

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**T E S I S**

**Parámetros del Shotcrete para controlar el tiempo de  
fraguado con fines de sostenimiento en minería, Pasco 2022**

**Para optar el título profesional de:  
Ingeniero Civil**

**Autor:**

**Bach. Kevin Lambert GALLARDO VILLAVICENCIO**

**Asesor:**

**Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL**

**Cerro de Pasco – Perú – 2023**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**T E S I S**

**Parámetros del Shotcrete para controlar el tiempo de  
fraguado con fines de sostenimiento en minería, Pasco 2022**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. Marco Antonio SURICHAQUI HIDALGO**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. José German RAMIREZ MEDRANO**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Pedro YARASCA CORDOVA**  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

A mi madre **Zaida Dolora Villavicencio Carhuaz** que fue padre y madre en mi vida; así mismo a mi hermana **Danna April D. Villavicencio**, por su apoyo y su condicional cariño en toda la etapa de mi vida universitaria, ya que gracias a ellos pude superar todos los obstáculos que se me presentaron, así poder seguir abriéndome el camino hacia una luz de prosperidad y éxito, es por ello que realizo este proyecto con mucho cariño y pensado en ellos...

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme esta vida iluminando mi camino, también agradezco a todos los **docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil-UNDAC** por haberme adoptado y brindarme conocimiento, aprendizaje y disciplina. Asimismo, agradezco a mis amigos y colegas por su incondicional apoyo y motivación.

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación se enfoca a determinar los parámetros que influyen en controlar el tiempo de fraguado del shotcrete (concreto proyectado) como sistema de sostenimiento en minería subterránea, ya que lo primordial para garantizar tanto la productividad y seguridad en trabajos de extracción de yacimiento mineros se recurre ahora al sostenimiento con shotcrete ante una eventual inestabilidad de macizos rocosos.

Los agregados utilizados son de la cantera de Vicco donde se realizó análisis granulométricos de la arena de dicha procedencia en diferentes fechas, para determinar la variabilidad en sus propiedades físicas.

El tiempo de fraguado, se mide su desarrollo de resistencias tempranas, es por ello que se realizaron dos diseños de mezcla patrón sin aditivo y dos (2) diseños de mezcla con aditivo de proyección de resistencia de diseño a los 28 días de 300 kg/cm<sup>2</sup> y 320 kg/cm<sup>2</sup> de los cuales a cada una se realizaron ensayos con el Método A (Penetrómetro) y Método B (Pistola Hilti) para determinar su desarrollo a edades tempranas, ya que lo recomendable y seguro para proseguir el avance de trabajos mineros en sostenimiento con shotcrete es llegar como mínima a una resistencia temprana a 1 MPa (10 kg/cm<sup>2</sup>), pero en las minerías varía este factor de seguridad por lo que toman mayormente como 2 MPa como mínimo. Adicionalmente se realizó la medición de resistencias a la compresión a los 7, 14 y 28 días, para su evolución en su desarrollo, con ello evaluar el desarrollo de la resistencia del shotcrete desde edades tempranas a resistencias finales.

**Palabras Clave: Shotcrete, Fraguado, Sostenimiento, Minería.**

## ABSTRACT

This research project focuses on determining the parameters that influence the control of the setting time of shotcrete (shotcrete) as a support system in underground mining, since it is essential to guarantee both productivity and safety in deposit extraction works. miners now resort to support with shotcrete in the face of eventual instability of rock masses.

The aggregates used are from the Vicco quarry, where granulometric analysis of the sand from said source was carried out on different dates, to determine the variability in its physical properties.

The setting time, its development of early resistance is measured, that is why two standard mix designs without additive and two (2) mix designs with projection additive of design resistance at 28 days of 300 kg/cm<sup>2</sup> and 320 kg/cm<sup>2</sup> of which tests were carried out on each one with Method A (Penetrometer) and Method B (Hilti Gun) to determine its development at an early age, since it is recommended and safe to continue the progress of mining works. in support with shotcrete it is to reach at least an early resistance of 1 MPa (10 kg/cm<sup>2</sup>), but in mining this safety factor varies, so they mostly take 2 MPa as a minimum. Additionally, the compression resistance was measured at 7, 14 and 28 days, for its evolution in its development, thereby evaluating the development of the shotcrete resistance from early ages to final resistance.

**Keywords: Shotcrete, Setting, Support, Mining.**

## INTRODUCCION

Las actividades mineras tienen entre sus principales labores la ejecución de túneles subterráneos, de los cuales su diseño y estudio son de gran importancia ya que se evalúa el riesgo ante la probabilidad de caída de masas de suelo o roca durante la extracción y operación de minerales, antiguamente se controlaba la estabilidad de estos túneles subterráneos mediante marcos de madera, mallas empernadas y etc; pero estos métodos de sostenimiento no garantizaban protección ante la caída de rocas, es por ello que en la actualidad se realiza un método de sostenimiento aplicando shotcrete (concreto lanzado) lo cual recubre todo la superficie del túnel con un cierto espesor ya sea reforzado o no reforzado.

El tema de estudio de este proyecto de investigación está enfocado en el shotcrete, específicamente en sus parámetros que controlan su fraguado, ya que la importancia para proseguir de manera rápida y segura una actividad minera en túneles subterráneos es el control del fraguado a través de su medición de sus resistencias tempranas después de la aplicación del concreto lanzado. El desarrollo de las actividades de estudio se realizó en el Laboratorio de la E.F.P. Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

El informe de investigación realizada se subdivide en las siguientes partes:

Capítulo I, donde se determina la problemática, así como la formulación de los problemas generales y específicos, los objetivos, justificaciones y las limitaciones que se encontraron durante la investigación.

Capítulo II, se describe los antecedentes internacionales, nacionales y locales; base teórica con el cual se apoyó la investigación y definiciones que se necesitan para entender el estudio, identificación de variables e Hipótesis.

Capítulo III, se explica caracterización del modelo de investigación realizada como el tipo, finalidad, nivel, método, población, instrumentos, etc.

Capítulo IV, se presenta los resultados obtenidos de la investigación desde el procedimiento realizado, ensayos y los datos obtenidos en laboratorio de los cuales se realiza sus interpretaciones.

Las Conclusiones, en este punto se describe las ideas y argumentos que son resultados producto de la investigación realizada.

Las Recomendaciones, son las ideas y atribuciones por parte del investigador para proseguir ampliando el campo de tema de investigación propuesto.

La Bibliografía, se centra específicamente en las fuentes de información ya sea libros, artículos, tesis etc, que se hacen referencia para el logro de la investigación realizada.

Los Anexos, es la parte donde se están adjuntando las evidencias y pruebas que se realizaron durante investigación para la redacción del informe.



## **INDICE**

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

INDICE

### **CAPITULO I**

#### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

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

### **CAPITULO II**

#### **MARCO TEORICO**

2.1. Antecedentes de estudio .....	1
2.2. Bases Teóricas – Científicas.....	5
2.3. Definición de términos basicos .....	26
2.4. Formulación de Hipótesis.....	27
2.4.1. Hipótesis General .....	27
2.4.2. Hipótesis Específicas .....	27

2.5. Identificación de las Variables .....	28
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores .....	28

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de investigación .....	29
3.2. Nivel de investigación .....	29
3.3. Métodos de investigación.....	30
3.4. Diseño de investigación.....	30
3.5. Población y muestra .....	30
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	30
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	31
3.8. Tratamiento Estadístico.....	31

### **CAPITULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSION**

4.1. Descripción del trabajo de campo .....	32
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	48
4.3. Pruebas de Hipótesis .....	72
4.4. Discusión de resultados .....	73

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Sistema de sostenimiento en mina subterránea.....	6
<b>Figura 2:</b> Concreto lanzado o shotcrete .....	8
<b>Figura 3:</b> Cemento Portland Comercial.....	9
<b>Figura 4:</b> Agregados de cantera.....	11
<b>Figura 5:</b> Agua potable para concreto .....	12
<b>Figura 6:</b> Esquema del comportamiento del concreto en el tiempo .....	16
<b>Figura 7:</b> Ensayo de peso unitario del concreto.....	17
<b>Figura 8:</b> Ensayo de consistencia con cono de abrams.....	18
<b>Figura 9:</b> Planta de concreto en la superficie de mina.....	25
<b>Figura 10:</b> Planta de concreto bajo tierra.....	25
<b>Figura 11:</b> Mapa de localización del departamento de Pasco.....	32
<b>Figura 12:</b> Ubicación del laboratorio de la E.F.P. Ingeniería Civil .....	33
<b>Figura 13:</b> Cantera de agregados del distrito de Vicco.....	34
<b>Figura 14:</b> Penetrómetro manual de bolsillo .....	46
<b>Figura 15:</b> Modelo de pistola de ensayo con el sistema Hilti.....	47
<b>Figura 16:</b> Curva de calibración para método A (Penetrómetro) .....	51
<b>Figura 17:</b> Curva de calibración para método B (Pistola Hilti).....	53
<b>Figura 18:</b> Curvas granulométricas de tamizado dentro de los límites establecidos .....	67
<b>Figura 19:</b> Desarrollo de resistencias a los 3, 7 y 28 días del diseño de mezcla patrón N°01 vs diseño de mezcla N°01 .....	68
<b>Figura 20:</b> Desarrollo de resistencias a los 3, 7 y 28 días del diseño de mezcla patrón N°02 vs diseño de mezcla N°02 .....	68
<b>Figura 21:</b> Desarrollo de resistencias a los 3, 7 y 28 días del diseño de mezcla N°01 .....	69
<b>Figura 22:</b> Desarrollo de resistencias a los 3, 7 y 28 días del diseño de mezcla N°02 .....	69
<b>Figura 23:</b> Desarrollo de resistencias tempranas del diseño de mezcla N°01 .....	70
<b>Figura 24:</b> Desarrollo de resistencias tempranas del diseño de mezcla N°02 .....	70
<b>Figura 25:</b> Desarrollo de resistencias tempranas del diseño de mezcla patrón N°01 vs diseño de mezcla N°01 .....	71
<b>Figura 26:</b> Desarrollo de resistencias tempranas del diseño de mezcla patrón N°02 vs diseño de mezcla N°02 .....	71

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Granulometrías combinadas de agregados para varias especificaciones .....	10
<b>Tabla 2:</b> Vínculo entre método e instrumentos para medición de resistencia a la compresión del concreto.....	20
<b>Tabla 3:</b> Causas que condicionan la Durabilidad del Concreto.....	21
<b>Tabla 4:</b> Diseños típicos de mezclas de concreto proyectado de mezcla húmeda para la pulverización remota en proyectos de minería y túneles civiles .....	23
<b>Tabla 5:</b> Operacionalización de variables .....	28
<b>Tabla 6:</b> Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	31
<b>Tabla 7:</b> Características del cemento andino tipo I .....	34
<b>Tabla 8:</b> Características del aditivo Z RR PLAST .....	36
<b>Tabla 9:</b> Características del aditivo SikaRapid®-3 PE .....	36
<b>Tabla 10:</b> Características del agregado para diseño de mezcla .....	38
<b>Tabla 11:</b> Dosificación del diseño de mezcla N°01 (Aditivo).....	42
<b>Tabla 12:</b> Dosificación del diseño de mezcla N°02 (Aditivo).....	43
<b>Tabla 13:</b> Análisis granulométrico por determinadas fechas .....	48
<b>Tabla 14:</b> % Pasa la Malla 200, Modulo de Fineza y % de Humedad .....	48
<b>Tabla 15:</b> Peso específico y % absorción .....	49
<b>Tabla 16:</b> Peso unitario suelto y compactado.....	49
<b>Tabla 17:</b> Propiedades en estado fresco diseño de mezcla patrón N°01 .....	49
<b>Tabla 18:</b> Propiedades en estado fresco diseño de mezcla patrón N°02 .....	50
<b>Tabla 19:</b> Propiedades en estado fresco diseño de mezcla N°01 .....	50
<b>Tabla 20:</b> Propiedades en estado fresco diseño de mezcla N°02 .....	51
<b>Tabla 21:</b> Metodología de resistencias tempranas método A.....	52
<b>Tabla 22:</b> Metodología de resistencias tempranas método B .....	54
<b>Tabla 23:</b> Desarrollo de resistencias tempranas diseño de mezcla patrón N°01 – método A .....	55
<b>Tabla 24:</b> Desarrollo de resistencias tempranas diseño de mezcla patrón N°01 – método B .....	55
<b>Tabla 25:</b> Desarrollo de resistencias tempranas diseño de mezcla patrón N°02 – método A .....	56
<b>Tabla 26:</b> Desarrollo de resistencias tempranas diseño de mezcla patrón N°02 – método B .....	56

<b>Tabla 27:</b> Desarrollo de resistencias tempranas diseño de mezcla N°01 – método A ..	57
<b>Tabla 28:</b> Desarrollo de resistencias tempranas diseño de mezcla N°01 – método B ..	58
<b>Tabla 29:</b> Desarrollo de resistencias tempranas diseño de mezcla N°02 – método A ..	59
<b>Tabla 30:</b> Desarrollo de resistencias tempranas diseño de mezcla N°02 – método B ..	59
<b>Tabla 31:</b> Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 3 días - diseño de mezcla patrón N°01 .....	60
<b>Tabla 32:</b> Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 7 días - diseño de mezcla patrón N°01 .....	60
<b>Tabla 33:</b> Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 28 días - diseño de mezcla patrón N°01 .....	61
<b>Tabla 34:</b> Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 3 días - diseño de mezcla patrón N°02 .....	61
<b>Tabla 35:</b> Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 7 días - diseño de mezcla patrón N°02 .....	62
<b>Tabla 36:</b> Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 28 días - diseño de mezcla patrón N°02 .....	62
<b>Tabla 37:</b> Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 3 días - diseño de mezcla N°01.....	63
<b>Tabla 38:</b> Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 7 días - diseño de mezcla N°01.....	63
<b>Tabla 39:</b> Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 28 días - diseño de mezcla N°01.....	64
<b>Tabla 40:</b> Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 3 días - diseño de mezcla N°02.....	65
<b>Tabla 41:</b> Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 7 días - diseño de mezcla N°02.....	65
<b>Tabla 42:</b> Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 28 días - diseño de mezcla N°02.....	66
<b>Tabla 43:</b> Comparación de tiempos de resistencias tempranas entre diseños de mezcla patrón y con aditivo.....	73
<b>Tabla 44:</b> Comparación de tiempos de resistencias tempranas entre diseños de mezcla con aditivos.....	74

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

En el Perú los principales sectores que dinamizan la economía es la minería y la construcción, producto de ello se abre muchas oportunidades laborales y al desarrollo en toda región que contengan yacimientos mineros como es el caso de la Ciudad de Cerro de Pasco. La Minería Subterránea entre sus principales labores civiles que se realizan es el sostenimiento de túneles con Shotcrete o también llamado Concreto Lanzado, que debe realizarse con un estricto control de calidad de tal manera de obtener una buena productividad y sobre todo seguridad en la estabilidad estructural para las labores mineras, las cuales se apoyan de recursos humanos, materiales y equipos.

Los tiempos de espera que realizan los personales que trabajan en minería para que puedan proseguir con las actividades, es a causa del tiempo de la aplicación de un sistema de sostenimiento en túneles subterráneos. En la aplicación de Shotcrete es la espera en el desarrollo de las resistencias mecánicas para la estabilidad del sistema de sostenimiento estructural en minería.

La explotación minera subterránea es una labor de riesgo elevado y mucho control ya que la negligencia en alguna labor, podría poner en riesgo tanto las actividades extractivas y al personal minero, es por ello que el Shotcrete o Concreto Lanzado es una técnica que se viene utilizando para el sostenimiento estructural temporal para el desarrollo de extracción subterránea de los minerales.

Por tal motivo, se debe establecer los parámetros del Shotcrete para controlar el tiempo de fraguado con fines de sostenimiento en minería donde se pueda reducir los tiempos de espera en la estabilización de la estructura y así proseguir con las labores mineras con la seguridad contra los posibles desprendimientos de macizos rocosos.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

El estudio se enfocó más en la medición de resistencias tempranas, así como las resistencias a compresión a los 3, 7 y 28 días, las cuales los demás ensayos son complementarios mas no son objeto de estudio ya que demandaría de mucho financiamiento y economía para la realización de los ensayos y adquisición de materiales.

## **1.3. Formulación del Problema**

Con la problemática expuesto, se realiza el siguiente enunciado:

### **1.3.1. Problema General**

¿Cuáles son los parámetros del Shotcrete para Controlar el Tiempo de Fraguado con fines de Sostenimiento en Minería?

### **1.3.2. Problemas Específicos**

¿Cuál es el diseño de mezcla del Shotcrete con fines de Sostenimiento en Minería?

¿Cuál es la resistencia inicial y final del Shotcrete para controlar el tiempo de fraguado?

¿Cuál es la resistencia a la compresión del Shotcrete con fines de Sostenimiento en Minería?

#### **1.4. Formulación de Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo General**

Evaluar los parámetros del Shotcrete para controlar el tiempo de fraguado con fines de Sostenimiento en Minería.

##### **1.4.2. Objetivos Específicos**

Determinar el diseño de mezcla del Shotcrete con fines de Sostenimiento en Minería.

Evaluar la resistencia del Shotcrete en tiempos de fraguado con fines de Sostenimiento en Minería.

Determinar la resistencia a la compresión del Shotcrete con fines de Sostenimiento en Minería.

#### **1.5. Justificación de la Investigación**

La ingeniería civil entre sus campos de trabajo también está en el sector minero ya que para que dicho sector labore, se tiene que realizar obras civiles que en este caso es el sostenimiento de túneles y/o galerías con concreto lanzado que ayuden a la productividad de la extracción minera.

En la actualidad existe gran desconocimiento con respecto a las características que debe cumplir el shotcrete y los controles que se debe realizar para tener la seguridad en su aplicación y las ventajas que nos ofrece, lo cual su mala aplicación no llega ser adecuado, lo cual esta investigación será de alcance para:



- El beneficio de toda las empresas y contratistas de la región de Pasco y público en general interesado en la presente investigación.
- Aportación de la caracterización del shotcrete en cada empresa pública o privada en la ciudad de Pasco, lo cual puede servir como información para así poder elegir de forma correcta su aplicación de acuerdo al tipo de proyecto y sus características propias.
- Este estudio de investigación es relevante porque obtendrá el desarrollo de resistencias tempranas que afecta el tiempo y costo de ejecución de proyectos de inversión pública o privada.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

En la realización de este trabajo de investigación se encontraron dificultades, pero se trataron de superar y así poder presentar los resultados los cuales son:

- La bibliografía especializada ya que la UNDAC no brinda el servicio a egresados, así como información relacionado al tema.
- En Pasco no encontramos un laboratorio acreditado por INACAL.
- Además, la problemática mundial del COVID 19 que afecta a cierto grado la labor en la realización de este trabajo de investigación.

## **CAPITULO II.**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

Para la realización del proyecto de investigación respecto al análisis exploratorio preliminar se tuvieron los siguientes trabajos de investigación a nivel internacional, nacional y local.

