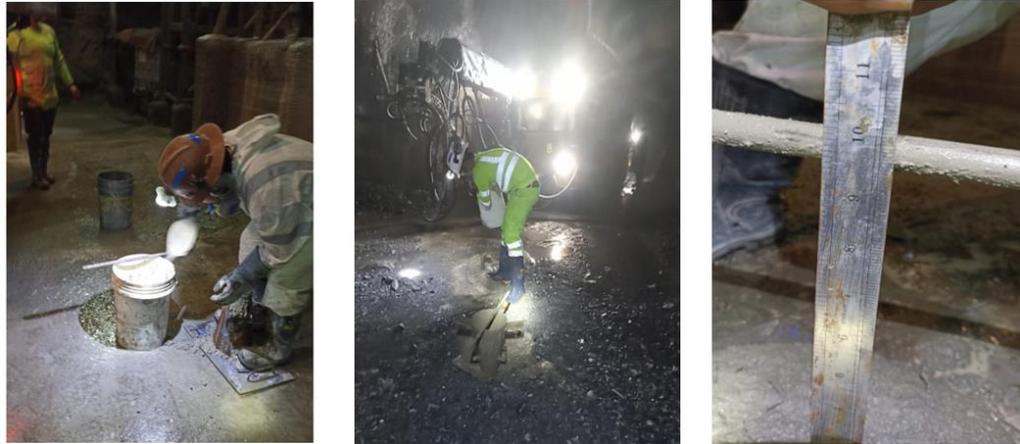
Control del slump por días mes de diciembre 2021



Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

Figura 45

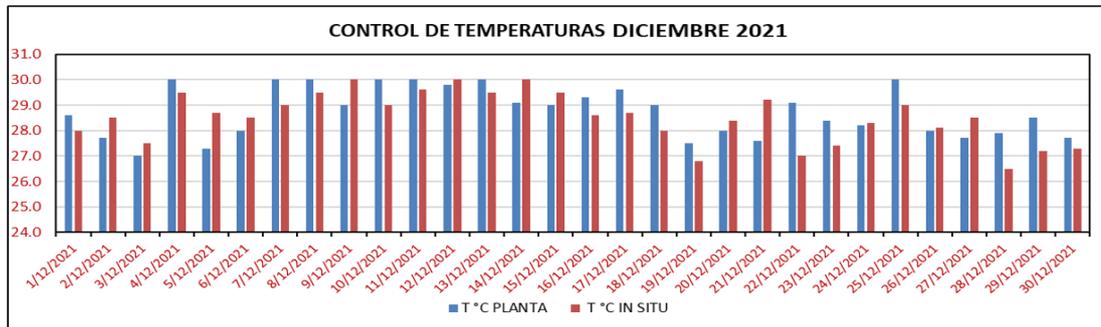
Control de la temperatura y slump



4.2.7.7 Control de Temperatura ASTM C- 1064

Figura 46

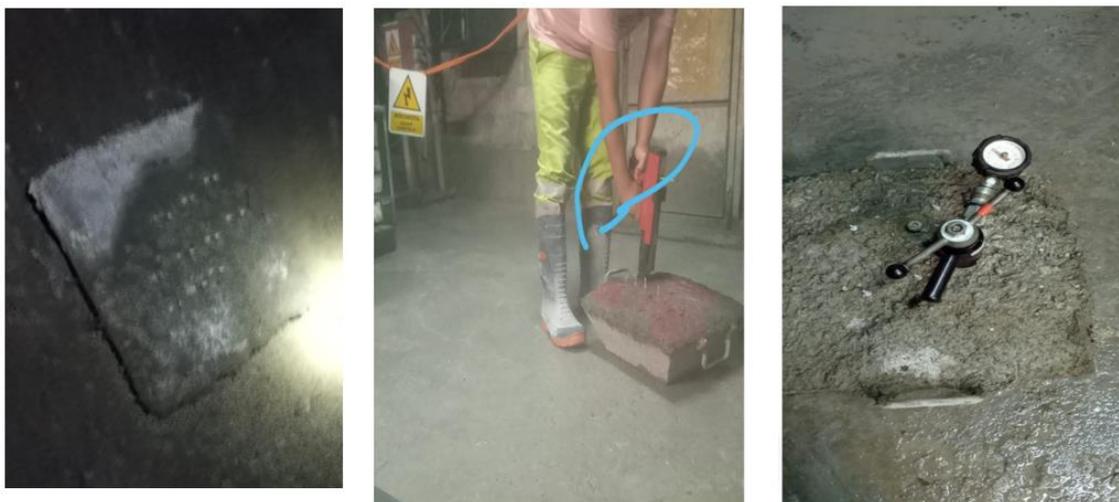
Control de temperaturas mes de diciembre



Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

Figura 47

Resistencia temprana



4.2.7.8 Fragua Inicial ASTM C – 403

“El Shotcrete de la clase J2 se utiliza en aplicaciones donde las capas más gruesas tienen que ser alcanzadas dentro de poco tiempo. Este tipo de hormigón pulverizado es adecuado en circunstancias difíciles, en caso de ligero flujo de agua y pasos de trabajo inmediatos posteriores como perforación y chorreado”

Tabla 27

Fragua inicial del shotcrete mes de diciembre

TENDENCIA		DATA	
TIEMPO	LBS/PLUG2	LABOR	TJ 8650 N C1
1.50	200	NIVEL	1175
2.00	260	HASTIAL	IZQUIERDO
2.60	320	HORA DE ENSAYO	21:45:00
3.40	360	TIEMPO DE LECTURA INICIAL	5.25
4.40	420	TIEMPO DE MAXIMA LECTURA	500
5.00	460	ADITIVO	L-33
5.25	500	% ADITIVO	6
5.40	580	TEMPERATURA DE MEZCLA	26
6.20	660	SLUMP	9 3/4
6.55	700	OPERADOR LANZADOR	TORRES
TENDENCIA DE FRAGUA			

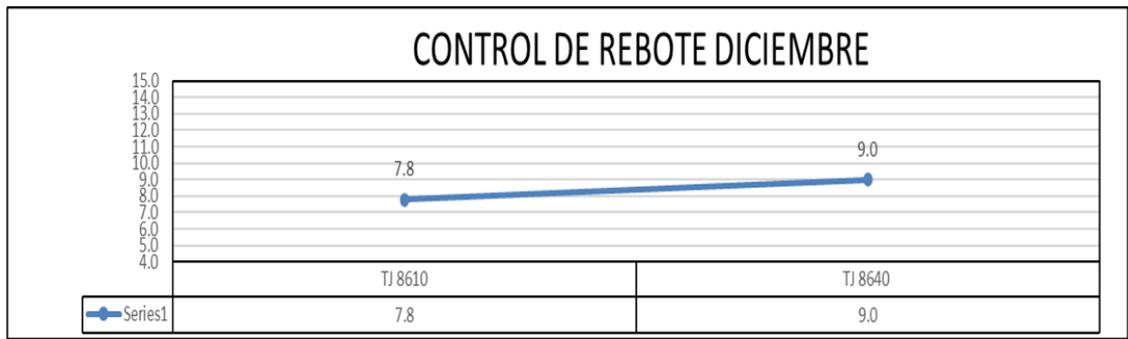
Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