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

Guevara (2017) en su trabajo de investigación de tesis **“Estudio del Comportamiento en Durabilidad del Hormigón Projectado (shotcrete), mediante Ensayos de Migración de Cloruros”** su objetivo es la aplicación de RCPT del ASTM C 1202 y el NT BUILD 492, dos metodologías de ensayo que ayudan a medir la resistencia del concreto a la acción del ion cloruro, y con ello hacer un análisis comparativo de estos ensayos; adicionalmente mediante el ASTM C 642 que aplica el valor de absorción de agua para determinar el volumen de poro del concreto (VPV), cuyo método ya se aplicado en túneles de Australia y Canadá. Entonces para evaluar el desempeño en durabilidad en uno de los

concretos aplicados en la obra de la línea 3 de Metro colocado por vía húmeda se utiliza dichas metodologías de ensayo a un SH30(90)10/FL3. Aplicando dichas metodologías de ensayo, se evalúa el desempeño en durabilidad de uno de los hormigones utilizados en las obras de la Línea 3 de Metro, que corresponde a un SH30(90)10/FL3, colocado mediante vía húmeda. De este estudio se concluye que dichas metodologías son alternativas garantizadas para la evaluación por desempeño en durabilidad del shotcrete, quedando por confirmar la concordancia entre los métodos que establecen los ensayos RCPT y NT BUILD 492.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Cruz (2019) en su tesis titulado “Formulación de una Mezcla de Concreto con Fines de Optimizar el Tiempo de Fraguado en el Concreto Proyectado Aplicado a la Minería Subterránea” la investigación tuvo como objetivo la elaboración de una mezcla de concreto que se proyectara hasta después de (1) una hora de recién preparada la mezcla con la optimización del desarrollo de resistencias tempranas que adquiere el concreto en las primeras horas y las resistencias adquiridas del concreto en estado endurecido. También se realizaron ensayos de laboratorio aplicando aditivo hiperplastificante Mater Ease 3014 de 0.6% a 1% con una relación agua/cemento entre 0.44 a 0.48 para la obtener un óptimo comportamiento en la trabajabilidad del concreto proyectado en 9 diseños de mezcla a través de ensayos consistencia (slump). Luego de los ensayos realizados se realizan 12 corridas aplicando el diseño factorial 2k con 3 repeticiones donde se incluye la variación de 0.8 y 0.9% de aditivo hiperplastificante Master Ease 3014 y la relación agua/cemento de 0.46 a 0.48, se toma muestra del mixkret para evaluar el slump de concreto. Se realizaron ensayos a edades iniciales, tempranas y finales en las muestras de paneles

trapezoidales con equipos como penetrómetro y pistola Hilti (EN 14488-2) en las primeras 24 horas; así también la extracción de los respectivos testigos. Se concluye que una mezcla obtuvo a las 3 horas, 2.5 MPa de resistencia inicial utilizando una cantidad de aditivo de 0.8% y una relación agua/cemento de 0.46; a una hora de preparada la mezcla se tenía un concreto trabajable obteniendo una optimización de 25% a diferencia de otras experiencias con la estabilidad de ser proyectado.

Fernandez & Fernadez (2018) en su tesis titulado “Parámetros para Maximizar la Adhesión del Shotcrete por Proceso Húmedo en Minería Subterránea de Consorcio Minero Horizonte S.A.”, el objetivo de la investigación fue maximizar la adhesión y minimizar el rebote del Shotcrete por proceso húmedo de la Minería Subterránea en el Consorcio Minero Horizonte. Se determino el porcentaje de oquedades en corte de roca, así como el diseño de mezcla del concreto y la formula del volumen de shotcrete. Para socavones mineros o sostenimiento en túneles la mezcla de concreto utilizada, debe tener componentes que den flexibilidad en su aplicación, así como también resistencia y durabilidad. Se concluye que a mayor rugosidad mayor adherencia, llegando a una rugosidad a 3 siendo un numero aceptable; se calculó un diseño de mezcla para una resistencia a la compresión de 380 kg/cm<sup>2</sup> así como la fórmula de volumen de concreto y a esto se debe sumar la correcta distancia, ángulo y tiempo en la técnica de lanzado. Además de ello recomienda mejorar la técnica de voladura de recorte a pre corte ya producto de la voladura se llegó a oquedades al 18%.

Zamora (2021) en su tesis titulado “Selección de Aditivo Acelerante de Fragua para el Sostenimiento con Shotcrete en la Empresa Unicon S.A. - Mina

Cobriza”, la investigación se trata sobre los efectos que tienen los aditivos Meyco SA 430, Meyco SA 160 y Gunitoc L-33 en el fraguado del shotcrete en la empresa UNICON S.A. de la mina cobriza. Se aplico el método científico aplicando el método analítico, deductivo inductivo y sintético con un enfoque cuantitativo; con el diseño de investigación experimental a nivel de un estudio descriptivo. La población está conformada en la mina cobriza específicamente en el conjunto de labores en minería subterránea para sostenimiento con shotcrete. Se concluyo que con los ensayos realizados usando el aditivo Gunitoc L-33 este acelera el tiempo de fragua inicial, pero tenía un contenido alto de alcalinidad a base de aluminato; entonces a mayor dosificación del aditivo, menor tiempo de fraguado inicial y a menor dosificación de aditivo menor tiempo de fraguado inicial. El aditivo acelerante de fragua en mayor cantidad en su dosificación incrementa las resistencias iniciales con la consecuencia de la resistencia final sea reducida. Adicionalmente respecto al tema económico, el más barato tiene un costo de \$ 16.67/m<sup>3</sup> de shotcrete corresponde a un aditivo Gunitoc L-33, mientras que el Meyco SA 430 tiene un costo de \$ 31.28/m<sup>3</sup> de shotcrete y el más caro es de Meyco SA 160 de \$ 41.80/m<sup>3</sup> de shotcrete en costo. Este estudio recomienda el uso del aditivo Meyco SA 430 y Meyco SA 160 para labores secas, en macizos rocosos húmedos aplicar el Meyco SA 430 y el Gunitoc L-33 en labores donde se presencia goteras.

### **2.1.3. Antecedente Local**

Ramos (2017) en su tesis titulado “Diseño de la Mezcla del Concreto Convencional y Concreto lanzado (shotcrete) para obtener un Concreto de Buena Calidad; en la Compañía Minera Volcan S.A. Unidad Andaychagua”, la investigación tuvo como objetivo realizar una mezcla tanto para concreto lanzado

y convencional con una cierta calidad; con los parámetros en seguridad para aplicarlo en los procesos mineros en la Unidad de Andaychagua de la Compañía Minera Volcan. El estudio es a nivel explicativo, de campo, observación directa y con recolección de datos de los diseños de mezclas. Las conclusiones fueron que, para tener una buena calidad del concreto lanzado, se debe preparar adecuadamente la superficie donde se va proyectar, así mismo está en función de la capacidad y experiencia del personal, las características del equipo y principalmente de las condiciones de la colocación. Además, recomienda que se debe tener un estricto control de calidad en los materiales para su dosificación, tener una planificación en mantenimiento preventivo, supervisar la planta de concreto, así como el transporte del concreto a través de los mixers evaluando en el interior de la mina un adecuado caudal de aire y presión para el lanzamiento de concreto en buenas condiciones. El diseño de mezcla final sin corrección para la aplicación en el tajeo fue un contenido de cemento de 316 kg, piedra de 1039 kg, arena de 786 kg, agua de 193 lts y aditivo 1.58 kg para un metro cúbico de concreto.

## **2.2. Bases Teóricas – Científicas**

### **2.2.1. Tecnología de Sostenimiento en Minería Subterránea**

En minería subterránea el sostenimiento es un método que ayuda a poder estabilizar los posibles desprendimientos de masa de suelo y/o roca, es por ello que la tecnología en sostenimiento ha ido avanzando, donde la novedad es la aplicación mecanizada de shotcrete (concreto proyectado) ya que es más rápido que la instalación de mallas de acero de refuerzo, este concreto ayuda en la productividad de acortar los ciclos de trabajo en minería.

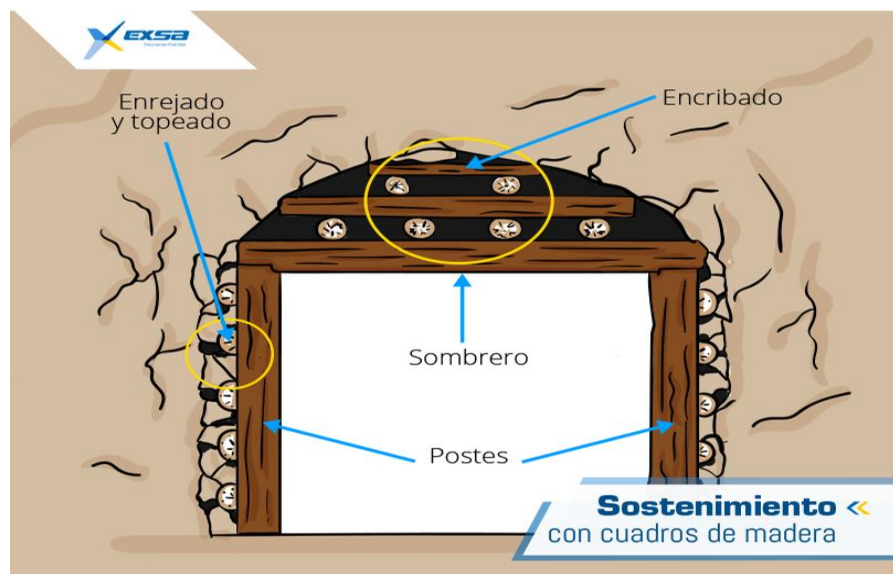
En túneles modernos, en donde entre sus trabajos requiera inmediatamente el sostenimiento del terreno, es más importante contar con las resistencias en edades tempranas que con la resistencia a la rotura final en comparación en otras estructuras. (Division of BASF Construction Chemicals, 2013)

El shotcrete en infraestructura minera para su desarrollo y producción se aplica en galerías, rampas de acceso y cavernas. Antes de la aplicación del shotcrete se utilizaba para sostenimiento los marcos de madera, empernados y mallas de acero de los cuales no garantizaban una seguridad sólida en los trabajos en minería.

Los marcos de madera que se utilizaban no eran seguros con el tiempo ya que no tenían un largo periodo de vida útil. En la figura 1 se puede apreciar el sostenimiento con marcos de madera que se utilizaba antiguamente.

### Figura 1

*Sistema de sostenimiento en mina subterránea*



*Nota.* Sostenimiento en minería con cuadros de madera. Fuente. (<https://ms-my.facebook.com/exsa.net/photos/tan-importante-como-una-buena-voladura-realizada-por-nuestro-sive-es-elegir-el-s/2334251163264267/>)

### **2.2.2. Shotcrete o Concreto Proyectado**

El concreto proyectado (Shotcrete) es una tecnología patentada en 1911 por el Dr. Carl Akeley. El sistema permite verter una mezcla de cemento y arena en varias superficies a alta presión por medio de un equipo especial: máquinas de concreto proyectado. Existen dos métodos básicos de proyección de concreto: método "seco" y "húmedo". (Naidenov & Mironova, 2020)

El Shotcrete es un tipo de concreto que, a diferencia de lo convencional varia en su dosificación, tratamiento, técnica y aplicación, mayormente se utiliza para sostenimiento en minería.

Este tipo de concreto es lanzado con gran fuerza a través de aire comprimido tanto en superficie natural o artificial; como tal es un método de aplicación que se lanza y compacta a la vez, es por ello que es llamado Shotcrete o Gunitado. (Enrique et al., 2017)

Según Bracamontes (2014), también se aplican los principios de la tecnología del concreto en el concreto lanzado ya que este tipo de concreto es solo un sistema de colocación en función a lo que define la norma ACI 506R. El lanzamiento del concreto se realiza mediante una maquina creado para tal fin.

Este método es adecuado para el control de seguridad y el diseño observacional de túneles subterráneos con revestimiento de concreto proyectado. También existe la necesidad de tecnología que controle la generación de polvo debido al proceso de concreto proyectado. (Patel et al., 2013)



## Figura 2

Concreto lanzado o shotcrete



*Nota.* Concreto proyectado para sostenimiento en minería. Fuente. (<https://www.natussoluciones.com/soluciones/concreto-lanzado>)

### 2.2.3. Materiales Constituyentes

#### 2.2.3.1. Cemento

Es un cemento hidráulico, comercializado mayormente en bolsas de 42.5 kg. Este aglutinante principal es producto de la combinación de un material calcario y arcilloso que forman el Clinker y adicionándolo yeso a una temperatura aproximada de 1450 C°; finamente molido origina un material de color verdoso llamado cemento portland.

Los contenidos de cemento son similares a los que se utilizan en el concreto proyectado de mezcla húmeda. Según Patel et al. (2013), los pesos típicos de lote de cemento varían de 300 a 420 kg por metro cúbico, con resistencias a la compresión de 28 días de más de 31 MPa (310 kg/cm<sup>2</sup> aprox.) comunes para las mezclas utilizadas para la colocación vertical y elevada.

Las normas internacionales para el uso de cemento portland son ASTM C150 / C150M, C595 / C595M o C1157 / C1157M donde se debe cumplir sus requisitos. En la figura 3 se puede observar la presentación comercial del cemento en bolsa.

### **Figura 3**

*Cemento Portland Comercial*



Nota. Producto de Cemento Andino en Bolsa de 42.5 Kg. Fuente: UNACEM, s.f.

#### **2.2.3.2. Agregado**

Material pétreo e inerte de que en función de su origen puede ser natural o artificial que se utiliza para elaborar el concreto en su fase discontinua y se clasifica por su granulometría en agregado fino y grueso. Según Patel et al. (2013), menciona que en concreto proyectado los agregados utilizados usualmente son de tamaño máximo nominal de 1.9 cm o más pequeño.

Los límites de las curvas de tamiz de agregado óptimas de acuerdo de los productores y aplicadores de productos de construcción del Federación Europea de Asociaciones Nacionales ponen los requisitos especiales para concreto, EFNARC European Specification for Sprayed Concrete. (Naidenov & Mironova, 2020)

La finura del movimiento no solo afectará el rendimiento de la inyección, sino que también afectará la superficie de la lechada de agua y la unión del agregado. El agregado fino se puede usar sin arena de río o arena de montaña, el módulo de finura debe estar entre 2.7 ~ 3.7, que es menos de 0.075 mm. (Wang et al., 2015)

La calidad de estos agregados en el concreto lanzado son las mismas especificadas en la utilización del concreto convencional. La Tabla brinda ejemplos de rangos de clasificación de agregados combinados recomendados de una variedad de fuentes de proyectos de túneles civiles y de rociado remoto para mezclas de varios tamaños máximos de agregados.

**Tabla 1**

*Granulometrías combinadas de agregados para varias especificaciones*

Tamaño del Tamiz (mm)	Porcentaje que pasa por especificación			
	ACI 506 Clasificación Fina	ACI 506 Clasificación Gruesa	RTAB82	AFTES
19.0	-	-	-	-
13.2	-	100	100	100
9.5	100	90-100	90-100	85-95
4.75	95-100	70-100	70-85	60-75
2.36	80-100	50-70	50-70	45-60
1.18	50-65	35-55	35-55	30-45
0.600	25-60	20-35	20-40	20-35
0.300	10-30	8-20	8-20	10-20
0.150	2-10	2-10	2-10	7-12

Nota. Granulometrías para shotcrete para diferentes normativas.  
Fuente: (Concrete Institute of Australia, 2010)

## Figura 4

### *Agregados de cantera*



Nota. Agregados de cantera para elaboración de concreto. Fuente: Hausa, s.f.

### **2.2.3.3. Agua**

Los requisitos de calidad de agua para su uso en concreto proyectado deben ser tratado igual que para el concreto convencional por ende el agua potable debe utilizarse según lo estipulado en las normas ACI. La relación agua/cemento es clave para la trabajabilidad, desempeño y en la durabilidad del concreto proyectado. La ratio agua/cemento ( $a/c$ ) debería ser inferior a 0.5 para aplicar correctamente el shotcrete. En el caso de la vía seca, la relación  $a/c$  debe ser evaluada por el control continuo de la consistencia durante la proyección. Para Patel et al. (2013), en el diseño de mezcla de concreto lanzado la relación agua/cemento típicamente varía entre 0.30 y 0.40.

## **Figura 5**

### *Agua potable para concreto*



Nota. El uso de agua potable para formar la pasta matriz junto con el cemento. Fuente: Presente, 2020

#### **2.2.3.4. Aditivos**

Son productos químicos que incluyen la mezcla del concreto fresco con fin de modificar o mejorar algunas de sus propiedades, el uso de los aditivos va depender de condiciones con la cual se va trabajar. La Norma Técnica Peruana 339.086 define a los aditivos como una sustancia que se añade a los componentes del concreto con objetivo de modificar algunas de sus propiedades. Sus respectivos usos en concreto son:

- Mejorar la trabajabilidad, sin variar el contenido de agua.
- Disminuir el contenido de agua, sin variar la trabajabilidad.
- optimizar el tiempo de fraguado.
- Disminuir la segregación.
- Obtener una buena bombeabilidad.
- Acelerar el desarrollo de resistencia del concreto a edades tempranas.

- Incrementar la resistencia en su desarrollo.
- Reducir la permeabilidad y mejorar la durabilidad.

y su clasificación según su tipo son:

- Acelerantes.
- Retardantes.
- Plastificantes.
- Superplastificantes.
- Incorporadores de aire.

Los retardadores de fragua se utilizan en concretos rígidos colocados en climas cálidos, y los acelerantes mayormente se usan en climas fríos. Además, una mayor cantidad de aceleradores de fraguado, puede conducir a la pérdida de resistencia en el producto final en el caso del concreto proyectado. (Division of BASF Construction Chemicals, 2013, p.100)

El desarrollo de resistencias iniciales y la velocidad de fraguado se controlan mediante el uso de acelerantes de fraguado que son fundamentales para el uso del concreto proyectado en minería y túneles. Los acelerantes de fraguado tienen dos tipos, que son los de libres de álcalis y los alcalinos netamente. (Division of BASF Construction Chemicals, 2013)

Según Wei Ning et al. (2019), en su estudio agregó el 8 % el agente acelerador líquido libre de álcali con una tasa de resistencia a la compresión del 95 %, que dio el tiempo de fragua inicial de 3,3 minutos y de fragua final de 8,5 minutos.