Figura 48

Fragua inicial mes de diciembre

Figura 50

Tendencia del rebote mes de diciembre



Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

Figura 51

Pruebas de rebote



Tabla 29

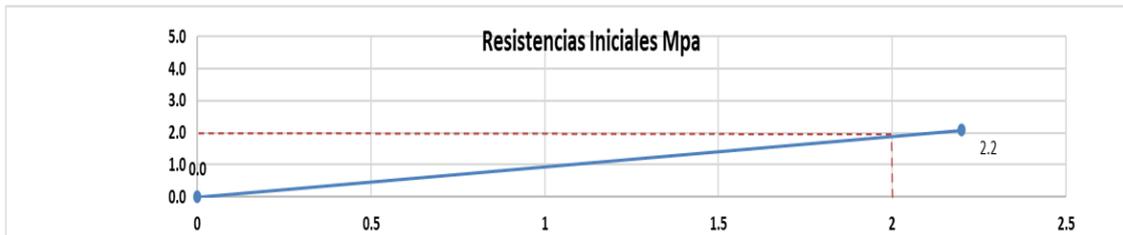
Resistencia tempranas del shotcrete en estado endurecido

Fecha: 26/12/2021		Tº Ambiente 26 °c		Tº Mezcla: 28 °c		Ensayado por LUIS PEÑA			
Op.Lanzador: CLAUDIO		Lugar: VITOC - CHANCHAMAYO		Labor de Lanzado: TJ 8670		0			
Tamaño del árido: T.M.N 1/2"		Cemento: A GRANEL		Acelerante: iUNITOC L-33 6 %		Plastificante: CON® ARE-9050(50%) 0.6 %			
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
HORA	Tiempo tras completars e en gunitado (h : min)	Tipo de perno / Longitud Total L_{tot} mm.	Saliente NVS mm.	Penetración $h_{nom} = L_{tot}$ NVS mm.	Lectura de la carga de tracción U_n kN	Carga de tracción real N_u' N	N_u' / h_{nom} N/mm.	Media N_u' / h_{nom} $N_u' / h_{nom} / 10$ N/mm.	Resistencia del Shotcrete $F'c$ (MPa)
$t_0 =$	0	TODAS LAS MEDICIONES Y CALCULOS ESTAN EN EL MISMO ORDEN DE COLOCACION DE PERNOS							
21:03:00	23:35:00	103	10	93	1	1000	10.8	13.4	2.09
			20	83	1.2	1200	14.5		
			22	81	1.05	1050	13.0		
			20	83	1.2	1200	14.5		
			21	82	1.1	1100	13.4		
			21	82	1.2	1200	14.6		
			18	85	1.1	1100	12.9		
			20	83	1	1000	12.0		
			21	82	1.2	1200	14.6		
			20	83	1.1	1100	13.3		
					$\Sigma =$	133.6			

Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

Figura 52

Resistencias iniciales mes de diciembre



Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

Figura 53

Tendencia de la fragua inicial mes de diciembre



Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

4.2.8 Resistencia a la Compresión del Shotcrete

Norma de Ensayo: ASTM C-39 determina la resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos de concreto.

El consolidado del mes de Noviembre:

Tabla 30

Resistencia a la compresión mes de noviembre

CONSOLIDADO - F'c NOVIEMBRE 2021									
# PANEL	# SERIE	LABOR	FECHA DE MUESTREO	EIDADES					
				7	7 DIAS %	14	14 DIAS %	28	28 DIAS %
1	198	TJ 8640 SUP.	1/11/2021	229	57%	310	78%	404	101%
2	199	TJ 8650	2/11/2021	284	71%	336	84%	415	104%
3	200	RP 8640 S	3/11/2021	266	67%	344	86%	416	104%
4	201	TJ 8650 N	4/11/2021	254	63%	341	85%	417	104%
5	202	TJ 8610 V1 S	6/11/2021	264	66%	338	85%	406	102%
6	203	TJ 8640 S	7/11/2021	261	65%	324	81%	407	102%
7	204	TJ 8640 N C4	8/11/2021	235	59%	323	81%	401	100%
8	205	TJ 8640	9/11/2021	246	61%	337	84%	402	101%
9	206	TJ 8650	11/11/2021	263	66%	373	93%	405	101%
10	207	TJ 8630	12/11/2021	246	62%	328	82%	439	110%
11	208	TJ 8640 S	14/11/2021	267	67%	341	85%	425	106%
12	209	TJ 8640 S C3	15/11/2021	239	60%	388	97%	407	102%
13	210	TJ 8640 S	17/11/2021	238	60%	349	87%	415	104%
14	211	TJ 8610	18/11/2021	261	65%	329	82%	418	105%
15	212	TJ 8650	19/11/2021	271	68%	319	80%	404	101%
16	213	TJ 8640 S	20/11/2021	276	69%	322	81%	411	103%
17	214	TJ 8650	21/11/2021	271	68%	271	68%	405	101%
18	215	TJ 8660	21/11/2021	242	60%	319	80%	417	104%
19	216	TJ 8640 SUR	22/11/2021	260	65%	304	76%	401	100%
20	217	TJ 8640 NORTE	22/11/2021	246	62%	313	78%	406	102%
21	218	TJ 8610 CAM3 SUR	23/11/2021	253	63%	298	75%	404	101%
22	219	TJ 8610 C3 SUR	24/11/2021	260	65%	304	76%	421	105%
23	220	TJ 8640 CRR 1 SUR	25/11/2021	267	67%	313	78%	418	105%
24	221	TJ 8650	25/11/2021	246	62%	298	75%	417	104%
25	222	TJ 8610 C3 SUR	26/11/2021	249	62%	309	77%	418	105%
26	223	TJ 8640 N C3	27/11/2021	240	60%	299	75%	406	102%
27	224	TJ 8610 N	29/11/2021	259	65%	314	79%	426	107%
28	225	TJ 8630 N C4	30/11/2021	263	66%	314	79%	399	100%

Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

La resultante promedio del desarrollo de resistencias a la compresión uniaxial del mes de noviembre del 2021.

Tabla 31

Promedio de la resistencia a la compresión mes de noviembre

DIAS	PROMEDIO	%
7	255	64%

DIAS	PROMEDIO	%
14	324	81%

DIAS	PROMEDIO	%
28	412	103%

4.2.8.1 Resistencia a la Flexo Tracción

Norma de Ensayo: EN 14488-5 Ensayo de concreto lanzado para la determinación de la capacidad de absorción de energía en paneles cuadrados reforzados con fibra.

La Resultante del Ensayo de Absorción de Energía del mes de noviembre del 2021 es de:

Tabla32

Resistencia a la flexo tracción mes de noviembre

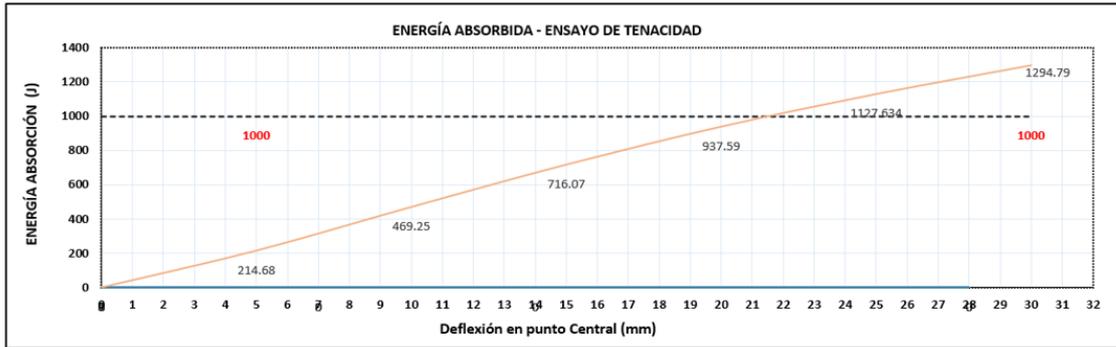
ENSAYO DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA											
#	FIBRA	LABOR	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ROTURA	0	0-5 mm	0-10 mm	0-15 mm	0-20 mm	0-25 mm	0-30 mm
P-40	SINTETICA	TJ 8640	27/11/2021	25/12/2021	0	214.68	469.25	716.07	937.59	1127.63	1294.79
P-41	SINTETICA	AC 8651	29/11/2021	27/12/2021	0	108.39	377.61	640.27	870.87	1066.55	1219.62

DIAS	PROMEDIO	%
28	1097.09	110

Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

Figura 54

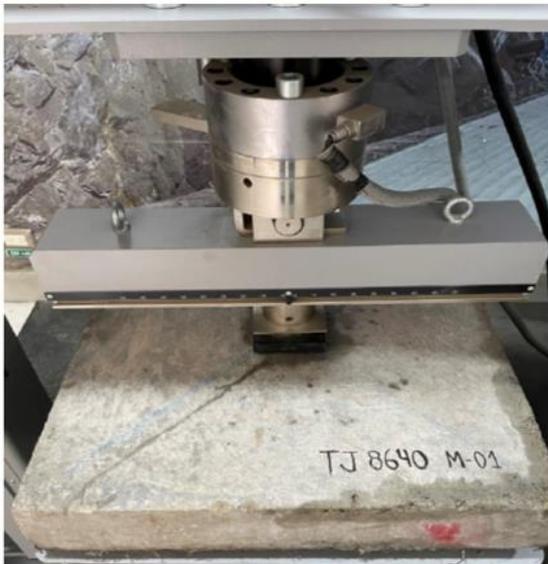
Energía absorbida, ensayo de tenacidad mes de noviembre



Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

Figura 55

Pruebas de flexo tracción



4.3 Prueba de hipótesis

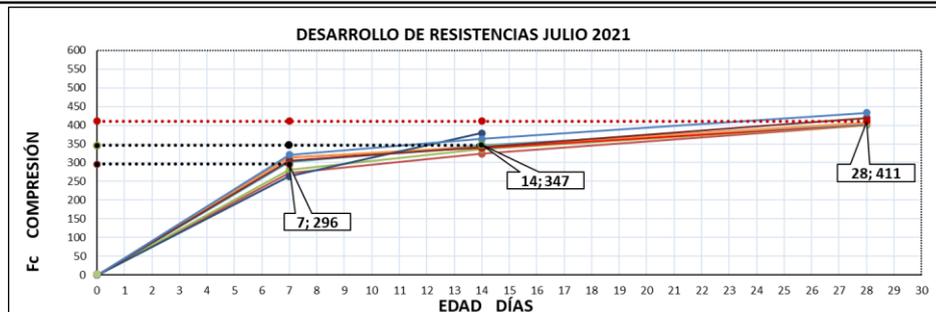
4.3.1. Hipótesis generales

Considerando los resultados obtenidos la calidad de los parámetros del shotcrete es influenciada de manera favorable al usar fibras sintéticas, se realizó la prueba de hipótesis con los ensayos respectivos, en “la compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente” según las normas establecidas por las normas técnicas del shotcrete.

Tenemos un buen comportamiento en el aumento de la resistencia al impacto y a la abrasión de los hormigones, seguridad y facilidad de manejo para operarios y equipos.

Y en general, el uso de fibra sintética para hormigón tiene un buen incremento en las propiedades a tracción por flexión, resistencia a impacto y la capacidad de absorción de energía, al disipar de forma satisfactoria los esfuerzos.