#### 2.2.4. Etapas del Concreto

El concreto es un material artificial que cambia con la exposición al agua propiciándose las reacciones químicas que se produce en la hidratación de los componentes del cemento. Debido a ello se puede dividir en tres etapas principales que es el estado fresco, fraguado y estado endurecido. La división se realiza determinando los tiempos de frontera de fragua inicial y fragua final que se realizan con el ensayo de penetración utilizando el aparato Vicat. Los materiales como el cemento, agregados, agua, acelerantes de fragua en su tipo, contenido y dosificación al añadirse en la mezcla del concreto son factores que influyen en el desarrollo de la resistencia a edades tempranas; adicionalmente se puede tomar en cuenta el espesor de la capa, la temperatura del concreto y el medio ambiente al que está expuesto. (Division of BASF Construction Chemicals, 2013, p.48)

- **Estado fresco:** En la mezcla del concreto, el cemento tiene contacto con el agua donde se forma una pasta plástica que es fácil de moldear y trabajar, este momento es la fase de hidratación. Luego la pasta se empieza a rigidizar donde poco a poco pierde su plasticidad y su manejo se vuelve difícil; esto generalmente ocurre entre los 40 a 60 minutos, tal característica corresponde al fraguado inicial del concreto. La manipulación (transporte, compactación colocación, etc.) del concreto debe ser durante esta etapa ya que, si se realiza después, se romperían la formación de los enlaces cristalizados. (Reyes, 2018) La formación de polvo y rebote está influenciada por el desarrollo de la resistencia del concreto durante los primeros minutos. El concreto luego de ser proyectado instantáneamente se empieza a endurecer y de manera rápida a desarrollar su resistencia, lo cual puede impedir la integración de las partículas

gruesas. Por lo tanto, la resistencia no debe exceder de 0.2 MPa (2kgf/cm<sup>2</sup>) medida después de dos (2) minutos, para que la formación de polvo y rebote este entre los límites aceptables. (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2015)

- **Fraguado:** Esta etapa comprende entre el fraguado inicial y el fraguado final del concreto. El concreto se empieza a rigidizar y a perder su plasticidad constantemente hasta tener una significativa rigidez que se interpreta como fraguado final. El fraguado depende de la cantidad y finura del cemento, el aditivo, temperatura ambiente, humedad relativa etc, que tiene una duración estimada de diez (10) horas en los concretos en general. (Reyes, 2018)

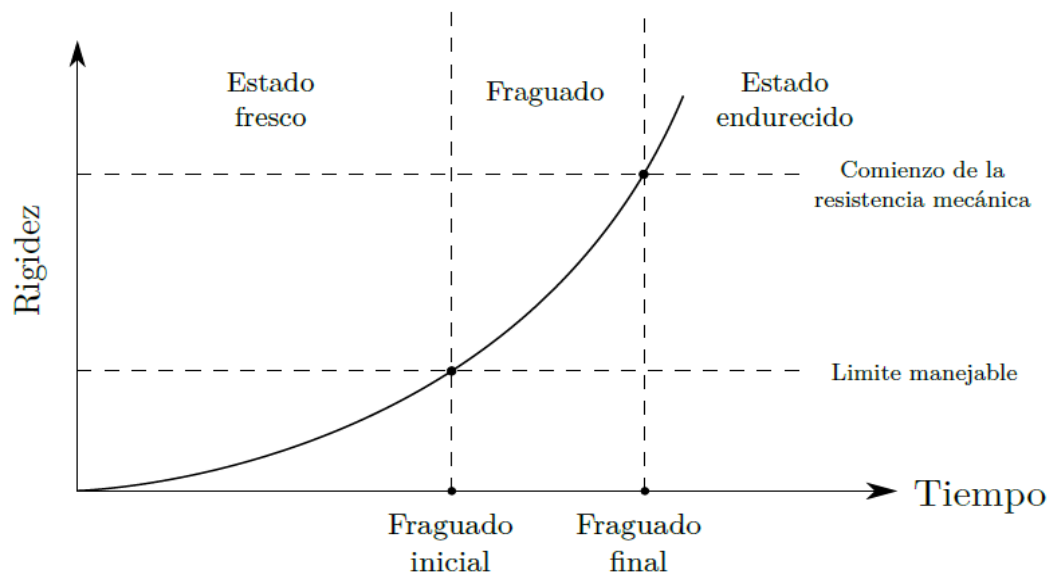
El fraguado no sólo depende de los tipos de cemento y del acelerante y su dosificación, sino también de la relación a/c con que se diseña la mezcla de concreto lanzado. (Division of BASF Construction Chemicals, 2013, p.136)

- **Estado endurecido:** En esta etapa de endurecimiento del concreto es donde las resistencias mecánicas constantemente se empiezan a desarrollar, esto correspondiente después del fraguado final. El concreto de empieza hacer más duro y resistente porque sigue el proceso de hidratación. La resistencia mecánica sigue aumentando durante varios días, donde se debe acompañar de un adecuado curado. En la figura 6 se puede observar la rigidización de concreto a través del tiempo en sus diferentes etapas a través de los tiempos de fragua.



**Figura 6**

*Esquema del comportamiento del concreto en el tiempo*



*Nota.* Gráfico que analiza la rigidización a través del tiempo. Fuente: (Reyes, 2018, p. 31-32)

### **2.2.5. Propiedades en Estado Fresco**

Las propiedades del concreto en estado fresco influyen significativamente en las propiedades del concreto en estado endurecido. La característica de la mezcla de concreto en estado fresco está en función de la estructura en la que se va utilizar, así tomando en consideración la técnica y método de colocación. (Carrasco, n.d.)

#### **2.2.5.1. Peso Unitario**

El peso unitario llamado también densidad o peso volumétrico del concreto en estructuras varía normalmente entre  $2200 \text{ kg/m}^3$  a  $2400 \text{ kg/m}^3$  y depende mucho del uso en cantidad y densidad del agregado. El tipo de concreto también se clasifica según su peso unitario ya sea

concreto pesado de 2800 kg/m<sup>3</sup> a 6000 kg/m<sup>3</sup>, concreto normal de 2300 kg/m<sup>3</sup> a 2500 kg/m<sup>3</sup> o concreto ligero de 400 kg/m<sup>3</sup> a 1700 kg/m<sup>3</sup>. (Abanto, 2013)

Según Concrete Institute of Australia (2010), la densidad (masa/unidad de volumen) del concreto proyectado de peso normal de buena calidad suele oscilar entre 2200 y 2400 kg/m<sup>3</sup>.

### **Figura 7**

*Ensayo de peso unitario del concreto*



Nota. Estudio experimental del concreto poroso con áridos reciclados.  
Fuente: Aire et al., s.f.

#### **2.2.5.2. Asentamiento o Revenimiento**

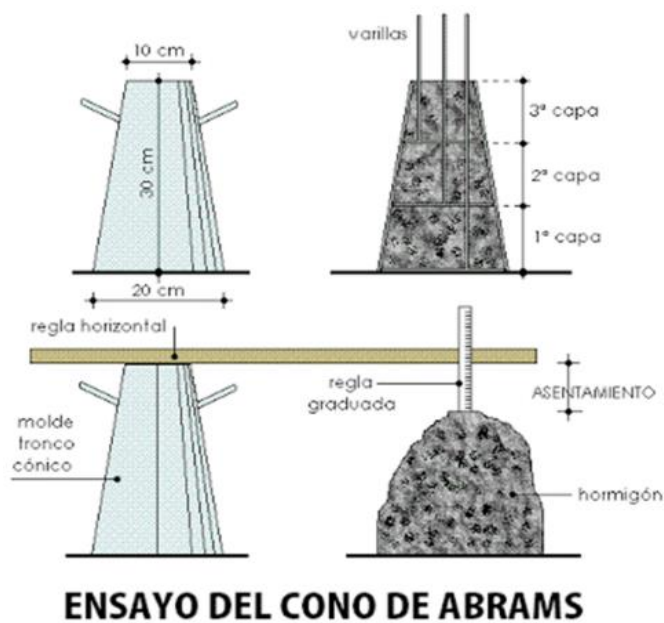
El asentamiento o slump de concreto en general se mide a través del ensayo de consistencia del concreto con el uso del cono de Abrams, para poder evaluar el grado de humectación de la mezcla en estado fresco. (Abanto, 2013). Se utiliza la norma ASTM C143 para el respectivo ensayo.

Para el concreto lanzado, esta caracterización no se debe utilizar como indicador de la capacidad de bombeabilidad o pulverización.

Los revenimientos entre 60 a 80 mm son adecuados cuando no se usan acelerador de fragua en las mezclas de concreto. Las mezclas con revenimientos entre 80 a 180 mm son adecuadas cuando se utilizan aceleradores de fragua en las aplicaciones de concreto lanzado. (Concrete Institute of Australia, 2010)

### Figura 8

*Ensayo de consistencia con cono de abrams*



Nota. Determinación de la consistencia del concreto con el uso del Cono de Abrams. Fuente: Ingenieraiymas, 2016

### 2.2.5.3. Temperatura

La temperatura del concreto antes de su colocación debe estar entre 15 °C a 25 °C, tomando medidas especiales de acuerdo a su naturaleza de colocación. (Division of BASF Construction Chemicals, 2013, p.46)

La temperatura ambiente no deber ser inferior a 5 °C cuando se desea proyectar el concreto. El ensayo se realiza mediante la norma ASTM C1064 para medir la temperatura del concreto fresco.

## **2.2.6. Propiedades en Estado Endurecido**

### **2.2.6.1. Resistencia a la compresión**

Es una de las principales propiedades del concreto en estado endurecido, el procedimiento tradicional para medir esta característica, es tomar muestras durante el mezclado del concreto, y luego colocarlos en probetas normalizadas para someterlo a pruebas de compresión en diversas edades.

El concreto después del vaciado y aplicando el curado durante 28 días, debe tener una resistencia a la compresión ( $f'_c$ ) acorde a lo especificado en su diseño de mezcla. (Abanto, 2013).

Se realiza dicho ensayo utilizando una prensa que trabaja con una presión que aplica a las probetas cilíndricas de concreto, según la Norma Técnica Peruana 339.034. Según Patel et al. (2013), la resistencia inicial del concreto proyectado puede ser muy alta, alcanzando 7 MPa en 5 horas y 20Mpa en 24 horas.

**Tabla 2**

*Vínculo entre método e instrumentos para medición de resistencia a la compresión del concreto*

<b>Desarrollo</b>	<b>Método</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Resistencia</b>	<b>Tiempo</b>
Resistencia Inicial	Aguja de Penetración	Penetrómetro digital o manual	Hasta 1.5 MPa	0 a 3 hrs
Resistencia Temprana	Hincado de clavos	Hilti DX 450-SCT	3 a 20 MPa	3 a 24 hrs
Resistencia Final	Perforación diamantina	Prensa para resistencia a la compresión	5 a 100 Mpa	1 a 28 días

Nota. Correlación entre resistencias, métodos instrumentos de ensayo.  
Fuente: (Singh et al., 2014)

#### **2.2.6.2. Resistencia a la flexión**

Esta propiedad es muy importante ya que las estructuras también trabajan con cargas a flexión, mayormente la resistencia a la flexión es equivalente al 10% de la resistencia a compresión, es por eso que debemos tomar importancia a esta característica para los diseños de estructuras. (Torre, 2004).

#### **2.2.6.3. Durabilidad**

La durabilidad se puede definir como la capacidad de resistencia al desgaste ante la exposición al medio ambiente durante la presencia de agentes biológicos o químicos, abrasivos, que condicionan su vida útil del concreto. Los agentes típicos que dañan el concreto son los sulfatos, ácidos inorgánicos, carbónico y acético los cuales desintegran a nivel químico la estructura del concreto. (Abanto, 2013, p.57)

**Tabla 3**

*Causas que condicionan la Durabilidad del Concreto*

<b>Mecánicas</b>	sobrecargas, vibraciones, choques, impactos.
<b>Físicas</b>	ciclos de hielo y deshielo, oscilaciones térmicas, fuego, causas higrométricas.
<b>Químicas</b>	terrenos agresivos, Contaminación atmosférica, aguas filtradas.
<b>Biológicas</b>	vegetación o microorganismos.

*Nota.* Causas que afectan en su resistencia al concreto. Fuente: (Torre, 2004).

#### **2.2.6.4. Resistencia a la congelación y deshielo**

El concreto expuesto a ciclo de hielo y deshielo ocasiona pequeños esfuerzos internos en su estructura lo cual debilita tanto su resistencia y su durabilidad, se presenta principalmente en climas fríos donde la temperatura es bajo 0 C°. Para controlar este fenómeno, en el proceso de elaboración y mezclado del concreto se añade aire incorporado para controlar estos esfuerzos internos a través de uso de aditivo incorporador de aire y así a aumentar su durabilidad ante estas patologías.

#### **2.2.6.5. Resistencia a los sulfatos**

El ataque de sulfatos en el concreto en general está asociado con su reacción química con matriz de cemento, formándose yeso, etringita y su descalcificación de la matriz; produciendo expansión y agrietamiento del concreto consecuentemente su pérdida de resistencia del concreto. Los sulfatos se presentan mayormente en suelos, agua de mar, agua subterránea, desechos químicos y minerales.

Para poder controlar estas reacciones químicas en concreto, hay productos de cemento que cuentan con ciertos grados de resistencia al

ataque de sulfatos, como lo es el cemento tipo II con moderada resistencia a sulfatos y el cemento tipo V con alta resistencia a sulfatos.

#### **2.2.6.6. Resistencia a la abrasión**

Las estructuras elaboradas con concreto están expuestas a desgaste o abrasión en la intemperie. La resistencia a la abrasión está muy relacionada con la resistencia a la compresión según la experiencia de los ensayos realizados en el concreto en general.

Los impactos en las estructuras de concreto cuando la matriz de cemento se desgasta ocasiona que los agregados ya sea fino o grueso quedan expuestos y su degradación ocurre porque estos quedan expuestos.

### **2.2.7. Fabricación del Concreto Lanzado o Shotcrete**

#### **2.2.7.1. Dosificación y Diseño de Mezcla**

El shotcrete principalmente por vía a húmeda, se aplican los mismos principios de la tecnología del concreto para la elaboración del diseño de mezcla. El shotcrete y el concreto convencional se diferencian en su contenido y tipo de cemento, granulometría del agregado, el uso de aditivos, transporte y el método de colocación. Para el procedimiento de diseño de mezcla se debe considerar los aspectos como proyección, resistencias tempranas y compactación.

En obras de infraestructura de gran envergadura el diseño de mezcla y su prueba del shotcrete se realiza en dos etapas. La primera es un diseño de mezcla base, el segundo es la prueba aplicando el concreto en paneles.

**Tabla 4**

*Diseños típicos de mezclas de concreto proyectado de mezcla húmeda para la pulverización remota en proyectos de minería y túneles civiles*

Materiales Constituyentes	Diseño de mezcla/ m <sup>3</sup> para	
	Minería	Túnel Civil
Grado de Resistencia (Mpa)	40	40
Cemento (kg)	440	420
Tipo de Cemento	GP	SL
Cenizas Volantes (kg)	Opcional	60
Humo Sílice (kg)	20	40
Agregado de 10 mm (kg)	500	450
Arena Gruesa (Kg)	680	780
Arena Fina (kg)	500	380
Agua Total (litros)	200	208
Fibra de Acero (kg)	30-40	40-60
Fibra Macro sintética (kg)	5-8	9-10
Aditivo Reductor de Agua (litros)	1	1
Aditivo Superplastificante (litros)	3	3
Aditivo para el control de la hidratación (litros)	2	1
Asentamiento nominal (mm)	120-150	120-150
Relación agua/cemento	0.40-0.48	0.38-0.45

*Nota.* Contenidos de materiales en diseño de mezcla por m<sup>3</sup>. Fuente: (Concrete Institute of Australia, 2010)

### **2.2.8. Especificaciones de referencia disponibles**

Las especificaciones técnicas internacionales más utilizadas se enumeran a continuación. Las especificaciones nacionales utilizan estas especificaciones como base con una combinación de requisitos y restricciones locales. (Viljoen, 2015)



- EFNARC, Especificación Europea para Hormigón Proyectado, 1996
- ACI 506.5 R-09, Guía para especificar hormigón proyectado subterráneo, agosto de 2009
- ACI 506.2-95, Especificaciones para dosificación de materiales y aplicación de hormigón proyectado
- BTS/ICE Specification for Tunnelling, Sociedad Británica de Túneles/Instituto de Ingenieros Civiles, 3.ª edición de 2010.

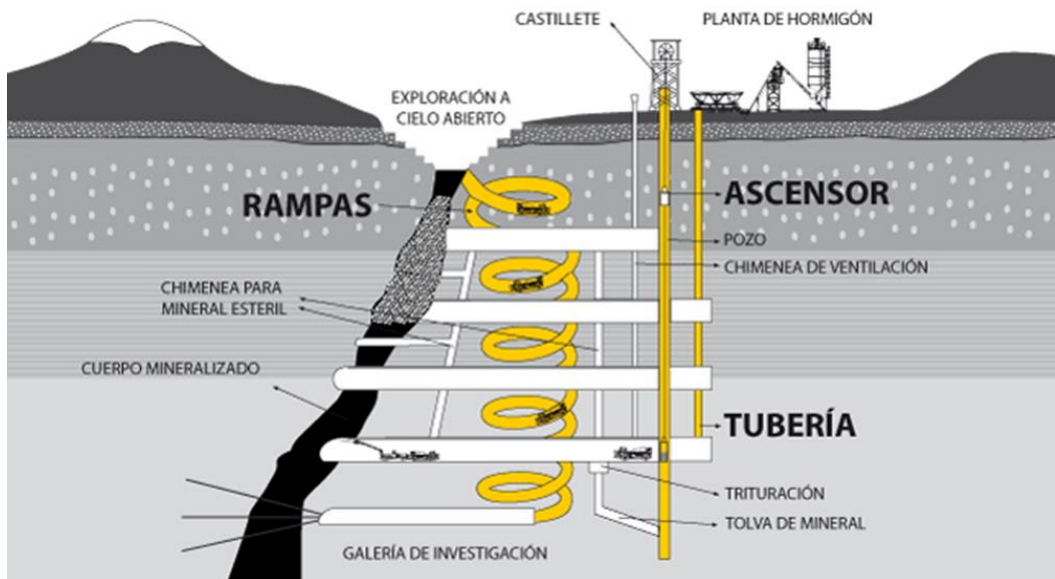
### **2.2.9. Logística en la aplicación de Shotcrete con fines de Sostenimiento en Minería**

En obras subterráneas la logística en el uso de shotcrete está en función del lugar donde se va proyectar el concreto y el diseño de mezcla lo cual su transporte debe llegar en óptimas condiciones y esto demanda de mucho control de calidad.

El abastecimiento del shotcrete en el interior de las minas va depender de su profundidad, características geotécnicas del macizo rocoso y del método de explotación que se realiza, debiendo tener una cadena de controles de riesgo. Es por ello, que se debe analizar la instalación de la planta de concreto ya sea en la superficie o interior de la mina para transporte ya sea con tuberías, pozos, rampas de descenso y/o mixers.