COMPRESION DE TESTIGOS DIAMANTINOS														
PROYECTO:		SOSTENIMIENTO MECANIZADO CON SHOTCRETE - VIA HUMEDA												
CLIENTE:		UNIDAD MINERA RAURA												
UBICACION:		INTERIOR MINA												
RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE TESTIGOS DE CONCRETO - A.S.T.M. C-39														
Nro DE SERIE	FECHA DE MOLDEO	EDAD (DIAS)	FECHA DE ROTURA	LABOR	CARGA	DIAMETRO (CM)	ALTURA (H)	RELACION (H/D)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	f _c (Kg/cm ²)	%	PROMEDIO	PROMEDIO	ENSAYO
119	2/07/2021	7	9/07/2021	RP 8600	5086.1	4.90	11.0	2.24	270	400	68%	273	68%	CJNETCOM
	2/07/2021	7	9/07/2021		5212.3	4.90	10.0	2.04	276	400	69%			
	2/07/2021	14	16/07/2021		6373.8	4.90	10.0	2.04	338	400	85%	324	81%	CJNETCOM
	2/07/2021	14	16/07/2021		5853.7	4.90	10.0	2.04	310	400	78%			
	2/07/2021	28	30/07/2021		7598.1	4.90	10.0	2.04	403	400	101%			
2/07/2021	28	30/07/2021	7497.5	4.90	10.0	2.04	398	400	100%	401	100%	CJNETCOM		
120	4/07/2021	7	11/07/2021	TJ 8610N	5248.6	4.90	11.0	2.24	278	400	70%	281	70%	CJNETCOM
	4/07/2021	7	11/07/2021		5364.1	4.90	10.0	2.04	284	400	71%			
	4/07/2021	14	18/07/2021		6348.1	4.90	10.0	2.04	337	400	84%	336	84%	CJNETCOM
	4/07/2021	14	18/07/2021		6290.7	4.90	10.0	2.04	334	400	84%			
	4/07/2021	28	1/08/2021		7617.0	4.90	10.0	2.04	404	400	101%			
4/07/2021	28	1/08/2021	7444.0	4.90	10.0	2.04	395	400	99%	400	100%	CJNETCOM		
121	6/07/2021	7	13/07/2021	TJ 8630	5988.5	4.90	11.0	2.24	318	400	80%	313	78%	CJNETCOM
	6/07/2021	7	13/07/2021		5812.2	4.90	10.0	2.04	308	400	77%			
	6/07/2021	14	20/07/2021		6410.0	4.90	10.0	2.04	340	400	85%	340	85%	CJNETCOM
	6/07/2021	14	20/07/2021		6397.5	4.90	10.0	2.04	339	400	85%			
	6/07/2021	28	3/08/2021		7378.0	4.90	10.0	2.04	391	400	98%			
6/07/2021	28	3/08/2021	7810.9	4.90	10.0	2.04	414	400	104%	403	101%	CJNETCOM		
122	9/07/2021	7	16/07/2021	TJ 8610N	5724.1	4.90	11.0	2.24	304	400	76%	301	75%	CJNETCOM
	9/07/2021	7	16/07/2021		5622.8	4.90	10.0	2.04	298	400	75%			
	9/07/2021	14	23/07/2021		6351.0	4.90	10.0	2.04	337	400	84%	347	87%	CJNETCOM
	9/07/2021	14	23/07/2021		6726.0	4.90	10.0	2.04	357	400	89%			
	9/07/2021	28	6/08/2021		7718.0	4.90	10.0	2.04	409	400	102%			
9/07/2021	28	6/08/2021	7487.0	4.90	10.0	2.04	397	400	99%	403	101%	CJNETCOM		
123	11/07/2021	7	18/07/2021	TJ 8630	5804.2	4.90	11.0	2.24	308	400	77%	313	78%	CJNETCOM
	11/07/2021	7	18/07/2021		6004.8	4.90	10.0	2.04	318	400	80%			
	11/07/2021	14	25/07/2021		5973.0	4.90	10.0	2.04	317	400	79%	343	86%	CJNETCOM
	11/07/2021	14	25/07/2021		6943.5	4.90	10.0	2.04	368	400	92%			
	11/07/2021	28	8/08/2021		6142.2	4.90	10.0	2.04	326	400	82%			
11/07/2021	28	8/08/2021	9189.5	4.90	10.0	2.04	487	400	122%	407	102%	CJNETCOM		
124	12/07/2021	7	19/07/2021	TJ 8630	4925.4	4.90	10.0	2.04	261	400	65%	264	66%	CJNETCOM
	12/07/2021	7	19/07/2021		5018.6	4.90	10.0	2.04	266	400	67%			
	12/07/2021	14	26/07/2021		7593.4	4.90	10.0	2.04	403	400	101%	379	95%	CJNETCOM
	12/07/2021	14	26/07/2021		6700.7	4.90	10.0	2.04	355	400	89%			
	12/07/2021	28	9/08/2021		6400.3	4.90	10.0	2.04	339	400	85%			
12/07/2021	28	9/08/2021	9417.1	4.90	10.0	2.04	499	400	125%	419	105%	CJNETCOM		
125	14/07/2021	7	21/07/2021	TJ 8610	5589.3	4.90	10.0	2.04	296	400	74%	306	76%	CJNETCOM
	14/07/2021	7	21/07/2021		5937.1	4.90	10.0	2.04	315	400	79%			
	14/07/2021	14	28/07/2021		6158.4	4.90	10.0	2.04	327	400	82%	342	85%	CJNETCOM
	14/07/2021	14	28/07/2021		6715.1	4.90	10.0	2.04	356	400	89%			
	14/07/2021	28	11/08/2021		8275.6	4.90	10.0	2.04	439	400	110%			
14/07/2021	28	11/08/2021		4.90	10.0	2.04	0	400	0%	220	55%	CJNETCOM		
126	15/07/2021	7	22/07/2021	TJ 8610	6010.8	4.90	10.0	2.04	319	400	80%	322	80%	CJNETCOM
	15/07/2021	7	22/07/2021		6100.4	4.90	10.0	2.04	324	400	81%			
	15/07/2021	14	29/07/2021		6706.4	4.90	10.0	2.04	356	400	89%	364	91%	CJNETCOM
	15/07/2021	14	29/07/2021		7001.4	4.90	10.0	2.04	371	400	93%			
	15/07/2021	28	12/08/2021		8403.3	4.90	10.0	2.04	446	400	112%			
15/07/2021	28	12/08/2021	7945.9	4.90	10.0	2.04	421	400	105%	434	108%	CJNETCOM		



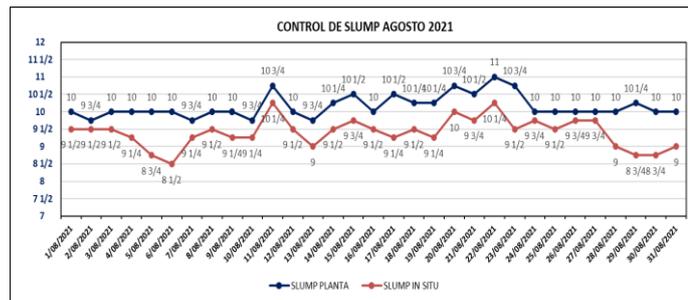
Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propia)

4.3.2. Hipótesis específicas

a. Corresponde “si Influye en los resultados de la calidad del slump del shotcrete al usar fibras sintéticas, en “la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente

Con los controles que se recopiló la calidad del slump, si influye de manera óptima los resultados para llevar un mejor control se toma muestras al momento de salir de planta e inmediatamente después de sostener

FECHA	SLUMP PLANTA	SLUMP IN SITU
1/08/2021	10	9 1/2
2/08/2021	9 3/4	9 1/2
3/08/2021	10	9 1/2
4/08/2021	10	9 1/4
5/08/2021	10	8 3/4
6/08/2021	10	8 1/2
7/08/2021	9 3/4	9 1/4
8/08/2021	10	9 1/2
9/08/2021	10	9 1/4
10/08/2021	9 3/4	9 1/4
11/08/2021	10 3/4	10 1/4
12/08/2021	10	9 1/2
13/08/2021	9 3/4	9
14/08/2021	10 1/4	9 1/2
15/08/2021	10 1/2	9 3/4
16/08/2021	10	9 1/2
17/08/2021	10 1/2	9 1/4
18/08/2021	10 1/4	9 1/2
19/08/2021	10 1/4	9 1/4
20/08/2021	10 3/4	10
21/08/2021	10 1/2	9 3/4
22/08/2021	11	10 1/4
23/08/2021	10 3/4	9 1/2
24/08/2021	10	9 3/4
25/08/2021	10	9 1/2
26/08/2021	10	9 3/4
27/08/2021	10	9 3/4
28/08/2021	10	9
29/08/2021	10 1/4	8 3/4
30/08/2021	10	8 3/4
31/08/2021	10	9



Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración personal)

b. Corresponde a.” El comportamiento de la resistencia a la compresión del shotcrete y a la absorción de energía es superior, al usar fibras sintéticas, en “la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente”

Se valido el uso de todas las muestras ensayadas correspondientes al análisis al shotcrte en estado fresco de RCU y a la absorción de energía

- Resultado de RCU mayores a 400 kg/cm²
- Resultado de absorción de energía mayores a 1000 j

4.4 Discusión de resultados

El uso de las fibras sintéticas en el shotcrete en la Mina San Vicente trajo consigo varias mejoras como:

Se pudo reducir las fisuras, se disminuyó la permeabilidad, se incrementó la resistencia a la abrasión al impacto como al fracturamiento.

El análisis de calidad del concreto con fibras sintéticas se realiza en forma mensual, controlándose los siguientes parámetros % de humedad, % malla N° 200, % módulo de fineza, peso específico, % de absorción; análisis al shotcrete en estado fresco donde se controló el slump, la temperatura, la fragua inicial; el análisis de shotcrete endurecido donde se controló la resistencia inicial, resistencia a la compresión, resistencia a la flexo tracción.

El límite de fineza se encuentra entre 3.25 % a 3.91 % hallándose dentro del parámetro establecido según ACI 506 que dice que debe estar ENTRE 3.6% A 4.0%.

El control de humedad se halla dentro de la norma ASTM C-566, que dice que la humedad como máximo se debe encontrar en 9%.

El porcentaje pasante de la malla N° 200 se halla entre 2.01 % a 5.5 %, el promedio está en 3.99 %, lo que se encuentra en el límite máximo de pasante malla N° 200 de 5 % según ASTM C – 33.

El peso específico y el porcentaje de absorción de acuerdo a la norma ASTM C – 127 se encuentran dentro de los rangos establecidos, estos valores son:

Peso específico de 2.665 a 2.680

Porcentaje de absorción de 0.990 % a 1.504 %

Considerados como normales.

Ensayos al shotcrete en estado fresco

El slump de acuerdo a ASTM – 143 se encuentra en los siguientes valores:

Slump en planta: 9.5 a 10.5

Slump in situ: 9 a 10

La temperatura evaluada de acuerdo a ASTM – 1064 se halla en:

Temperatura en planta: 27° C a 29° C

Temperatura in situ: 26° C a 29° C

La fragua inicial de acuerdo a la norma ASTM C – 403 que dice que a los 10 minutos debe estar en 500 lb/pulg², en el caso de la mina la fragua a los 5.16 minutos se encontraba en 500 lb/pulg².

En cuanto al rebote se encontraba entre 8.4 % a 10.2 % con una tendencia a la baja.

Ensayos al shotcrete en estado endurecido

La resistencia de la fragua del shotcrete es de 2.3 Mpc en un tiempo de 2 horas.

La resistencia a la compresión del shotcrete de acuerdo a la norma ASTM C – 39 en promedio es de:

A los 7 días promedio 271 Mpc llegando a un 68 %

A los 14 días promedio 343 Mpc llegando a un 86 %

A los 28 días promedio 420 Mpc llegando a un 105 %

La resistencia a la flexo tracción de acuerdo a la norma EN 14488 – 5 se tiene a los 28 días de 1004.65 Mpc.

CONCLUSIONES

1. El uso de las fibras sintéticas en el shotcrete en la Mina San Vicente trajo consigo varias mejoras como:

Se pudo reducir las fisuras, se disminuyó la permeabilidad, se incrementó la resistencia a la abrasión al impacto como al fracturamiento.

2. Los ensayos realizados al agregado fino (arena) Se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

Tabla 33

Ensayos realizados al agregado

ENSAYOS	PARAMETROS	RESULTANTES	CONFORMIDAD
% HUMEDAD	RECOMENDACIÓN < 9	6.23	ACEPTABLE
% MALLA N° 200	< 5	3.63	ACEPTABLE
% MODULO DE FINEZA	> 3.6 - < 4	3.66	ACEPTABLE
PESO ESPECIFICO	> 2.4 - < 2.8	2.672	ACEPTABLE
·% ABSORCIÓN	> 0.5	1.204	ACEPTABLE

3. En cuanto al Análisis al Shotcrete en Estado Fresco

Los ensayos al shotcrete en estado Fresco se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

Tabla 34

Ensayos del shotcrete en estado fresco

ENSAYOS	PARAMETROS	RESULTANTES	CONFORMIDAD
CONTROL DE SLUMP	RHEOPLASTICO 8 " – 10 "	9 3/4 "	ACEPTABLE
CONTROL DE TEMPERATURA	> 13° < 32°	27.8	ACEPTABLE

Al medir la resistencia de la Fragua Inicial con el Penetrómetro Manual, se logró la lectura promedio inicial a los 5.16 min – 500 lb/pulg².

4. Análisis al Shotcrete en Estado endurecido, se obtuvo:

- al realizar el Ensayo de resistencia inicial del Shotcrete, se obtiene un promedio de 2.36 Mpa en 2 horas
- la Resistencia a la Compresión del shotcrete en el mes de octubre se obtiene los siguientes resultados

Los resultados a 7 días el promedio, están en 271 kg/cm²

Los resultados a 14 días el promedio, están en 343 kg/cm²

Los resultados a 28 días el promedio, están en 420 kg/cm²

- Resistencia a la Flexo Tracción:

El promedio de resultados a los 28 días es de 1004.5 J

RECOMENDACIONES

1. Realizar un control permanente de la calidad de los parámetros del shotcrete para poder mantener una alta eficiencia de este proceso
2. Contar con una programación de las labores que necesitan sostenimiento con shotcrete, para poder evitar atrasos o contratiempos en las operaciones
3. Se debe contar con personal permanente y competente para el área de control de calidad del shotcrete y no improvisar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aragon y Cornejo, M. (2017). *“INFLUENCIA DE LAS FIBRAS EN EL SHOTCRETE EN SU CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA Y RESISTENCIA A LA FLEXIÓN”*. [Tesis de licenciamiento U.N. San Agustín de Arequipa]repositorio institucional U.N. San Agustín de Arequipa.
- Carpio, A. (2021). *“SELECCIÓN DE FIBRAS Y DISEÑO PARA SHOTCRETE EN LA CONSTRUCCIÓN DEL BY PASS DEL NIVEL 4540 EN LA U.P. TAMBOMAYO – AREQUIPA”*. [Tesis de licenciamiento. U.N. de San Antonio Abad del Cusco]repositorio institucional U.N. de San Antonio Abad del Cusco.
- Laurente, R. (2017). *Uso de shotcrete vía húmeda con fibra metálica y su influencia en la caída de rocas en Sociendad Minera Corona S.A. - Yauricocha*. [tesis de licenciamiento, U.N. del Centro del Perú] repositorio institucional U.N. del Centro del Perú.
- Melbye, T. (2002). *SHOTCRETE PARA SOPORTE DE ROCAS*. Degussa Construction Chemicals .
- 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 licenciamiento Universidad Cesar Vallejo] repositorio institucional Universidad Cesar Vallejo.
- Rivera, E. (2020). *PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO DE REUTILIZACIÓN DE FIBRA DE POLIPROPILENO RECUPERADA EN HORMIGÓN PROYECTADO. CASO ESTUDIO: PROYECTO CHUQUICAMATA SUBTERRÁNEO*. [tesis de licenciamiento Universidad de Chile] repositorio institucional Univeridad de Chile.
- Rojas , M. (2020). *Optimización en la extracción de mineral mediante la construcción de un ore pass en el nivel 1515 de la unidad minera San Vicente de la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S. A. A.*

- SENCICO. (2019). *PROPUESTA DE NORMA E. 060 CONCRETO ARMADO*.
- SIKA. (2011). *Concreto reforzado con fibras*.
- SIMSA . (2018). Geomecanica de la mina San Vicente - Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A. .
- Tufino, D. (2009). *VARIACIÓN DE RESISTENCIAS VS. EDADES Y RELACIÓN A/C CON CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL)*. [tesis de licenciamiento U. Ricardo Palma]repositorio institucional U. Ricardo Palma.
- UNACEM. (2019). ficha tecnica, cemento andino premium.

ANEXOS

Diseño de Mezcla de concreto, sostenimiento mecanizado con shotcrete, via húmeda

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO					
PROYECTO:	SOSTENIMIENTO MECANIZADO CON SHOTCRETE - VÍA HUMEDAD				
CLIENTE:	CÍA. MINERA SIMSA				
UBICACIÓN:	INTERIOR MINA RP 240 (-) NV 1515				
FECHA DE ENSAYO:	20/03/2021				
CARACTERÍSTICAS GENERALES					
Cemento ANDINO Tipo I					3.15 gr/cm ³
Plastificante - DISPER WR					1.08 gr/cm ³
Acelerante de Fragua - GUNITOC L33 PLUS					1.48 gr/cm ³
Fibra SINTETICA - MPH FIBER PLUS					0.91 gr/cm ³
AGREGADO GLOBAL					
Peso Unitario Suelto					1660 kg/m ³
Peso Unitario Varillado					1818 kg/m ³
Peso Específico					2.622 gr/cm ³
Absorción					1.184 %
Tamaño Máximo Nominal					3/8" pulgadas
CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS					
Resistencia a la Compresión					400 kg/cm ²
Revenimiento					9 3/4" pulgadas
Relación a/c					0.40
DISEÑO SECO					
	PESO	Kg/m³	VOLUMEN	L/m³	
CEMENTO	440.0		139.7		
ARENA	1516.3		578.3		
AGUA	175.0		175.0		
DISPER WR	2.81		2.6		
GUNITOC L33 PLUS	26.4		17.8		
FIBRA MPH FIBER PI	6.0		6.6		
AIRE	0.0		80		
TOTAL	2166.48	Kg/m³	1000	L/m³	
PROPORCIONES EN PESO Y VOLUMEN					
	TANDA	0,1 M3		TANDA	0,05 M3
Cemento	44	Bls		22	Bls
Agregado	151.63	kg		75.81	kg
Agua	17.50	Lt		8.75	Lt
QC - CJ NETCOM			RESIDENCIA - CJ NETCOM		
FIRMA:			FIRMA:		
RESPONSABLE	BACH. JUAN CARLOS ANDAMAYO		RESPONSABLE	ING. FRANKLY FERNANDEZ	
FECHA	30/06/2021		FECHA	30/06/2021	

Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración)

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA EN EL TJ 8650 CON FIBRA SINTÉTICA

(FLEXIÓN CON CARGA CENTRADA EN LOSAS CUADRADAS DE SHOTCRETE CON FIBRAS, APOYADA EN SUS CUATRO EXTREMOS)

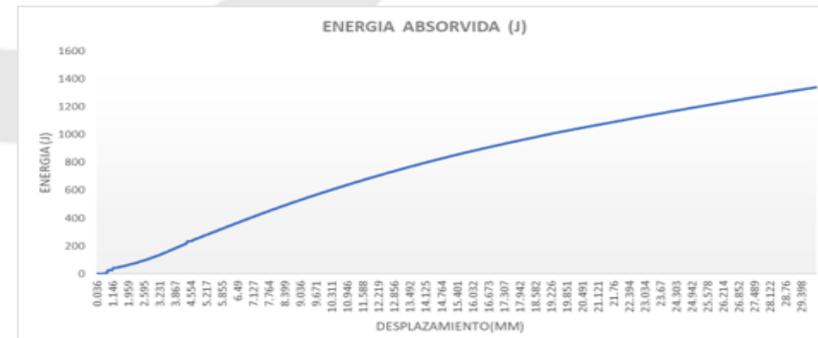
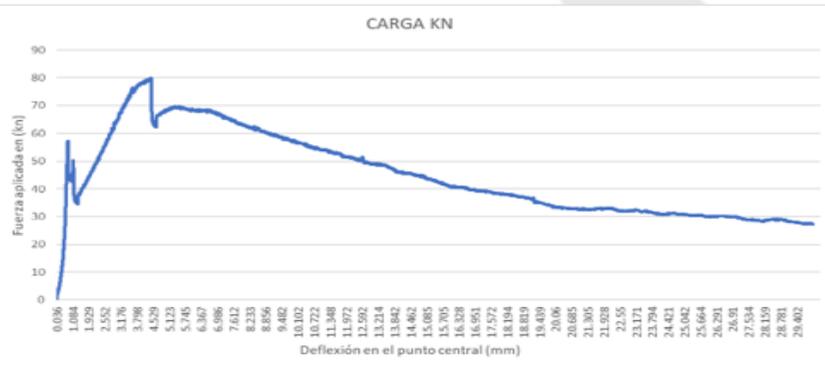
NORMA DE ENSAYO
SOLICITANTE
MUESTRAS
PROCEDENCIA
FECHA DE FABRICACIÓN
FECHA DE ENSAYO
CONDICIONES DE MUESTRA
COND. AMBIENTALES