**Figura 9**

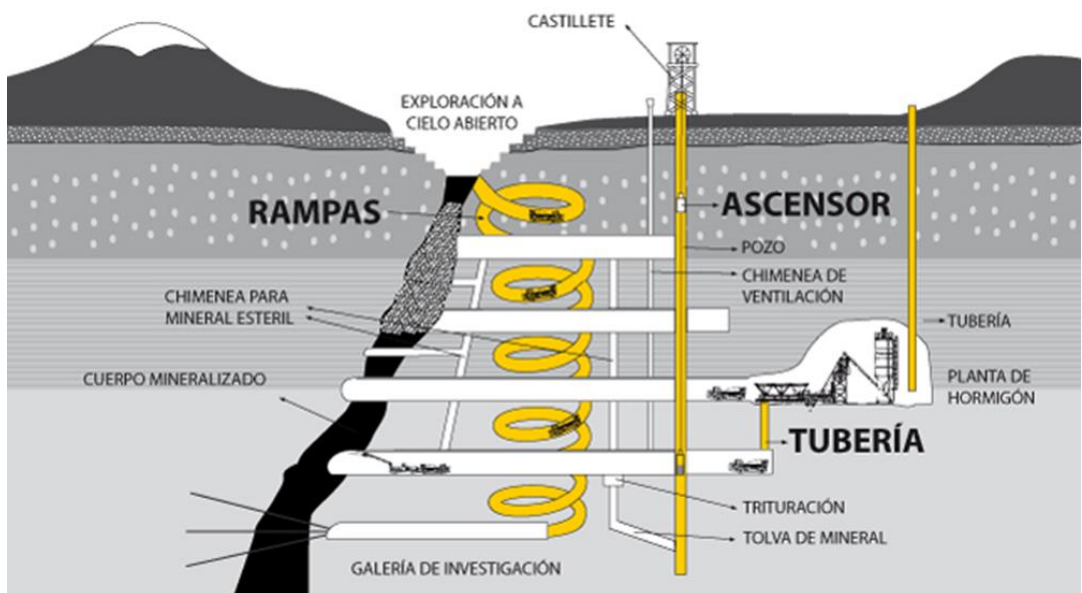
*Planta de concreto en la superficie de mina*



Nota. Dosificación de concreto en superficie. Fuente: (<https://bestsupportunderground.com/logistica-del-shotcrete/#:~:text=El%20shotcrete%20mecanizado%20como%20m%C3%A9todo,de%20desarrollo%20y%20de%20producci%C3%B3n.>)

**Figura 10**

*Planta de concreto bajo tierra*



Nota. Dosificación de concreto en el interior de la mina subterránea. Fuente: (<https://bestsupportunderground.com/logistica-del->

[shotcrete/#:~:text=El%20shotcrete%20mecanizado%20como%20m%C3%A9todo,de%20desarrollo%20y%20de%20producci%C3%B3n.\)](#)

### 2.3. Definición de términos básicos

**Concreto** - material formado por la combinación de cemento, agregados, agua, sin o con aditivos y adiciones, donde sus propiedades se desarrollan a través de la hidratación del cemento.

**Shotcrete o Concreto Proyectado** – concreto lanzado que a diferencia del concreto convencional se proyecta a través de una boquilla a alta velocidad con un equipo especial.

**Acelerante** - sustancia química que menudamente se añade en la boquilla del neumático para el concreto lanzado, con el objetivo de mejorar la fluidez, aumentar la velocidad de fraguado y su rigidización.

**Aditivo** - material o sustancia activa, dosificada para mejorar las propiedades del concreto en estado fresco y/o endurecido por acción química, física o una combinación de ellas.

**Boquilla** - dispositivo localizado al final de la línea de transporte, donde se proyecta el concreto.

**Cohesión** - es la capacidad que tienen los materiales para mantenerse unidas en el concreto cuando son manipulados, transportados, bombeados o proyectados de manera homogénea en su contenido.

**Micro Fibras** - fibras que se agregan al concreto para controlar la fisuración por retracción plástica, reducir el spalling y disminuir el rebote, es por ello que tiene un diámetro relativamente pequeño.

**Macro Fibras** - fibras que ayudan en el agrietamiento a través de respuesta mecánica y son relativamente largas que están adherido en el concreto.

**Probetas** - muestra de concreto de forma cilíndrica o prismática que se utiliza para ensayarlo en laboratorio, generalmente para evaluar su resistencia mecánica.

**Resistencia a la Compresión** - por definición, la resistencia a la compresión de un material es el valor que alcanza la tensión de compresión uniaxial cuando el material falla completamente. La resistencia a la compresión es generalmente obtenida experimentalmente por medio de un ensayo de compresión.

**Relación agua/cemento (a/c)** - razón en peso del agua respecto al cemento, la cual se utiliza en el diseño de mezcla del concreto. Tiene mucha importancia en la calidad del concreto, tanto en sus propiedades en estado fresco y endurecido.

## **2.4. Formulación de Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

Hi. El tipo de cemento, la relación agua/cemento y la dosificación acelerante de fraguado influyen en el tiempo de fraguado del Shotcrete.

Ho. El tipo de cemento, la relación agua/cemento y la dosificación acelerante de fraguado no influyen en el tiempo de fraguado del Shotcrete.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

Hi1. La dosificación óptima de los materiales constituyentes direccionará a un diseño de mezcla adecuada.

Hi2. El desarrollo de la resistencia mínima en el un tiempo determinado dependerá de la zona de sostenimiento en minera.

Hi3. La resistencia a la compresión será mayor a 300 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días en los testigos de Shotcrete.

## 2.5. Identificación de las Variables

### 2.5.1. Variables Independientes

Parámetros del Shotcrete (dosificación y diseño de mezclas).

### 2.5.2. Variables Dependientes

Tiempo de Fraguado (Resistencia a la Penetración, Resistencia a la compresión a edades tempranas).

## 2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

**Tabla 5**

*Operacionalización de variables*

<b>ORGANIZACIÓN DE LAS VARIABLES</b>		
<b>VARIABLE</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b> Parámetros del Shotcrete	Dosificación Diseño de mezcla	Tipo de cemento Relación agua/cemento Tipo de agregados Aditivos Temperatura del concreto
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b> Tiempo de Fraguado	Tiempo inicial de fraguado Tiempo final de fraguado	Resistencia a la penetración Resistencia a la compresión a edades tempranas

Fuente: Elaboración Propia

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Tipo de investigación

##### 3.1.1. Según su Fuente es:

**Investigación de Laboratorio**, se realizará en un ambiente controlado, se manipula la variable independiente para poder tener un efecto en la variable dependiente.

##### 3.1.2. Según su Finalidad es:

**Investigación Aplicada**, la cual se abastece del tipo básico, que mediante la teoría se apoya para resolver problemas.

#### 3.2. Nivel de investigación

**Tiene una Alcance Explicativo**, porque se establece la causalidad (causa-efecto) entre las variables independiente y dependiente. Estas variables se pueden observar, medir y controlar.

### **3.3. Métodos de investigación**

El **método en investigación** en ingeniería es el analítico-deductivo con enfoque “Cuantitativo” ya que para validar nuestra Hipótesis planteada se necesita de mediciones numéricas y tratamiento estadístico.

### **3.4. Diseño de investigación**

#### **3.4.1. Diseño Experimental**

El **diseño experimental** tiene como objetivo se realizar tratamientos con grupos experimentales y de control, con ello obtener resultados lo cuales debemos interpretarlo (respuestas positivas o negativas).

### **3.5. Población y muestra**

La **población** es la misma de la muestra, la técnica de muestreo es no probabilística, ya que este será determinado intencionalmente.

El **muestreo** es por conveniencia, porque esta será determinada por el investigador

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Las prácticas de recolección de datos se realizarán mediante formatos que se han preparado, o se tiene en los laboratorios de tecnología del concreto, los cuales han sido validados por los profesionales que certifican la calidad de los ensayos.

**Tabla 6***Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

<b>VARIABLES</b>	<b>Recolección de datos</b>		
	<b>Fuente</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Parámetros de Shotcrete	Primaria o directa	Observación Experimental	Diseño de Mezcla
Tiempo de Fraguado	Primaria o directa	Observación Experimental	Equipos de Laboratorio de Concreto

Fuente: Elaboración Propia

### **3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Para el análisis de datos se utilizará el software Microsoft Excel y/o SPSS.

### **3.8. Tratamiento Estadístico**

Los datos obtenidos producto de la investigación se analizarán a través de procedimientos estadísticos que se describen:

#### **3.8.1. Estadística descriptiva e Inferencial**

Lo cual nos va permitir describir los datos, valores o puntuaciones por cada variable: Distribución de Frecuencias, Medidas de dispersión Media, Desviación estándar. Para generalizar los resultados de la muestra a la población. Prueba de Hipótesis



## CAPITULO IV

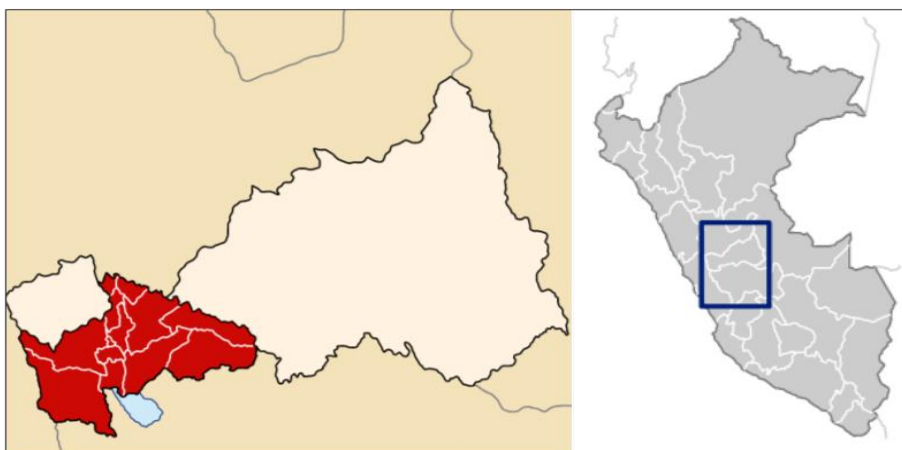
### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Descripción del trabajo de campo

El proyecto de investigación se realizó en el Departamento de Pasco, Provincia de Pasco y Distrito de Yanacancha, específicamente en el Laboratorio de Tecnología del Concreto de la E.F.P. Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

#### Figura 11

*Mapa de localización del departamento de Pasco*

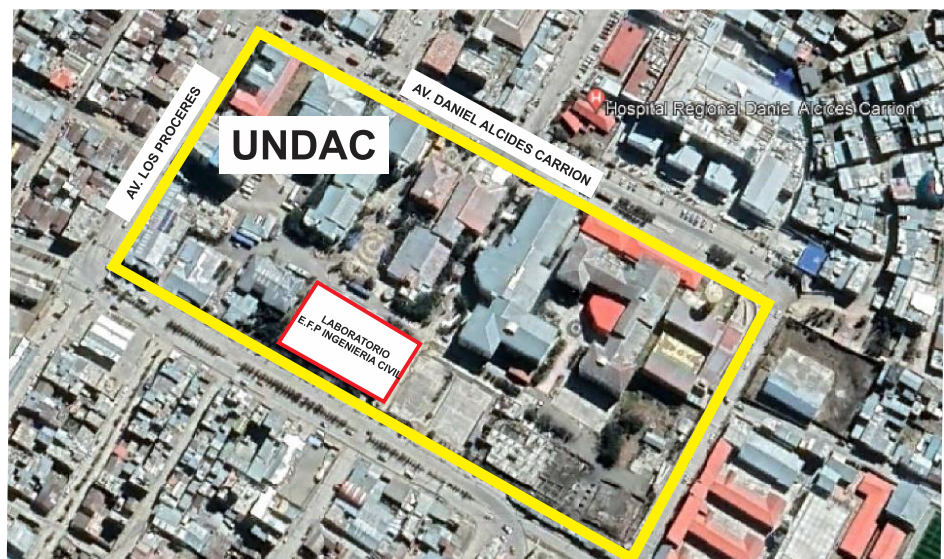


Nota. Se observa el departamento de Pasco con sus diferentes distritos. Fuente: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/99/Location\\_of\\_the\\_province\\_Pasco\\_in\\_Pasco.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/99/Location_of_the_province_Pasco_in_Pasco.svg).

#### 4.1.1. Ubicación Geográfica – Zona de Estudio

**Figura 12**

*Ubicación del laboratorio de la E.F.P. Ingeniería Civil*



Nota. Se observa el campus universitario UNDAC, de los cuales se encuentra el laboratorio de ingeniería civil en el distrito de Yanacancha en la Ciudad de Pasco. Fuente: Google Earth.

#### 4.1.2. Ubicación Geográfica – Cantera de Vicco

Los agregados finos provienen de la cantera de Vicco, pertenece al Distrito de Vicco, Provincia y Departamento de Pasco, estos proveen a distintos lugares como Pasco, Huánuco y Junín.

**Coordenadas UTM:**

NORTE	ESTE	ELEVACION
8 803 243.61 m	363 146.34 m	4114 m

### Figura 13

*Cantera de agregados del distrito de Vicco*



Nota. Se observa las distintas variedades de agregados que demanda las canteras de Vicco. Fuente:

#### 4.1.3. Materiales Usados para Shotcrete

##### 4.1.3.1. Cemento

El cemento comercial a usar es el “Andino”, el más utilizado en la región de la sierra con formato de distribución de Bolsas de 42.5 kg: 03 pliegos (02 de papel + 01 film plástico).

**Tabla 7**

*Características del cemento andino tipo I*

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
Color	Gris Verdoso
Densidad	3.15 gr/cm <sup>3</sup>
Resistencia a la Compresión a los 28 días	440 kg/cm <sup>2</sup>
Tamaño de Partículas	4-10% retenido en la malla #325
Superficie específica Blaine (cm <sup>2</sup> /kg)	373

Fuente. Elaboración Propia

#### **4.1.3.2. Arena**

El agregado que se suministra; para la fabricación del concreto (shotcrete), deberá cumplir con las especificaciones para agregados de concreto: Norma ASTM C33 y Guía para Shotcrete ACI-506. La arena gruesa, para la producción de shotcrete, deberá tener una granulometría apropiada con el sistema de aplicación del mismo, en cuanto a la facilidad de bombeo, trabajabilidad, reducción del rebote y buena compactación. El agregado deberá cumplir con la Gradación N°02, especificada en la Norma ACI 506.

La norma ASTM C-33 indica que el Módulo de Fineza de la arena, no debe ser menor que 3.5 ni mayor que 3.9.

#### **4.1.3.3. Aditivo Plastificante (Z RR PLAST)**

Aditivo Líquido polifuncional plastificante, reductor de agua con efecto retardante sobre la fragua del concreto permitiendo un aumento en el tiempo de trabajabilidad, mayor durabilidad y reduce la contracción por fragua y la permeabilidad, además como plastificante proporciona a la mezcla de concreto un incremento en el asentamiento (slump) sin necesidad de agregar más agua especial. Como plastificante cumple con la Norma ASTM C – 494, Tipo A y D, no contiene cloruros. Compatible con otros aditivos, pero debe ser agregado por separado.

**Tabla 8***Características del aditivo Z RR PLAST*

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
Color	Líquido Pardo Oscuro
Peso Específico	1.22 Kg/L
PH en agua	Min 5
Dosis de Aplicación	Plastificante (0.2% - 0.4%) Superplastificante (0.4% - 0.8%)
Método de Empleo	Como superplastificante proporciona a la mezcla un incremento en el asentamiento sin necesidad de agregar más agua lo que permite concretos de alta resistencia y bombeables.

Fuente. Elaboración Propia

**4.1.3.4. Aditivo Acelerante (SikaRapid®-3 PE)**

SikaRapid®-3 PE es un aditivo acelerador de fraguado y endurecimiento. Actúa aumentando la velocidad de hidratación y las reacciones químicas de los constituyentes del cemento.

**Tabla 9***Características del aditivo SikaRapid®-3 PE*

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
Color	Incoloro a ligeramente amarillento
Peso Específico	1.38 +/- 0.01 kg/L
PH en agua	2.5 +/- 0.5
Contenido de Cloruros	< 0.1%
Dosis de Aplicación	El consumo depende del tiempo de fraguado que se desee alcanzar. (Ver Instrucciones de Aplicación)
Método de Empleo	En concreto deberá considerarse una concentración máxima de 1:6, una parte de SikaRapid®-3 PE diluido en seis o más partes de agua

Fuente. Elaboración Propia

#### **4.1.4. Diseño en Muestra de Prueba**

Para este trabajo de investigación se tomó como punto de partida determinar la dosificación de materiales a emplear en el concreto del objeto de estudio (Shotcrete), es por ello se analizará el método de diseño de mezcla adecuado para obtener un prototipo de diseño de mezcla de prueba. El método de diseño de mezcla que se conoce en concretos convencionales es del Comité 211 del ACI, Walker y módulo de Fineza de la Combinación de Agregados, lo cual para este estudio se empleara el **Método Walker** ya que este procedimiento depende de la cantidad de pasta a emplear para una determinada resistencia y luego se obtiene la cantidad de agregado total a emplear en el concreto, ya que los demás métodos necesariamente se tiene que conocer tanto parámetros del agregado grueso y agregado fino; pero en caso del shotcrete se utilizara solo un tipo agregado que es el fino de Gradación N°02.

La resistencia a compresión de diseño a adoptar para la investigación va ser de  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ , ya que este es a menudo la resistencia convencional utilizado por las actividades de concreto lanzado en minería en la ciudad de Cerro de Pasco en diversas empresas Mineras.

#### **4.1.5. Diseño de Mezcla**

Se realizo los ensayos para la determinación preliminar de las propiedades físicas del agregado a emplear, de los cuales se utilizará la arena de Gradación N°02 de la Cantera de Vicco. Los resultados obtenidos son las siguientes:

**Tabla 10***Características del agregado para diseño de mezcla*

<b>CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS A EMPLEAR</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UND</b>	<b>A. FINO</b>
PESO ESPECIFICO		2.59
PESO UNIT. SUELTO	kg/m <sup>3</sup>	1458.73
PESO UNIT. COMPACTADO	kg/m <sup>3</sup>	1677.80
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	8.74%
% DE ABSORCION	%	1.40%
MODULO DE FINEZA		3.87
TMN		3/8"

Nota. Datos obtenidos de Laboratorio de OCEDA J & G CORPORATION SAC., del agregado de Vicco.

#### **4.1.5.1. Secuencia de Diseño de Mezcla Patrón N°01 ( $f'c=300 \text{ Kg/cm}^2$ ) por Método Walker**

Las cantidades de materiales por 1 m<sup>3</sup> (metro cubico) de concreto se determinan siguiendo la siguiente secuencia:

- a) Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia en compresión especificada y desviación estándar de la compañía constructora.

$$f'_{cr} = 330 \text{ kg / cm}^2$$

- b) Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.

$$\text{TMN} = 3/8''$$

- c) Selección del asentamiento.

$$5''(125 \text{ mm}) < \text{MEZCLAS FLUIDAS} = 6''-7''$$

- d) Selección del volumen unitario del agua de diseño.

$$\begin{aligned} \text{VOLUMEN UNIT.} \\ \text{AGUA} &= 200 \text{ L} \\ \text{PESO UNIT. DE AGUA} \\ &= 200 \text{ kg} \end{aligned}$$

e) Selección del contenido de aire.

$$\text{CONT. DE AIRE} = 3\%$$

f) Selección de la relación agua-cemento por resistencia y por durabilidad.

La relación a/c debería ser inferior a 0.50 para aplicar correctamente el Shotcrete. La relación a/c varía típicamente entre 0.30 a 0.40.

$$a/c = 0.40$$

g) Determinación del Contenido Cemento.

$$\text{CONT. DE CEMENTO} = 500 \text{ kg}$$

h) Determinación de la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua y aire.

	<b>CANTIDAD</b>	<b>VOL. ABS.</b>
CEMENTO	500 kg	0.1587 m <sup>3</sup>
AGUA	200 L	0.2000 m <sup>3</sup>
AIRE	3%	0.0300 m <sup>3</sup>
<b>SUMATORIA</b>	<b>=</b>	<b>0.3887 m<sup>3</sup></b>

i) Determinación del volumen absoluto de agregado total.

	<b>VOL. ABS.</b>
CONCRETO	1.0000 m <sup>3</sup>
PASTA	0.3887 m <sup>3</sup>
<b>AGREGADO</b>	<b>0.6113 m<sup>3</sup></b>

j) Determinación de los Pesos Secos.

<b>a/c =0.40</b>	<b>VOL. ABS.</b>	<b>Pe (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>PESO SECO</b>
CEMENTO	0.1587 m <sup>3</sup>	3150.00	500 kg
AGREGADO	0.6113 m <sup>3</sup>	2590.00	1583.19 kg
AGUA	0.2000 m <sup>3</sup>	1000.00	200 kg
% C. AIRE	0.0300 m <sup>3</sup>		
<b>TOTAL</b>	<b>1.0000 m<sup>3</sup></b>		<b>2283.19 kg</b>

k) Corrección de los valores de diseño por humedad del agregado.



<b>WALKER f'c= 300 kg/cm<sup>2</sup> @ 28 días</b>						
<b>Insumos</b>	<b>Peso Específico Seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Humedad %</b>	<b>Absorción %</b>	<b>Peso Seco (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Corrección por Humedad (m<sup>3</sup>)</b>
<b>a/c = 0.40</b>						
Cemento Tipo I	3150			500.00 kg	0.1587	500.00 kg
Agua	1000			200.00 Lt	0.2000	83.79 Lt
Arena Gradación N°02	2590	8.74%	1.40%	1583.19 kg	0.6113	1721.56 kg
Contenido de Aire				3.00%	0.0300	
<b>TOTAL</b>				<b>2283.19</b>	<b>1.0000</b>	<b>2305.35</b>

#### 4.1.5.2. Secuencia de Diseño de Mezcla Patrón N°02 (f'c=320 Kg/cm<sup>2</sup>) por Método Walker

Las cantidades de materiales por 1 m<sup>3</sup> (metro cubico) de concreto se determinan siguiendo la siguiente secuencia:

- a) Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia en compresión especificada y desviación estándar de la compañía constructora.

$$f'_{cr} = 330 \text{ kg / cm}^2$$

- b) Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.

$$TMN = 3/8''$$

- c) Selección del asentamiento.

$$5''(125 \text{ mm}) < \text{MEZCLAS FLUIDAS} = 6''-7''$$

- d) Selección del volumen unitario del agua de diseño.

$$\begin{aligned} \text{VOLUMEN UNIT.} \\ \text{AGUA} &= 220 \text{ L} \\ \text{PESO UNIT. DE AGUA} \\ &= 220 \text{ kg} \end{aligned}$$

- e) Selección del contenido de aire.

$$\text{CONT. DE AIRE} = 3\%$$

- f) Selección de la relación agua-cemento por resistencia y por durabilidad.

La relación a/c debería ser inferior a 0.50 para aplicar correctamente el Shotcrete. La relación a/c varía típicamente entre 0.30 a 0.40.

$$a/c = 0.38$$

g) Determinación del Contenido Cemento.

$$\text{CONT. DE CEMENTO} = 579 \text{ kg}$$

h) Determinación de la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua y aire.

	<b>CANTIDAD</b>	<b>VOL. ABS.</b>
CEMENTO	579 kg	0.1838 m <sup>3</sup>
AGUA	220 L	0.2200 m <sup>3</sup>
AIRE	3%	0.0300 m <sup>3</sup>
<b>SUMATORIA</b>	<b>=</b>	<b>0.4338 m<sup>3</sup></b>

i) Determinación del volumen absoluto de agregado total.

	<b>VOL. ABS.</b>
CONCRETO	1.0000 m <sup>3</sup>
PASTA	0.4338 m <sup>3</sup>
<b>AGREGADO</b>	<b>0.5662 m<sup>3</sup></b>

j) Determinación de los Pesos Secos.

<b>a/c =0.40</b>	<b>VOL. ABS.</b>	<b>Pe (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>PESO SECO</b>
CEMENTO	0.1838 m <sup>3</sup>	3150.00	579 kg
AGREGADO	0.5662 m <sup>3</sup>	2590.00	1466.48 kg
AGUA	0.2200 m <sup>3</sup>	1000.00	220 kg
% C. AIRE	0.0300 m <sup>3</sup>		
<b>TOTAL</b>	<b>1.0000 m<sup>3</sup></b>		<b>2265.42 kg</b>

k) Corrección de los valores de diseño por humedad del agregado.

<b>WALKER f'c= 320 kg/cm<sup>2</sup> @ 28 días</b>						
<b>Insumos</b>	<b>Peso Específico Seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Humedad %</b>	<b>Absorción %</b>	<b>Peso Seco (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Corrección por Humedad (m<sup>3</sup>)</b>
<b>a/c = 0.38</b>						
Cemento Tipo I	3150			578.95 kg	0.1838	578.95 kg
Agua	1000			220.00 Lt	0.2200	112.36 Lt
Arena Gradación N°02	2590	8.74%	1.40%	1466.48 kg	0.5662	1594.65 kg
Contenido de Aire				3.00%	0.0300	
<b>TOTAL</b>				<b>2265.42</b>	<b>1.0000</b>	<b>2285.95</b>

#### 4.1.5.3. Dosificación del Diseño de Mezcla N°01

**Tabla 11**

*Dosificación del diseño de mezcla N°01 (Aditivo)*

<b>WALKER F'c= 300 kg/cm<sup>2</sup> @ 28 días</b>				
<b>Insumos</b>	<b>Peso Específico Seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Humedad %</b>	<b>Absorción %</b>	<b>Peso Seco (m<sup>3</sup>)</b>
<b>a/c = 0.40</b>				
Cemento Tipo I	3150			440.00 kg
Agua	1000			176.00 Lt
Arena Gradación N°02	2590	VARIABLE	VARIABLE	1583.19 kg
Aditivo Z RR PLAST (0.8%)	1220			3.52 kg
AditivoSIKARAPID-3 PE (7%)	1380			30.80 kg
Contenido de Aire				3.00%
<b>TOTAL</b>				<b>2233.51</b>

#### 4.1.5.4. Dosificación del Diseño de Mezcla N°02

**Tabla 12**

*Dosificación del diseño de mezcla N°02 (Aditivo)*

<b>WALKER F'c= 320 kg/cm<sup>2</sup> @ 28 días</b>				
<b>Insumos</b>	<b>Peso Específico Seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Humedad %</b>	<b>Absorción %</b>	<b>Peso Seco (m<sup>3</sup>)</b>
<b>a/c = 0.38</b>				
Cemento Tipo I	3150			460.00 kg
Agua	1000			176.00 Lt
Arena Gradación N°02	2590	VARIABLE	VARIABLE	1466.48 kg
Aditivo Z RR PLAST (1.08%)	1220			4.97 kg
AditivoSIKARAPID-3 PE (7%)	1380			32.20 kg
Contenido de Aire				3.00%
<b>TOTAL</b>				<b>2265.42</b>

#### 4.1.6. Ensayos realizados

##### 4.1.6.1. Ensayo Físico del Agregado Fino

- *Evaluación de Granulometría y Modulo de Fineza*

Normas de ensayo: ASTM C-702: Muestreo de agregados; y ASTM C-136: Granulometría de la arena. La norma ASTM C-33 indica que el Módulo de Fineza de la arena, no debe ser menor que 3.5 ni mayor que 3.9.

- *Evaluación de Porcentaje Pasante de la Malla N°200*

Norma de ensayo: ASTM C-117, determina por vía húmeda el contenido de polvo o material que pase el tamiz normalizado N° 200. Las partículas de arcilla y otras partículas de agregado que son dispersadas por el agua, así como los materiales solubles en agua,

serán removidos de la arena durante el ensayo. Según la norma ASTM C-33, el límite máximo de pasante de malla N°200 es 5%.

- ***Evaluación del Contenido de Humedad***

Norma de ensayo: ASTM C-566, determina el porcentaje de humedad evaporable en una muestra de arena mediante el secado. La humedad evaporable corresponde al encontrado superficialmente y en los poros permeables del agregado.

- ***Evaluación del Peso Específico y % de Absorción***

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.

- ***Evaluación del Peso Unitario Suelto y Compactado***

Norma de ensayo: ASTM C-29, determina la relación de peso por unidad de volumen considerando los vacíos en la arena.

#### **4.1.6.2. Ensayo del Shotcrete en Estado Fresco**

- ***Evaluación del Peso Unitario y Rendimiento***

Norma de ensayo: ASTM C-138, determina el peso unitario y rendimiento del shotcrete mediante el método de ensayo gravimétrico. El rendimiento varía entre 0.98 y 1.02.

- ***Evaluación de la Temperatura en Estado Fresco***

Norma de ensayo: ASTM C-1064, establece el procedimiento para realizar la medición de la Temperatura del concreto en estado fresco.

- ***Evaluación del Contenido de Aire del Concreto en Estado Fresco***

Norma ASTM C-231, establece el procedimiento para realizar la medición del aire atrapado en el concreto por el Método de Presión.

- ***Evaluación de Asentamiento o SLUMP.***

Norma de ensayo: ASTM C-143, establece el procedimiento para realizar la Medición del asentamiento del shotcrete en estado fresco. Los diseños de mezclas presentan una buena trabajabilidad y consistencia, asegurando un asentamiento en la planta que varía entre el 8 y 10 ½” y en la zona de lanzado de 6” a 8”.

#### **4.1.7. Ensayo del Shotcrete en Estado Endurecido**

- ***Evaluación de Resistencia a Edades Tempranas***

El desarrollo de la resistencia temprana del shotcrete se evalúa en los intervalos de 0,2 MPa a 1,2 MPa y de 2 MPa a 16 MPa respectivamente con el Método A y el Método B.

*Método A: Penetración de aguja*

Este método se utiliza para medir la presión requerida para empujar una aguja de dimensiones específicas para que penetre en el shotcrete hasta una profundidad de 15 mm ± 2 mm.

Este equipo (penetrómetro) indica la presión realizada a la superficie del concreto, de la cual puede deducirse la resistencia a compresión temprana estimada a partir de una curva de conversión, que se encuentra en unidades de medida en el equipo ya sea Kp, PSI y Kg/cm<sup>2</sup>.

Los moldes donde se ensayaron para medir la resistencia a edades tempranas para esta investigación fueron en tóper de con profundidad de 10 cm, ya son los más económicos y comerciales en adquirir.

## Figura 14

*Penetrómetro manual de bolsillo*



Nota. Se observa el equipo empleado para medir las resistencias tempranas. Fuente: Elaboración Propia.

### *Método B: Hincado del clavo*

Se utiliza de un equipo de impacto en base a pólvora donde se hincan un clavo dentro del concreto fresco durante su fraguado para determinar la profundidad de la penetración de dicho clavo, luego se extrae el clavo y se mide la fuerza de extracción. Se evalúa la relación de la **fuerza de extracción** y la **profundidad de penetración** que se utiliza para obtener la resistencia a compresión a partir de una curva de conversión, que se estudia según el equipo a usar en el ensayo.

### *Formulario del protocolo de ensayo*

Lo más importante es que no se requieren probetas especiales. El procedimiento de ensayo puede utilizarse para la medición en cualquier localización sin preparación previa. Para el ensayo se requiere una capa de concreto de más de 100 mm de espesor en toda el área donde se

ejecutará el ensayo que en este caso se utilizaron los tápers como molde con una profundidad de 10 cm.

### **Figura 15**

*Modelo de pistola de ensayo con el sistema Hilti*



Nota. Se observa el equipo empleado para medir las resistencias tempranas a través de uso de clavos. Fuente: Elaboración Propia.

- ***Evaluación de Resistencia a Compresión***

La resistencia a la compresión, es el valor promedio de ensayar en una máquina de compresión, tres probetas cilíndricas que han sido extraídas con una máquina de perforación diamantina.

Estas probetas diamantinas son curadas (sumergidas bajo agua) y ensayadas bajo condiciones estándar controladas. La **Norma de ensayo: ASTM C-39**, determina la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.



## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

La evaluación estadística se realiza con una frecuencia inter diaria en el mes, y se ha obtenido los siguientes resultados:

### 4.2.1. Propiedades Fisicas del Agregado de Vicco

**Tabla 13**

*Análisis granulométrico por determinadas fechas*

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO DICIEMBRE-2022													
Tamiz	Límite Inferior	Limite Superior	Abertura (mm)	FECHA DE ENSAYOS									
				02-Dic	04-Dic	06-Dic	16-Dic	18-Dic	20-Dic	22-Dic	26-Dic	28-Dic	30-Dic
3"	100	100	76.2000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
2 1/2"	100	100	63.5000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
2"	100	100	50.8000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1 1/2"	100	100	38.1000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1"	100	100	25.4000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	100	100	19.0500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	100	100	12.7000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
3/8"	90	100	9.5250	100.0	99.8	99.7	99.0	99.7	100.0	99.7	99.7	99.6	99.6
# 4	70	85	4.7625	85.8	83.6	80.0	83.7	82.7	83.3	81.1	82.7	82.6	81.3
# 8	50	70	2.3813	63.6	61.9	58.1	62.3	62.1	61.4	59.8	62.4	61.4	59.9
# 16	35	55	1.1906	43.4	44.7	40.5	41.8	43.7	41.8	42.0	45.5	43.3	42.5
# 30	20	35	0.5953	24.1	26.8	25.2	24.0	25.7	23.0	25.9	30.2	26.6	26.4
# 50	8	20	0.2977	10.7	11.2	12.5	11.3	12.6	10.9	12.1	15.9	12.3	12.3
# 100	2	10	0.1488	3.5	4.5	5.1	3.4	4.7	4.1	4.4	4.1	4.2	4.3
Fondo	0	0	0.0744	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**Tabla 14**

*% Pasa la Malla 200, Modulo de Fineza y % de Humedad*

FECHA	MODULO DE FINEZA	% HUMEDAD	% MALLA 200
2-Dic	3.69	10.35	2.37
4-Dic	3.68	9.45	2.50
6-Dic	3.79	9.84	2.40
8-Dic	-	-	-
10-Dic	-	-	-
12-Dic	-	-	-
14-Dic	-	-	-
16-Dic	3.75	9.71	2.05
18-Dic	3.69	11.23	3.03

<b>20-Dic</b>	3.75	9.69	2.40
<b>22-Dic</b>	3.76	10.21	2.54
<b>24-Dic</b>	-	-	-
<b>26-Dic</b>	3.59	10.10	2.00
<b>28-Dic</b>	3.70	10.21	2.20
<b>30-Dic</b>	3.74	9.57	2.20
<b>PROMEDIO</b>	<b>3.74</b>	<b>9.94</b>	<b>2.34</b>
<b>D.S</b>	<b>0.07</b>	<b>0.49</b>	<b>0.26</b>

**Tabla 15**

*Peso específico y % absorción*

<b>CANTERA DE PROCEDENCIA</b>	<b>PESO ESPECIFICO SECO (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>PESO ESPECIFICO SSS (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>% Absorción</b>
VICCO	2.59	2.62	1.40%

**Tabla 16**

*Peso unitario suelto y compactado*

<b>CANTERA DE PROCEDENCIA</b>	<b>PESO UNITARIO SUELTO (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m<sup>3</sup>)</b>
VICCO	1458.73	1677.80

#### 4.2.2. Propiedades en Estado Fresco

**Tabla 17**

*Propiedades en estado fresco diseño de mezcla patrón N°01*

<b>PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO - DISEÑO DE MEZCLA PATRON N°01</b>				
<b>FECHA</b>	<b>P.U. (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>CONO DE ABRAMS (plg)</b>	<b>TEMPERATURAS</b>	
			<b>T° AMBIENTE</b>	<b>T° CONCRETO</b>
4-Nov	2285	9 1/2	11.1	19.2
8-Nov	2262	8	12.1	19.1
12-Nov	2254	9 1/2	12.4	19.5
16-Nov	2230	9	10.5	17.2
20-Nov	2310	8	10.5	19.5
<b>PROMEDIO</b>	<b>2268.20</b>	<b>8 4/5</b>	<b>11.32</b>	<b>18.90</b>
<b>D.S.</b>	<b>30.53</b>	<b>0.76</b>	<b>0.89</b>	<b>0.97</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 18***Propiedades en estado fresco diseño de mezcla patrón N°02*

<b>PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO - DISEÑO DE MEZCLA PATRON N°02</b>				
FECHA	P.U. (kg/m <sup>3</sup> )	CONO DE ABRAMS (plg)	TEMPERATURAS	
			T° AMBIENTE	T° CONCRETO
5-Nov	2230	9 1/2	10.2	18.7
9-Nov	2244	10 1/2	9.6	19.3
11-Nov	2210	9 1/2	12.3	19.2
15-Nov	2195	10	11.9	18.3
19-Nov	2304	9 1/2	10.4	19.4
<b>PROMEDIO</b>	<b>2236.60</b>	<b>9 4/5</b>	<b>10.88</b>	<b>18.98</b>
<b>D.S.</b>	<b>42.07</b>	<b>0.45</b>	<b>1.16</b>	<b>0.47</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 19***Propiedades en estado fresco diseño de mezcla N°01*

<b>PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO - DISEÑO DE MEZCLA N°01</b>				
FECHA	P.U. (kg/m <sup>3</sup> )	CONO DE ABRAMS (plg)	TEMPERATURAS	
			T° AMBIENTE	T° CONCRETO
2-Dic	2302	10 1/2	8.2	19.7
6-Dic	2273	10 1/2	12.4	19.3
10-Dic	2233	10 1/2	12.7	19.7
14-Dic	2230	10 3/4	8.7	16.3
18-Dic	2225	10 3/4	10.5	18.3
22-Dic	2233	10 1/4	7.9	16.4
26-Dic	2270	10 3/4	11.09	17.2
30-Dic	2252	10 1/2	12.1	17.3
<b>PROMEDIO</b>	<b>2252.25</b>	<b>10 4/7</b>	<b>10.45</b>	<b>18.03</b>
<b>D.S.</b>	<b>27.25</b>	<b>0.18</b>	<b>1.95</b>	<b>1.42</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 20**

*Propiedades en estado fresco diseño de mezcla N°02*

<b>PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO - DISEÑO DE MEZCLA N°02</b>				
FECHA	P.U. (kg/m <sup>3</sup> )	CONO DE ABRAMS (plg)	TEMPERATURAS	
			T° AMBIENTE	T° CONCRETO
1-Dic	2224	10 3/4	9.8	17.3
5-Dic	2231	10 1/2	10.1	18.4
9-Dic	2161	10 3/4	11.9	17.6
13-Dic	2169	10 1/4	12.9	18.7
17-Dic	2290	10 3/4	7.4	18.4
21-Dic	2183	10 1/4	13	17.3
25-Dic	2171	10 3/4	9.8	17.8
29-Dic	2178	10 3/4	11.2	18.2
<b>PROMEDIO</b>	<b>2200.88</b>	<b>10 3/5</b>	<b>10.76</b>	<b>17.96</b>
<b>D.S.</b>	<b>44.28</b>	<b>0.23</b>	<b>1.88</b>	<b>0.54</b>

Fuente: Elaboración Propia

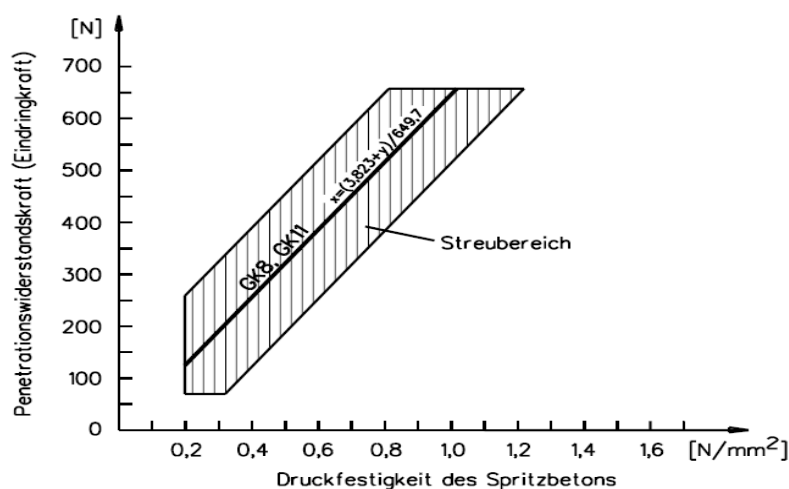
### 4.2.3. Resistencia a Edades Tempranas

*Metodología Penetrómetro (Método A)*

La presión necesaria para alcanzar una profundidad de 15 mm dentro del concreto se utiliza como índice para estimar la resistencia a compresión aproximada con el apoyo de una curva de calibración que se presenta (Figura 16).