EFNARC 1996
COMPAÑÍA MINERA SIMSA
01 Losa Cuadrada de shotcrete reforzada con fibra SINTÉTICA, elaborada por CJ NETCOM
COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A. – SAN RAMON VITOC- CHANCHAMAYO-JUNIN
11 DE NOVIEMBRE 2021
09 DE DICIEMBRE DEL 2021
Curado en cuarto húmedo del Laboratorio.
Ensayo en condiciones ambientales de MINA

(T= 26°C y 85%HR, aprox.)


RENATO MAURICIO
MALAGA PONCE
Ingeniero Civil
CIP N° 44830

Identificación Muestra/panel	Parámetro Medio	Valores registrados y/o calculados						0-Final Ensayo"
		Máxima Alcansada	0-5 mm	0-10 mm	0-15 mm	0-20 mm	0-25 mm	
TJ 8650	Carga (KN)	27.293	68.582	58.82	43.921	33.611	30.728	27.293
	Deflexión (mm)	30.000	5.001	10.000	15.001	20.000	25.000	30.001
	Energ.Abs.(J)	1339.024	264.134	585.812	837.892	1031.994	1192.929	1339.024



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL DEL MES DE Noviembre DEL 2021, RESISTENCIA MAYOR A 400

Kg/cm²

CONSOLIDADO - Fc NOVIEMBRE 2021									
# PANEL	# SERIE	LABOR	FECHA DE MUESTREO	EIDADES					
				7	7 DIAS %	14	14 DIAS %	28	28 DIAS %
1	198	TJ 8640 SUP.	1/11/2021	229	57%	310	78%	404	101%
2	199	TJ 8650	2/11/2021	284	71%	336	84%	415	104%
3	200	RP 8640 S	3/11/2021	266	67%	344	86%	416	104%
4	201	TJ 8650 N	4/11/2021	254	63%	341	85%	417	104%
5	202	TJ 8610 V1 S	6/11/2021	264	66%	338	85%	406	102%
6	203	TJ 8640 S	7/11/2021	261	65%	324	81%	407	102%
7	204	TJ 8640 N C4	8/11/2021	235	59%	323	81%	401	100%
8	205	TJ 8640	9/11/2021	246	61%	337	84%	402	101%
9	206	TJ 8650	11/11/2021	263	66%	373	93%	405	101%
10	207	TJ 8630	12/11/2021	246	62%	328	82%	439	110%
11	208	TJ 8640 S	14/11/2021	267	67%	341	85%	425	106%
12	209	TJ 8640 S C3	15/11/2021	239	60%	388	97%	407	102%
13	210	TJ 8640 S	17/11/2021	238	60%	349	87%	415	104%
14	211	TJ 8610	18/11/2021	261	65%	329	82%	418	105%
15	212	TJ 8650	19/11/2021	271	68%	319	80%	404	101%
16	213	TJ 8640 S	20/11/2021	276	69%	322	81%	411	103%
17	214	TJ 8650	21/11/2021	271	68%	271	68%	405	101%
18	215	TJ 8660	21/11/2021	242	60%	319	80%	417	104%
19	216	TJ 8640 SUR	22/11/2021	260	65%	304	76%	401	100%
20	217	TJ 8640 NORTE	22/11/2021	246	62%	313	78%	406	102%
21	218	TJ 8610 CAM3 SUR	23/11/2021	253	63%	298	75%	404	101%
22	219	TJ 8610 C3 SUR	24/11/2021	260	65%	304	76%	421	105%
23	220	TJ 8640 CRR 1 SUR	25/11/2021	267	67%	313	78%	418	105%
24	221	TJ 8650	25/11/2021	246	62%	298	75%	417	104%
25	222	TJ 8610 C3 SUR	26/11/2021	249	62%	309	77%	418	105%
26	223	TJ 8640 N C3	27/11/2021	240	60%	299	75%	406	102%
27	224	TJ 8610 N	29/11/2021	259	65%	314	79%	426	107%
28	225	TJ 8630 N C4	30/11/2021	263	66%	314	79%	399	100%