**Figura 16**

Curva de calibración para método A (Penetrómetro)



En el eje de las ordenadas “y” es la resistencia a la penetración en N (Newton) y en el eje de las abscisas “x” la resistencia a compresión en N/mm<sup>2</sup> (MPa), realizadas en las muestras concreto obtenidas, ya que cuando se finaliza moldeo, se necesita la inmediata necesidad de registrar los parámetros (minutos, resistencias, etc.) en el ensayo, que debe estar preparado. Una vez cumplido el tiempo se procede a efectuar el ensayo para lo cual se realizan 10 registros por edad en cada muestra.

**Tabla 21**

*Metodología de resistencias tempranas método A*

<b>METODOLOGIA</b>	
	1. Penetrar 15mm de profundidad de la aguja en el concreto
	2. Registrar la resistencia a la penetración que entrega el equipo al momento de incrustar el equipo.

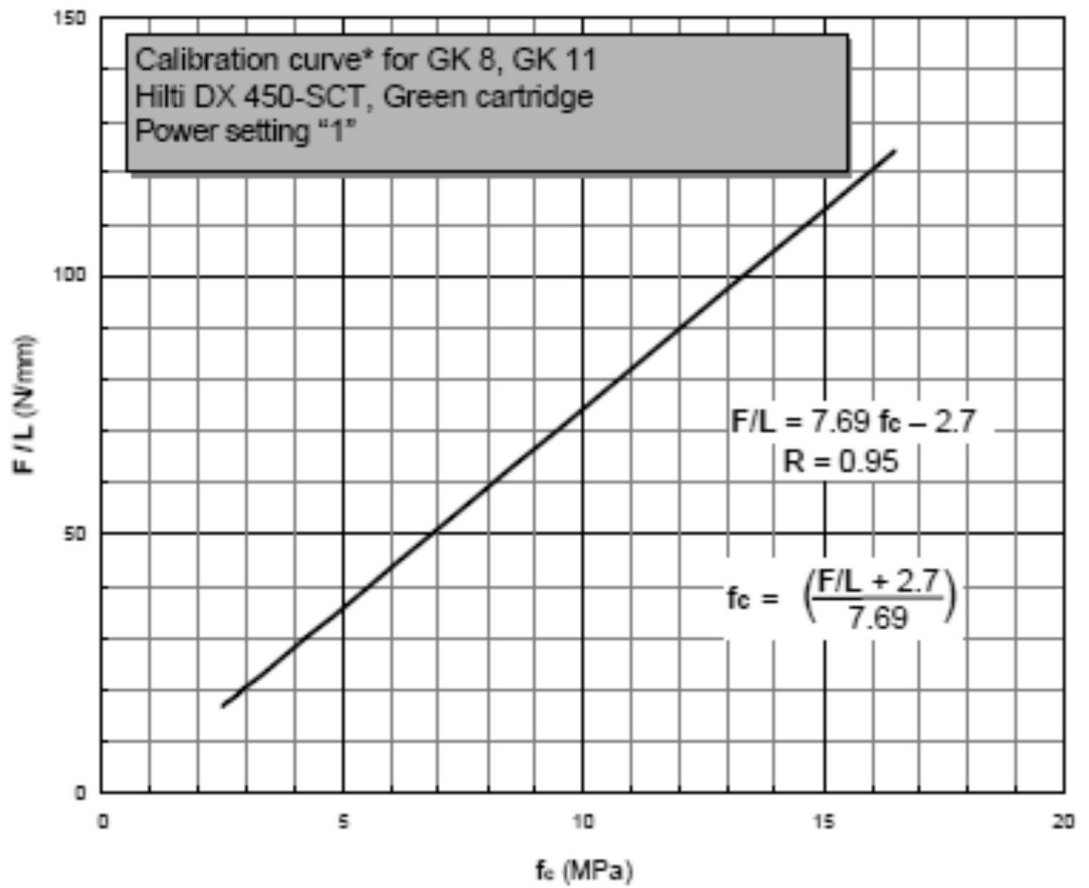
*Metodología Pistola Hilti (Método B)*

La fuerza requerida para extraer el clavo incrustado en el concreto en desarrollo se combina con la profundidad de penetración medida, y luego se

utiliza una curva de calibración, para determinar la resistencia a compresión del shotcrete (Figura 17).

**Figura 17**





*Curva de calibración para método B (Pistola Hilti)*



La ventaja de este método es que permite cubrir un rango amplio de resistencias a compresión de 2 a 18 N/mm<sup>2</sup>.

**Tabla 22**

*Metodología de resistencias tempranas método B*

<b>METODOLOGIA</b>	
	1. Disparar clavo contra superficie del molde.
	2. Medir profundidad de penetración en base a largo de clavo.
	3. Instalar perno en cabeza de clavo.
	4. Extraer clavo, registrando la fuerza de arranque.

**Tabla 23**

*Desarrollo de resistencias tempranas diseño de mezcla patrón N°01 – método A*

METODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE - RESISTENCIAS INICIALES (METODO A - PENETROMETRO)										
HORA DE LECTURA (hh:mm)	HORA ACUMULADA (hh:mm)	TEMPE. AMBIENTE (°C)	FUERZA A LA PENETRACION (Kp)					PROMEDIO (Kp)	RESISTENCIA A COMPRESION	
									N / mm <sup>2</sup>	MPa
11:00	01:00	17.6	16	16	15	15	16	15.5	0.24	<b>0.24</b>
			15	16	15	15	16			
11:30	01:30	18.0	25	24	22	22	25	23.5	0.36	<b>0.36</b>
			23	24	24	23	23			
12:05	02:05	17.9	36	36	36	36	36	36.0	0.55	<b>0.55</b>
			34	36	36	36	38			
12:30	02:30	17.9	42	47	42	42	47	44.0	0.67	<b>0.67</b>
			47	42	47	42	42			
13:07	03:07	17.8	75	75	75	70	75	74.0	1.12	<b>1.12</b>
			70	75	75	75	75			

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 24**

*Desarrollo de resistencias tempranas diseño de mezcla patrón N°01 – método B*

METODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE - RESISTENCIAS INICIALES - EN14488-2 (METODO B - PISTOLA HILTI)									
HORA DE LECTURA (H:mi n)	TIE MPO TRA NSC URRI DO (H:mi n)	TEMP. AMB. (°C)	PER NO / LON GITU D TOTAL (mm)	SALIENTE / PERN O (mm)	PENETRACION / PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION (KN)	N/mm	PRO M. (N/mm m)	RESIS T. EN (MPa)
13:42	03:42	19.8	100	13	87	1400	16.09	14.17	<b>2.19</b>
				15	85	1200	14.12		
				13	87	1200	13.79		
				13	87	1200	13.79		
				15	85	1000	11.76		
				14	86	1300	15.12		
				14	86	1200	13.95		
				13	87	1200	13.79		
			14	86	1300	15.12			



				15	85	1200	14.12		
				13	67	2400	35.82		
				12	68	2300	33.82		
				13	67	2400	35.82		
				12	68	2100	30.88		
14:12	04:12	19.6	80	13	67	2100	31.34	33.68	<b>4.73</b>
				13	67	2300	34.33		
				13	67	2100	31.34		
				12	68	2300	33.82		
				13	67	2400	35.82		
				12	68	2300	33.82		

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 25**

*Desarrollo de resistencias tempranas diseño de mezcla patrón N°02 – método A*

<b>METODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE - RESISTENCIAS INICIALES (METODO A - PENETROMETRO)</b>										
<b>HORA DE LECTURA (hh:mm)</b>	<b>HORA ACUMULADA (hh:mm)</b>	<b>TEMPERATURA AMBIENTE (°C)</b>	<b>FUERZA A LA PENETRACION (Kp)</b>					<b>PROMEDIO (Kp)</b>	<b>RESISTENCIA A COMPRESION</b>	
									<b>N/mm<sup>2</sup></b>	<b>Mpa</b>
04:00	01:00	19.2	14	15	12	14	15	13.8	0.21	<b>0.21</b>
04:30	01:30	19.6	22	22	22	24	22	22.2	0.34	<b>0.34</b>
05:05	02:05	20.1	35	32	35	32	35	34.1	0.52	<b>0.52</b>
05:30	02:30	20.4	42	42	42	42	42	43.0	0.65	<b>0.65</b>
06:00	03:00	20.8	65	65	62	65	62	64.1	0.97	<b>0.97</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 26**

*Desarrollo de resistencias tempranas diseño de mezcla patrón N°02 – método B*

METODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE - RESISTENCIAS INICIALES - EN14488-2 (METODO B - PISTOLA HILTI)									
HORA DE ENSAYO (H:min)	TIEMPO TRANSCURRIDO (H:min)	TEMP. AMBI. (°C)	PERNO / LONGITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACION / PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCIÓN (KN)	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	RESIST. EN (MPa)
06:35	03:35	20.2	100	13	87	1000	11.49	13.36	2.09
				14	86	1100	12.79		
				13	87	1200	13.79		
				13	87	1200	13.79		
				14	86	1000	11.63		
				13	87	1200	13.79		
				13	87	1200	13.79		
				12	88	1200	13.64		
				14	86	1300	15.12		
				13	87	1200	13.79		
07:05	04:05	19.5	80	13	67	2300	34.33	32.84	4.62
				12	68	2100	30.88		
				12	68	2300	33.82		
				12	68	2100	30.88		
				13	67	2100	31.34		
				12	68	2300	33.82		
				13	67	2100	31.34		
				12	68	2200	32.35		
				13	67	2400	35.82		
				12	68	2300	33.82		

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 27**

*Desarrollo de resistencias tempranas diseño de mezcla N°01 – método A*

METODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE - RESISTENCIAS INICIALES (METODO A - PENETROMETRO)										
HORA DE LECTURA A (hh:mm)	HORA ACUMULADA A (hh:mm)	TEMPER. AMBIENTE (°C)	FUERZA A LA PENETRACION (Kp)					PROMEDIO (Kp)	RESISTENCIA A COMPRESION	
								N/mm <sup>2</sup>	MPa	
00:09	00:15	17.6	17	17	17	17	16.5	0.25	0.25	
			17	17	12	17				17
00:24	00:30	18.0	27	27	27	32	29.0	0.44	0.44	
			32	32	32	27				22

00:39	00:45	17.9	37 42 42 42 42 37 42 42 42 37	40.5	0.62	<b>0.62</b>
00:54	01:00	17.9	47 47 52 52 52 47 47 47 47 52	49.0	0.75	<b>0.75</b>
01:04	01:10	17.8	62 67 67 67 67 62 62 67 67 67	65.5	0.99	<b>0.99</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 28**

*Desarrollo de resistencias tempranas diseño de mezcla N°01 – método B*

METODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE - RESISTENCIAS INICIALES - EN14488-2 (METODO B - PISTOLA HILTI)									
HORA DE ENSAYO (H:min)	TIEMPO TRANSCURRIDO (H:min)	TEMP. AMBI. (°C)	PERNO / LONGITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACION / PUNTO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCIÓN (KN)	N/mm	PROB. (N/mm)	RESIST. T. EN (MPa)
01:54	02:00	19.8	100	13	87	1300	14.94	13.56	<b>2.11</b>
				13	87	1200	13.79		
				12	88	1200	13.64		
				12	88	1200	13.64		
				11	89	1000	11.24		
				12	88	1300	14.77		
				12	88	1200	13.64		
				12	88	1200	13.64		
				12	88	1100	12.50		
				13	87	1200	13.79		
03:34	04:00	19.6	80	11	69	2000	28.99	30.18	<b>4.28</b>
				10	70	1900	27.14		
				10	70	2000	28.57		
				10	70	2100	30.00		
				11	69	2200	31.88		
				11	69	2300	33.33		
				11	69	2100	30.43		
				12	68	2300	33.82		
				11	69	2100	30.43		
10	70	1900	27.14						

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 29**

*Desarrollo de resistencias tempranas diseño de mezcla N°02 – método A*

METODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE - RESISTENCIAS INICIALES (METODO A - PENETROMETRO)										
HORA DE LECTURA (hh:mm)	HORA ACUMULADA (hh:mm)	TEMPE. AMBIENTE (°C)	FUERZA A LA PENETRACION (Kp)					PROMEDIO (Kp)	RESISTENCIA A COMPRESION	
									N / mm <sup>2</sup>	Mpa
23:15	00:10	19.2	22	27	22	22	27	23.5	0.36	<b>0.36</b>
			27	17	22	27	22			
23:25	00:20	19.6	37	37	37	37	32	34.0	0.52	<b>0.52</b>
			32	32	37	32	27			
23:35	00:30	20.1	47	47	47	47	47	45.5	0.69	<b>0.69</b>
			42	47	42	42	47			
23:55	00:50	20.4	57	62	57	57	62	59.0	0.90	<b>0.90</b>
			57	57	62	62	57			
00:15	01:10	20.8	70	67	75	67	67	69.3	1.05	<b>1.05</b>
			70	70	65	67	75			

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 30**

*Desarrollo de resistencias tempranas diseño de mezcla N°02 – método B*

METODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE - RESISTENCIAS INICIALES - EN14488-2 (METODO B - PISTOLA HILTI)										
HORA DE ENSAYO (H:mi n)	TIEMPO TRANSCURRIDO (H:min)	TEMP. AMBIENTE (°C)	PERNO / LONGITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACION / PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION (KN)	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	RESIST. EN (MPa)	
01:05	02:00	20.2	100	12	88	1200	13.64	16.10	<b>2.44</b>	
				11	89	1500	16.85			
				12	88	1500	17.05			
				12	88	1600	18.18			
				10	90	1400	15.56			
				12	88	1300	14.77			
				13	87	1500	17.24			
				12	88	1300	14.77			
				11	89	1500	16.85			
				13	87	1400	16.09			
03:05	04:00	19.5	80	22	58	2500	43.10	43.68	<b>6.03</b>	
				21	59	2500	42.37			
				23	57	2800	49.12			

20	60	2500	41.67
22	58	2400	41.38
22	58	2700	46.55
21	59	2700	45.76
22	58	2500	43.10
22	58	2500	43.10
21	59	2400	40.68

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.4. Resistencia a Compresión

**Tabla 31**

*Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 3 días - diseño de mezcla patrón N°01*

FECHA DE MUESTREO	EDAD DE ROTURA - 3 DIAS (f'c = 30 MPa)					
	FECHA DE ROTURA	M-1 (MPa)	M-2 (MPa)	M-3 (MPa)	PROM. (MPa)	% DE "f'c"
4/11/2022	7/11/2022	12.13	11.92	12.02	12.02	40.08%
8/11/2022	11/11/2022	12.10	12.45	12.17	12.24	40.80%
12/11/2022	15/11/2022	12.33	12.78	12.23	12.45	41.49%
16/11/2022	19/11/2022	12.72	12.31	12.52	12.52	41.72%
20/11/2022	23/11/2022	12.13	12.35	13.24	12.57	41.91%
<b>N° MUESTRAS</b>					<b>5</b>	
<b>RESISTENCIA PROMEDIO</b>					<b>12.36</b>	
<b>DESV. ESTANDAR</b>					<b>0.23</b>	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 32**

*Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 7 días - diseño de mezcla patrón N°01*

FECHA DE MUESTREO	EDAD DE ROTURA - 7 DIAS (f'c = 30 MPa)					
	FECHA DE ROTURA	M-4 (MPa)	M-5 (MPa)	M-6 (MPa)	PROM. (MPa)	% DE "f'c"
4/11/2022	11/11/2022	23.72	21.31	19.96	21.66	72.21%
8/11/2022	15/11/2022	20.87	21.45	22.75	21.69	72.30%
12/11/2022	19/11/2022	22.63	21.78	20.97	21.79	72.64%
16/11/2022	23/11/2022	22.75	21.75	23.42	22.64	75.47%
20/11/2022	27/11/2022	23.17	22.45	23.76	23.09	76.97%

<b>N° MUESTRAS</b>	<b>5</b>
<b>RESISTENCIA</b>	
<b>PROMEDIO</b>	<b>22.18</b>
<b>DESV. ESTANDAR</b>	<b>0.65</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 33**

*Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 28 días - diseño de mezcla patrón N°01*

<b>FECHA DE MUESTREO</b>	<b>EDAD DE ROTURA - 28 DIAS (f'c = 30 MPa)</b>					
	<b>FECHA DE ROTURA</b>	<b>M-7 (MPa)</b>	<b>M-8 (MPa)</b>	<b>M-9 (MPa)</b>	<b>PROM. (MPa)</b>	<b>% DE "f'c"</b>
4/11/2022	2/12/2022	32.52	33.71	33.19	33.14	110.47%
8/11/2022	6/12/2022	36.09	35.97	37.11	36.39	121.30%
12/11/2022	10/12/2022	37.12	36.87	38.01	37.33	124.44%
16/11/2022	14/12/2022	37.31	37.11	37.01	37.14	123.81%
20/11/2022	18/12/2022	38.45	38.37	36.86	37.89	126.31%
<b>N° MUESTRAS</b>					<b>5</b>	
<b>RESISTENCIA</b>						
<b>PROMEDIO</b>					<b>36.38</b>	
<b>DESV. ESTANDAR</b>					<b>1.89</b>	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 34**

*Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 3 días - diseño de mezcla patrón N°02*