DIAS	PROMEDIO	%
7	255	64%

DIAS	PROMEDIO	%
14	324	81%

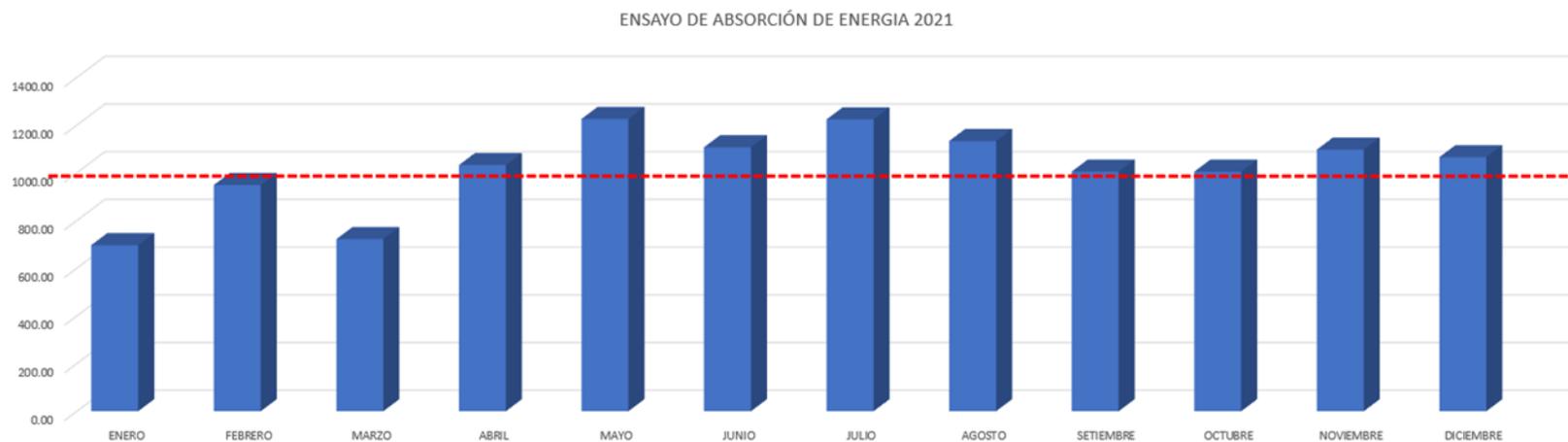
DIAS	PROMEDIO	%
28	412	103%

Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propi

INDICADORES DE ABSORCIÓN DE ENERGIA CON FIBRA SINTETICA AÑO 2021

INDICADORES	META	ENERO		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		
		Nº EN SAYO S	Nº EN SAYO S	ENERO	Nº EN SAYO	FEBRERO	Nº EN SAYO	MARZO	Nº EN SAYO	ABRIL	Nº EN SAYO	MAYO	Nº EN SAYO	JUNIO	Nº EN SAYO	JULIO	Nº EN SAYO	AG-OSTO	Nº EN SAYO	SETIEMBRE	Nº EN SAYO	OCTUBRE	Nº EN SAYO	NOVIEMBRE	Nº EN SAYO	DIEMBRE
ENSAJO DE FLEXOTRACION	1,000 Joules	744.68	744.68	696.53	804.935	948.67	988.44	721.7	1070.47	1032.25	1062.40	1225.87	1102.78	1107.03	1080.87	1223.99	909.95	1133.25	1003.86	1004.92	1117.08	1004.67	1127.63	1097.09	1189.18	1065.49
		648.38	648.38		1082.412		454.95		994.03		1389.33		1111.29		1387.10		1356.56		1005.97		892.27		1066.55		941.79	

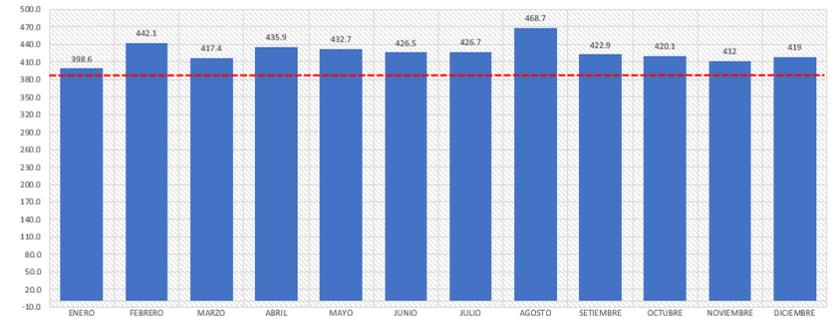
Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración propi



INDICADORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAXIAL AÑO 2021

CONSOLIDADO DE RCU 2021												
# DE PANEL	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	414	408	412	413	380	551	401	411	422	442	404	412
2	398	410	400	407	446	410	400	445	452	403	415	400
3	399	408	415	418	432	424	403	424	464	440	416	411
4	388	415	409	412	431	405	407	414	451	430	417	434
5	401	410	402	475	392	412	419	402	419	421	406	403
6	397	416	401	458	426	412	320	447	415	414	407	420
7	450	423	404	417	406	404	434	465	406	408	401	417
8	264	428	432	410	415	421	412	436	407	412	402	409
9	391	447	417	426	411	426	431	429	417	443	405	429
10	473	416	420	422	454	418	439	417	404	462	439	411
11	366	443	413	423	436	428	431	421	420	415	425	408
12	387	460	418	425	412	427	485	492	409	424	407	415
13	421	553	420	488	421	422	540	489	416	422	415	418
14	433	491	409	461	515	423	477	570	428	416	418	413
15	392	418	400	457	453	406	401	547	431	420	404	423
16	403	531	401	487	427	413		510	415	415	411	414
17		438	525	496	562	427		625	411	411	405	414
18			416	400	446	425		493	425	416	417	410
19				387	368	412				412	401	418
20				461	423	419				415	406	407
21				425	442	414				403	404	418
22				421	427	484				405	421	404
23					426					419	418	410
24										415	417	408
25											418	438
26											406	417
27											426	430
28											399	446
29												491
PROMEDIO	398.6	442.1	417.4	435.9	432.7	426.5	426.7	468.7	422.9	420.1	412	419

CONSOLIDADO DE RCU 2021



Datos obtenidos de la empresa CJ NETCOM (fuente elaboración pr

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan.

ITEM	Si	No	Observaciones	Recomendaciones
Los datos cuantitativos obtenidos en las pruebas son válidos	X		Ninguno	Ninguno
Los datos cuantitativos obtenidos en las pruebas son confiables.	X		Ninguno	Ninguno
Los datos constituyen un riesgo para la prueba de hipótesis		X	Ninguno	Ninguno

Datos del experto:

- NOMBRE Y APELLIDOS DEL EXPERTO:

Luis Carlos Uriarte Pérez

- PROFESIÓN:

Ingeniero de minas.

- GRADOS ACADÉMICOS:

Magister en Ingeniería de minas

- EXPERIENCIA:

Jefe de Zona – UN CH.

Nombre del tema: Calidad de sostenimiento al usar shotcrete con fibras sintéticas en compañía minera San Ignacio de Morococha s.a. Unidad San Vicente



Firma del Experto

V°B°

Matriz de consistencia

Título: “Calidad de sostenimiento al usar shotcrete con fibras sintéticas en Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente”			
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES
<p>Problema General ¿La calidad de los parámetros del shotcrete se verá influenciada al usar fibras sintéticas en la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente?</p> <p>Problema Específicos a. ¿Influirá en los resultados de la calidad del slump del shotcrete al usar fibras sintéticas, en “la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente”? b. ¿Cómo se comporta la resistencia a la compresión del shotcrete al usar fibras sintéticas, en “la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente”?</p>	<p>Objetivo General Determinar si la calidad de los parámetros del shotcrete se verá influenciada al usar fibras sintéticas en “la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente”</p> <p>Objetivos Específicos a. Determinar si Influye en los resultados de la calidad del slump del shotcrete al usar fibras sintéticas, en “la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente” b. Determinar comportamiento de la resistencia a la compresión del shotcrete al usar fibras sintéticas, en “la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente”</p>	<p>Hipótesis General La calidad de los parámetros del shotcrete es influenciada al usar fibras sintéticas, en “la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente”</p> <p>Hipótesis específicas a. Si Influye en los resultados de la calidad del slump del shotcrete al usar fibras sintéticas, en “la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente” b. El comportamiento de la resistencia a la compresión del shotcrete es superior, al usar fibras sintéticas, en “la Compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Unidad San Vicente”</p>	<p>Variables para la hipótesis general Fibras sintéticas Parámetros del shotcrete</p> <p>Variables para la hipótesis específicas Para la hipótesis a. Fibras sintéticas Calidad del slump Para la hipótesis b. Fibras sintéticas Esfuerzo a la compresión</p>