<b>FECHA DE MUESTREO</b>	<b>EDAD DE ROTURA - 3 DIAS (f'c = 32 MPa)</b>					
	<b>FECHA DE ROTURA</b>	<b>M-1 (MPa)</b>	<b>M-2 (MPa)</b>	<b>M-3 (MPa)</b>	<b>PROM. (MPa)</b>	<b>% DE "f'c"</b>
5/11/2022	8/11/2022	13.42	13.95	14.03	13.80	43.13%
9/11/2022	12/11/2022	13.39	14.23	13.95	13.86	43.30%
11/11/2022	14/11/2022	13.57	14.11	13.71	13.80	43.11%
15/11/2022	18/11/2022	13.73	14.57	13.94	14.08	44.00%
19/11/2022	22/11/2022	14.47	15.01	13.99	14.49	45.28%
<b>N° MUESTRAS</b>					<b>5</b>	
<b>RESISTENCIA</b>						
<b>PROMEDIO</b>					<b>14.00</b>	
<b>DESV. ESTANDAR</b>					<b>0.30</b>	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 35**

*Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 7 días - diseño de mezcla patrón N°02*

FECHA DE MUESTREO	EDAD DE ROTURA - 7 DIAS (f'c = 32 MPa)					
	FECHA DE ROTURA	M-4 (MPa)	M-5 (MPa)	M-6 (MPa)	PROM. (MPa)	% DE "f'c"
5/11/2022	12/11/2022	25.13	24.97	25.17	25.09	78.41%
9/11/2022	16/11/2022	24.31	25.67	25.27	25.08	78.39%
11/11/2022	18/11/2022	25.26	24.98	25.46	25.23	78.85%
15/11/2022	22/11/2022	25.46	25.41	24.92	25.26	78.95%
19/11/2022	26/11/2022	25.59	24.71	25.12	25.14	78.56%
<b>N° MUESTRAS RESISTENCIA PROMEDIO</b>					<b>5</b>	
<b>DES. ESTANDAR</b>					<b>25.16</b>	<b>0.08</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 36**

*Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 28 días - diseño de mezcla patrón N°02*

FECHA DE MUESTREO	EDAD DE ROTURA - 28 DIAS (f'c = 32 MPa)					
	FECHA DE ROTURA	M-7 (MPa)	M-8 (MPa)	M-9 (MPa)	PROM. (MPa)	% DE "f'c"
5/11/2022	3/12/2022	46.12	45.96	47.89	46.66	145.80%
9/11/2022	7/12/2022	45.18	45.31	46.02	45.50	142.20%
11/11/2022	9/12/2022	46.51	45.78	47.25	46.51	145.35%
15/11/2022	13/12/2022	46.17	45.89	47.13	46.40	144.99%
19/11/2022	17/12/2022	45.76	46.38	46.07	46.07	143.97%
<b>N° MUESTRAS RESISTENCIA PROMEDIO</b>					<b>5</b>	
<b>DES. ESTANDAR</b>					<b>46.23</b>	<b>0.46</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 37***Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 3 días - diseño de mezcla**N°01*

FECHA DE MUESTREO	EDAD DE ROTURA - 3 DIAS (f'c = 30 MPa)					
	FECHA DE ROTURA	M-1 (MPa)	M-2 (MPa)	M-3 (MPa)	PROM. (MPa)	% DE "f'c"
2/12/2022	5/12/2022	13.57	13.51	13.59	13.56	45.19%
4/12/2022	7/12/2022	13.09	13.13	13.42	13.21	44.04%
6/12/2022	9/12/2022	12.76	12.93	13.09	12.93	43.09%
8/12/2022	11/12/2022	13.18	13.72	13.42	13.44	44.80%
10/12/2022	13/12/2022	13.26	13.07	13.38	13.24	44.12%
12/12/2022	15/12/2022	14.24	14.98	13.37	14.20	47.32%
14/12/2022	17/12/2022	14.11	13.94	14.01	14.02	46.73%
16/12/2022	19/12/2022	13.96	13.74	13.99	13.90	46.32%
18/12/2022	21/12/2022	13.98	13.87	13.89	13.91	46.38%
20/12/2022	23/12/2022	13.96	14.02	13.98	13.99	46.62%
22/12/2022	25/12/2022	13.74	13.76	13.75	13.75	45.83%
24/12/2022	27/12/2022	13.87	14.18	13.86	13.97	46.57%
26/12/2022	29/12/2022	13.74	13.97	13.66	13.79	45.97%
28/12/2022	31/12/2022	13.87	13.74	13.62	13.74	45.81%
<b>N° MUESTRAS</b>					<b>14</b>	
<b>RESISTENCIA</b>					<b>13.69</b>	
<b>PROMEDIO</b>						
<b>DESV. ESTANDAR</b>					<b>0.37</b>	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 38***Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 7 días - diseño de mezcla**N°01*

FECHA DE MUESTREO	EDAD DE ROTURA - 7 DIAS (f'c = 30 MPa)					
	FECHA DE ROTURA	M-4 (MPa)	M-5 (MPa)	M-6 (MPa)	PROM. (MPa)	% DE "f'c"
2/12/2022	9/12/2022	24.14	23.87	23.98	24.00	79.99%
4/12/2022	11/12/2022	21.83	23.57	22.20	22.53	75.11%
6/12/2022	13/12/2022	23.73	24.44	22.77	23.65	78.82%
8/12/2022	15/12/2022	22.43	23.84	22.90	23.06	76.86%
10/12/2022	17/12/2022	24.14	24.02	24.10	24.09	80.29%
12/12/2022	19/12/2022	23.95	23.98	23.80	23.91	79.70%
14/12/2022	21/12/2022	24.17	23.95	24.00	24.04	80.13%
16/12/2022	23/12/2022	24.14	23.85	24.15	24.05	80.16%



18/12/2022	25/12/2022	24.07	24.29	24.05	24.14	80.46%
20/12/2022	27/12/2022	24.14	23.97	24.32	24.14	80.48%
22/12/2022	29/12/2022	23.78	23.72	23.54	23.68	78.93%
24/12/2022	31/12/2022	24.67	24.39	23.88	24.31	81.04%
26/12/2022	2/01/2023	24.22	22.22	24.81	23.75	79.17%
28/12/2022	4/01/2023	23.57	24.43	24.01	24.00	80.01%
<b>N° MUESTRAS</b>					<b>14</b>	
<b>RESISTENCIA</b>					<b>23.81</b>	
<b>PROMEDIO</b>					<b>0.48</b>	
<b>DESV. ESTANDAR</b>					<b>0.48</b>	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 39**

*Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 28 días - diseño de mezcla*

*N°01*

FECHA DE MUESTREO	EDAD DE ROTURA - 28 DIAS ( $f'c = 30$ MPa)					
	FECHA DE ROTURA	M-7 (MPa)	M-8 (MPa)	M-9 (MPa)	PROM. (MPa)	% DE "f'c"
2/12/2022	30/12/2022	34.36	35.61	35.76	35.24	117.48%
4/12/2022	1/01/2023	30.74	32.59	32.72	32.02	106.72%
6/12/2022	3/01/2023	35.70	34.64	35.99	35.44	118.14%
8/12/2022	5/01/2023	35.52	34.71	35.91	35.38	117.93%
10/12/2022	7/01/2023	34.94	35.52	35.49	35.32	117.72%
12/12/2022	9/01/2023	36.07	35.49	35.99	35.85	119.50%
14/12/2022	11/01/2023	35.83	33.85	34.16	34.61	115.38%
16/12/2022	13/01/2023	35.04	34.15	35.84	35.01	116.70%
18/12/2022	15/01/2023	35.61	33.27	32.98	33.95	113.18%
20/12/2022	17/01/2023	37.76	34.96	35.54	36.09	120.29%
22/12/2022	19/01/2023	37.39	36.09	36.38	36.62	122.07%
24/12/2022	21/01/2023	34.34	32.66	36.81	34.60	115.34%
26/12/2022	23/01/2023	34.63	33.71	35.71	34.68	115.61%
28/12/2022	25/01/2023	33.88	34.02	35.78	34.56	115.20%
<b>N° MUESTRAS</b>					<b>14</b>	
<b>RESISTENCIA</b>					<b>34.96</b>	
<b>PROMEDIO</b>					<b>1.10</b>	
<b>DESV. ESTANDAR</b>					<b>1.10</b>	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 40***Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 3 días - diseño de mezcla**N°02*

FECHA DE MUESTREO	EDAD DE ROTURA - 3 DIAS (f'c = 32 MPa)					
	FECHA DE ROTURA	M-1 (MPa)	M-2 (MPa)	M-3 (MPa)	PROM. (MPa)	% DE "f'c"
1/12/2022	4/12/2022	14.62	14.78	14.62	14.67	45.85%
3/12/2022	6/12/2022	15.35	15.20	15.31	15.29	47.77%
5/12/2022	8/12/2022	15.86	15.72	15.54	15.71	49.08%
7/12/2022	10/12/2022	16.04	15.98	16.06	16.03	50.08%
9/12/2022	12/12/2022	14.67	14.61	14.84	14.71	45.96%
11/12/2022	14/12/2022	15.78	16.40	15.99	16.06	50.18%
13/12/2022	16/12/2022	15.96	15.74	16.06	15.92	49.75%
15/12/2022	18/12/2022	16.09	15.96	16.13	16.06	50.19%
17/12/2022	20/12/2022	15.64	15.77	15.86	15.76	49.24%
19/12/2022	22/12/2022	15.86	6.01	15.98	12.62	39.43%
21/12/2022	24/12/2022	16.06	16.22	16.17	16.15	50.47%
23/12/2022	26/12/2022	16.24	16.40	16.01	16.22	50.68%
25/12/2022	28/12/2022	16.02	15.87	16.20	16.03	50.09%
27/12/2022	30/12/2022	13.25	16.39	16.20	15.28	47.75%
<b>N° MUESTRAS</b>					<b>14</b>	
<b>RESISTENCIA ROMEDIO</b>					<b>15.46</b>	
<b>DESV. ESTANDAR</b>					<b>0.96</b>	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 41***Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 7 días - diseño de mezcla**N°02*

FECHA DE MUESTREO	EDAD DE ROTURA - 7 DIAS (f'c = 32 MPa)					
	FECHA DE ROTURA	M-4 (MPa)	M-5 (MPa)	M-6 (MPa)	PROM. (MPa)	% DE "f'c"
1/12/2022	8/12/2022	26.22	26.08	26.20	26.17	81.77%
3/12/2022	10/12/2022	26.17	26.22	26.17	26.19	81.83%
5/12/2022	12/12/2022	25.98	26.42	26.28	26.23	81.96%
7/12/2022	14/12/2022	25.55	26.13	26.28	25.99	81.21%
9/12/2022	16/12/2022	25.98	25.88	26.27	26.04	81.39%
11/12/2022	18/12/2022	26.39	26.42	26.17	26.33	82.27%
13/12/2022	20/12/2022	25.92	26.14	25.97	26.01	81.28%

15/12/2022	22/12/2022	26.37	26.09	26.14	26.20	81.88%
17/12/2022	24/12/2022	26.51	26.36	26.50	26.46	82.68%
19/12/2022	26/12/2022	26.02	26.20	26.42	26.21	81.92%
21/12/2022	28/12/2022	26.36	26.60	26.96	26.64	83.25%
23/12/2022	30/12/2022	26.51	26.88	27.43	26.94	84.19%
25/12/2022	1/01/2023	26.11	27.33	27.06	26.83	83.85%
27/12/2022	3/01/2023	26.89	26.21	27.31	26.80	83.76%
<b>N° MUESTRAS</b>					<b>14</b>	
<b>RESISTENCIA</b>						
<b>PROMEDIO</b>					<b>26.36</b>	
<b>DESV. ESTANDAR</b>					<b>0.32</b>	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 42**

*Desarrollo de la resistencia a la compresión a los 28 días - diseño de mezcla*

*N°02*

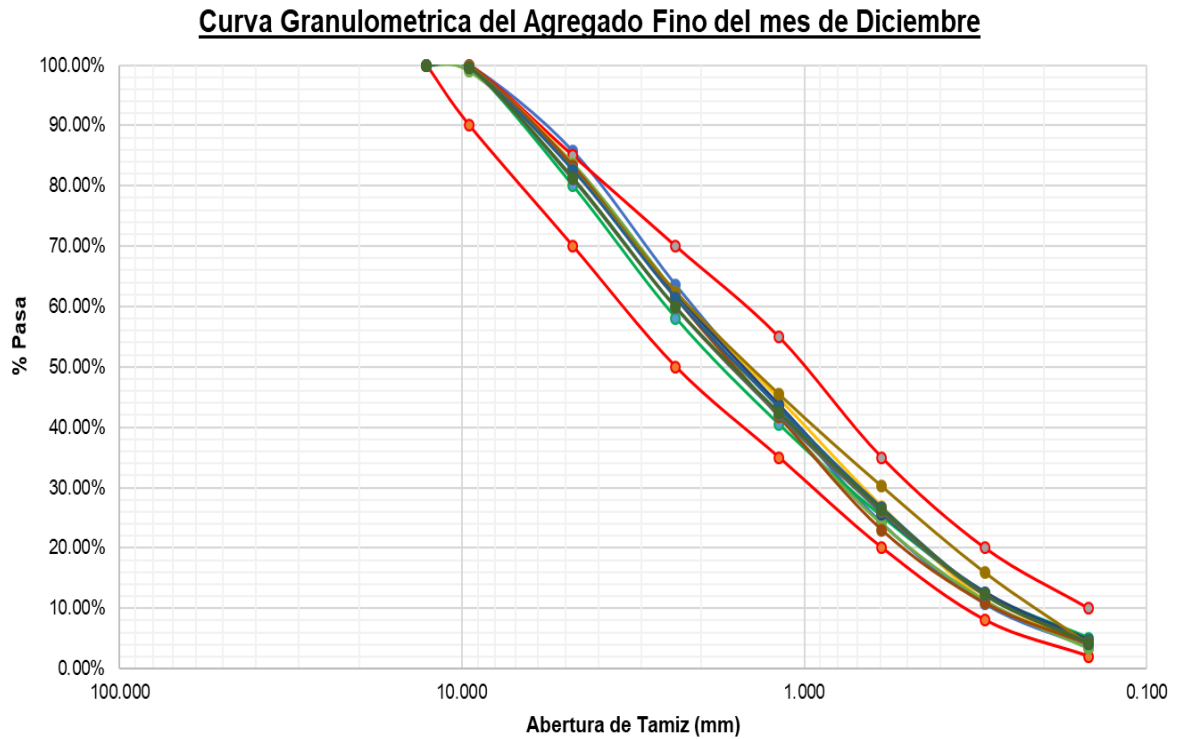
FECHA DE MUESTREO	EDAD DE ROTURA - 28 DIAS (f'c = 32 MPa)					
	FECHA DE ROTURA	M-7 (MPa)	M-8 (MPa)	M-9 (MPa)	PROM. (MPa)	% DE "f'c"
1/12/2022	29/12/2022	42.72	43.39	42.13	42.75	133.58%
3/12/2022	31/12/2022	42.96	44.93	47.63	45.17	141.17%
5/12/2022	2/01/2023	42.21	41.89	42.86	42.32	132.25%
7/12/2022	4/01/2023	42.19	41.89	42.64	42.24	132.00%
9/12/2022	6/01/2023	43.98	43.71	44.19	43.96	137.38%
11/12/2022	8/01/2023	44.74	44.12	46.87	45.24	141.39%
13/12/2022	10/01/2023	43.18	44.71	42.78	43.56	136.11%
15/12/2022	12/01/2023	44.74	44.39	43.23	44.12	137.88%
17/12/2022	14/01/2023	45.67	46.29	44.13	45.36	141.76%
19/12/2022	16/01/2023	44.12	44.64	43.45	44.07	137.72%
21/12/2022	18/01/2023	41.61	42.72	42.36	42.23	131.97%
23/12/2022	20/01/2023	39.62	39.81	40.50	39.98	124.93%
25/12/2022	22/01/2023	37.38	37.69	38.90	37.99	118.72%
27/12/2022	24/01/2023	39.00	37.75	38.28	38.34	119.82%
<b>N° MUESTRAS</b>					<b>14</b>	
<b>RESISTENCIA</b>						
<b>PROMEDIO</b>					<b>42.67</b>	
<b>DESV. ESTANDAR</b>					<b>2.40</b>	

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.5. Presentación de Resultados, Tablas, Gráficos, Figuras, etc.

**Figura 18**

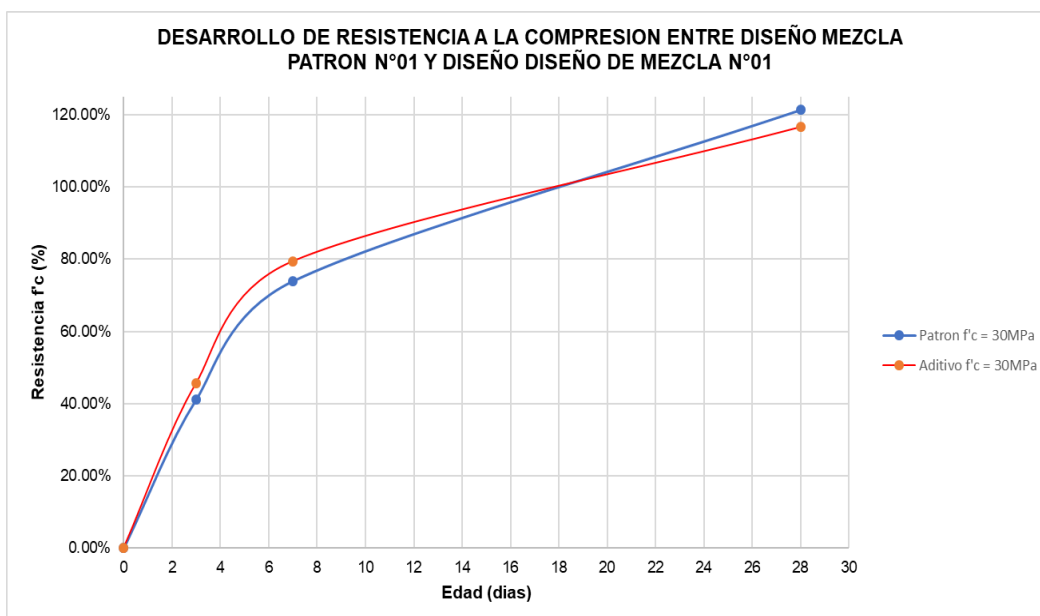
*Curvas granulométricas de tamizado dentro de los límites establecidos*



Nota. Se verifica que los ensayos de granulometría realizados a las muestras de agregados están dentro de los límites establecidos para agregados de gradación N°2 en shotcrete. Fuente. Elaboración Propia.

**Figura 19**

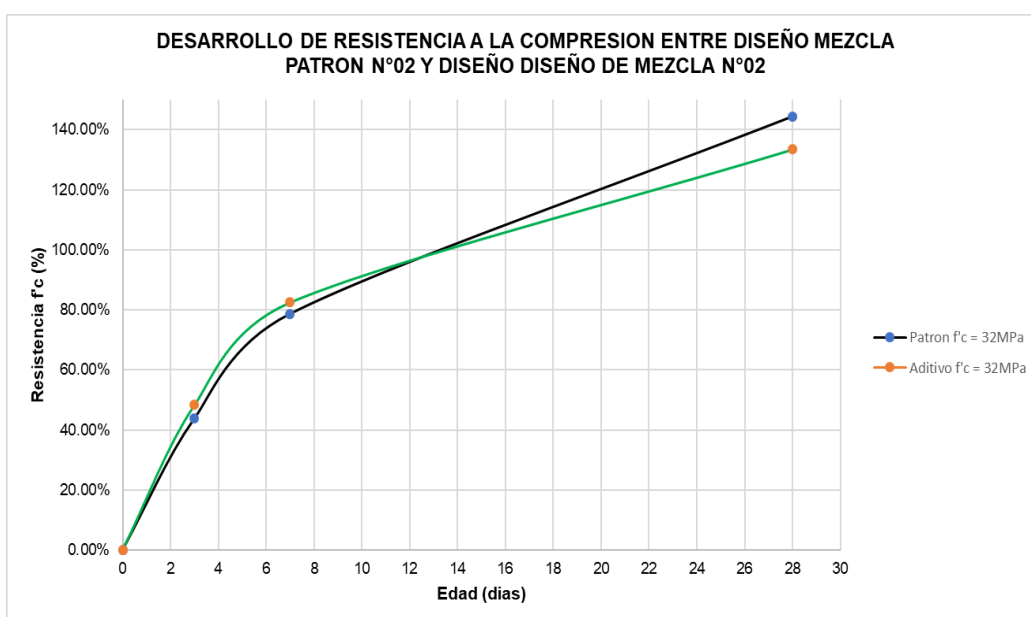
*Desarrollo de resistencias a los 3, 7 y 28 días del diseño de mezcla patrón N°01 vs diseño de mezcla N°01*



Nota. Se compara el desarrollo de resistencia a la compresión del concreto patrón y con aditivo acelerante. Fuente. Elaboración Propia.

**Figura 20**

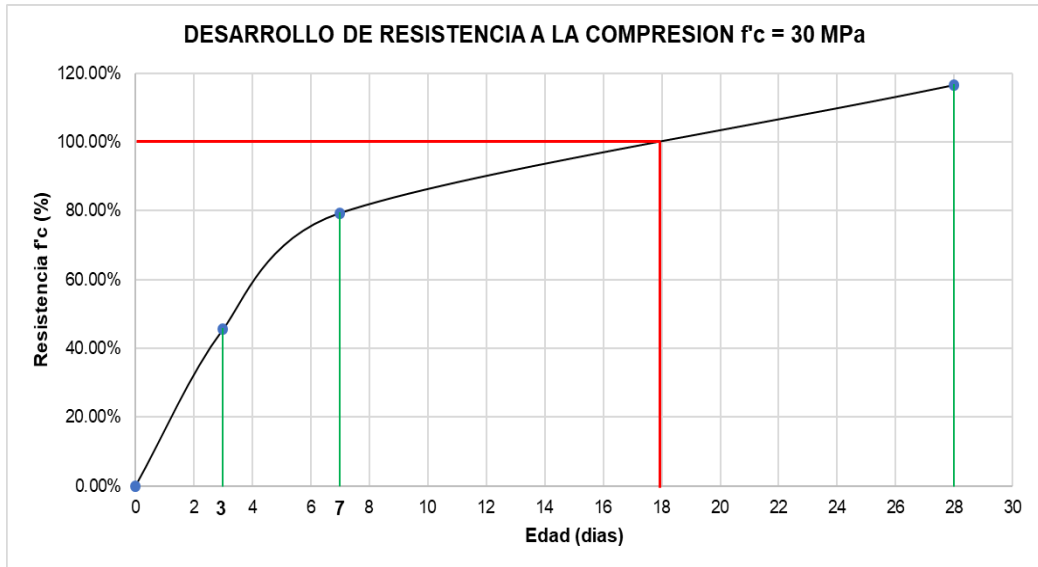
*Desarrollo de resistencias a los 3, 7 y 28 días del diseño de mezcla patrón N°02 vs diseño de mezcla N°02*



Nota. Se compara el desarrollo de resistencia a la compresión del concreto patrón y con aditivo acelerante. Fuente. Elaboración Propia.

**Figura 21**

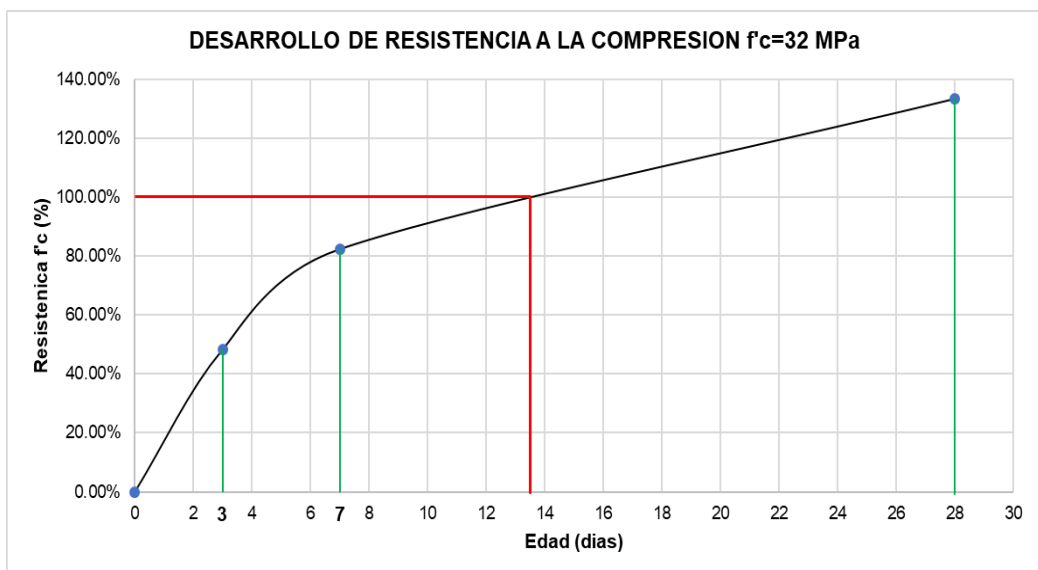
*Desarrollo de resistencias a los 3, 7 y 28 días del diseño de mezcla N°01*



Nota. La resistencia a la compresión de diseño es de 30 MPa. Fuente. Elaboración Propia.

**Figura 22**

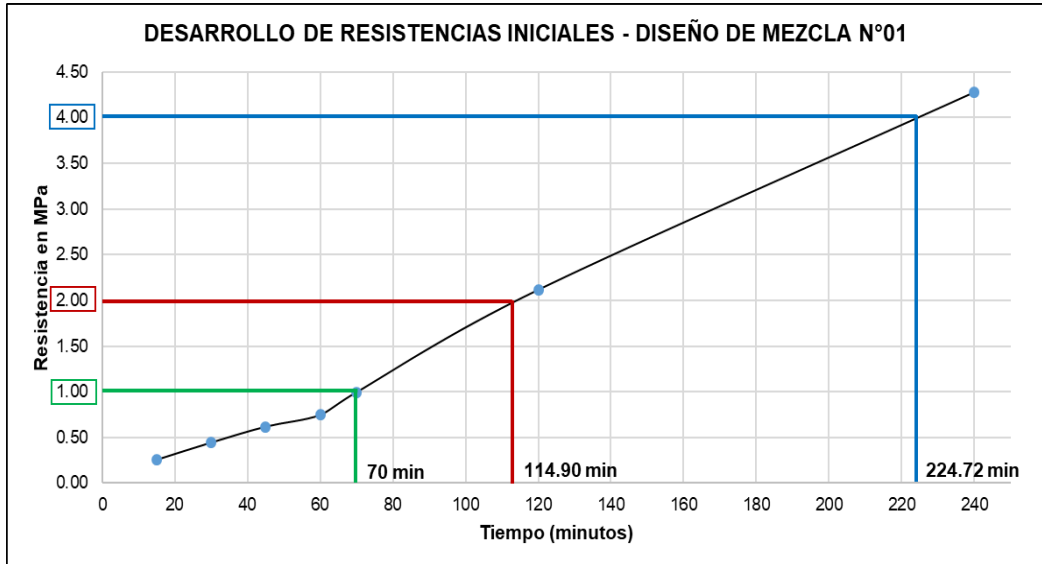
*Desarrollo de resistencias a los 3, 7 y 28 días del diseño de mezcla N°02*



Nota. La resistencia a la compresión de diseño es de 32 MPa. Fuente. Elaboración Propia.

**Figura 23**

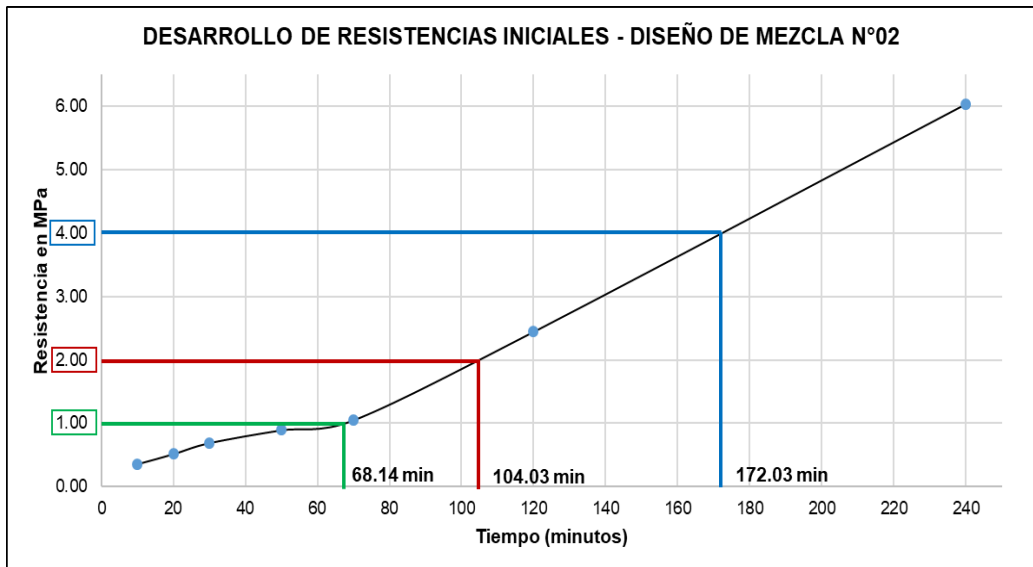
*Desarrollo de resistencias tempranas del diseño de mezcla N°01*



Nota. Se presenta los tiempos en que se obtuvieron determinadas resistencias con interpolación. Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 24**

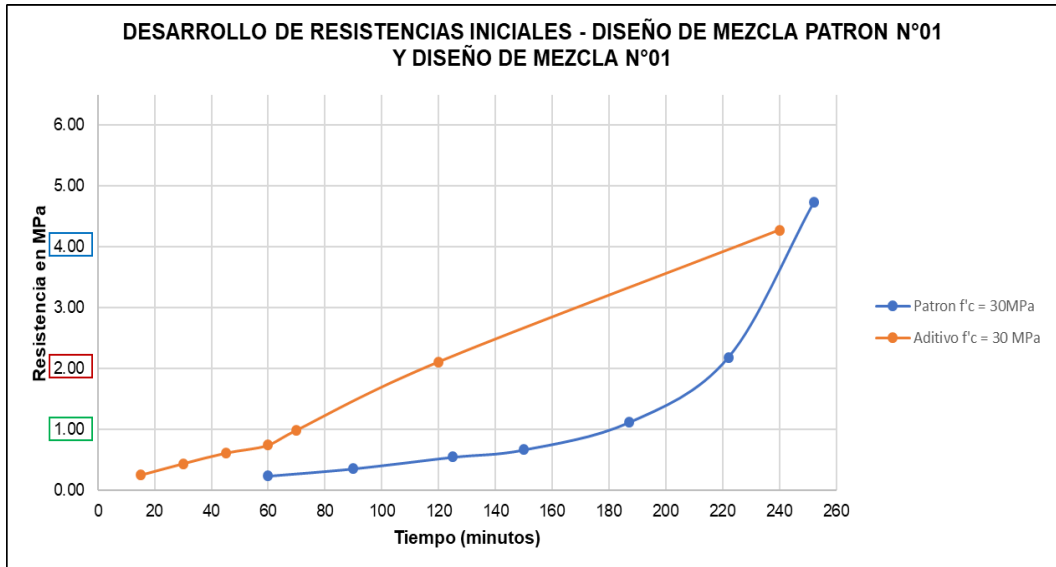
*Desarrollo de resistencias tempranas del diseño de mezcla N°02*



Nota. Se presenta los tiempos en que se obtuvieron determinadas resistencias con interpolación. Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 25**

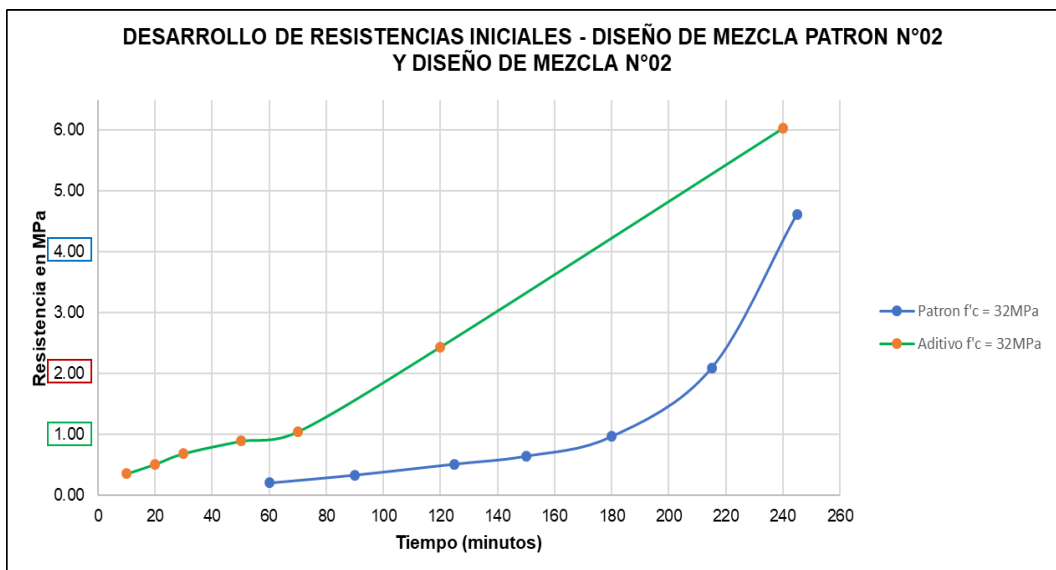
*Desarrollo de resistencias tempranas del diseño de mezcla patrón N°01 vs  
diseño de mezcla N°01*



Nota. Se presenta los tiempos en que se obtuvieron determinadas resistencias entre comparaciones de diseño de mezclas patrón y con aditivo acelerante.  
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 26**

*Desarrollo de resistencias tempranas del diseño de mezcla patrón N°02 vs  
diseño de mezcla N°02*





Nota. Se presenta los tiempos en que se obtuvieron determinadas resistencias entre comparaciones de diseño de mezclas patrón y con aditivo acelerante.  
Fuente: Elaboración Propia.

#### **4.3. Pruebas de Hipótesis**

El tipo de cemento si influye en el tiempo de fraguado ya que en este estudio se utilizó el Cemento Portland tipo I (marca Andino) que son de uso comercial y en obras generales, a diferencia del Cemento Portland tipo III que no tienen usos comerciales en la ciudad de Cerro de Pasco, pero por sus propiedades de desarrollo de altas resistencias iniciales tiene influencia en el desarrollo de resistencias a cualquier edad.

La dosificación de acelerante de fragua si influye en el desarrollo de resistencias tempranas ya que tanto para los diseños de mezcla patrón (Sin aditivo) y diseños de mezcla con aditivos se obtuvieron desarrollo de resistencias más rápidas adicionado un porcentaje de aditivo acelerante de fragua.

La relación de agua y cemento, influye específicamente en desarrollo de resistencias finales mas no en el desarrollo de resistencias tempranas.

El diseño de mezcla tradicionales direcciona como punto de partida para después ajustar mediante pruebas el diseño adecuado requerido, ya que no son precisos en sus resultados.

El desarrollo de resistencias tempranas son específicamente del material elaborado que es el shotcrete, pero también depende del área donde se va proyectar el sostenimiento, esto depende de buen estudio geotécnico, geomecánica e hidrogeológico del lugar.

#### 4.4. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos respecto al diseño de mezcla patrón y adicionando en dicho diseño un porcentaje de aditivo acelerante, demostró que influye en el desarrollo de resistencias tempranas reduciendo el tiempo de fraguado, con ello ayuda a reducir los tiempos de espera en estabilización de túneles subterráneos.

Los datos obtenidos en la resistencia temprana en el diseño de mezcla N°01 evidencia que a 1hr 10 min se llega a un (1) MPa, a 1hr 55 min a dos (2) MPa y en 3hr 44 min a cuatro (4) MPa; mientras que el diseño de mezcla N°02 evidencia que 1hr 08 min a un (1) MPa, a 1hr 44 min a dos (2) MPa y en 2hr 54 min a cuatro (4) MPa. Estos resultados garantizarían el avance de los trabajos en la actividad minera, así como la seguridad ante peligro de inestabilidad de masa de suelo o roca subterránea en estos intervalos de tiempo, si se toma como parámetro de seguridad a cuatro (4) MPa, el diseño de mezcla N°02 nos da una hora menos respecto al diseño de mezcla N°01.

**Tabla 43**

*Comparación de tiempos de resistencias tempranas entre diseños de mezcla patrón y con aditivo.*

COMPARACION DE LOS RESULTADOS				
DISEÑO DE MEZCLA	RESITENCIA TEMPRANA	TIEMPO N°01 (min)	DIFERENCIA (min)	TIEMPO N°02 (min)
D.M. PATRON	1 MPa	180	1.00	181
	2 MPa	218	-4.00	214
	4 MPa	244	-6.00	238
<b>DIFERENCIA</b>	1 MPa	-110.00		-112.86
	2 MPa	-103.10		-109.97
	4 MPa	-19.28		-65.97
D.M. (Con Aditivo)	1 MPa	70.00	-1.86	68.14
	2 MPa	114.90	-10.87	104.03
	4 MPa	224.72	-52.69	172.03

Nota. La tabla describe las diferencias de tiempo obtenidos en medición de resistencias tempranas en cada diseño de mezcla realizado. Fuente: Elaboración Propia.

El Diseño de Mezcla N°01 logra una resistencia temprana de es 1hr 50 min de 1 MPa, 1hr 43 min de 2 MPa y 20 min de 4 MPa de diferencia en comparación a la resistencia adquirida por el Diseño de Mezcla Patrón N°01; mientras que el Diseño de Mezcla N°02 en lograr una resistencia temprana de es 1hr 53 min de 1 MPa, 1hr 50 min de 2 MPa y 1hr 06 min de 4 MPa de diferencia en comparación a la resistencia adquirida por el Diseño de Mezcla Patrón N°02.

**Tabla 44**

*Comparación de tiempos de resistencias tempranas entre diseños de mezcla con aditivos.*

<b>COMPARACION DE LOS RESULTADOS</b>			
<b>RESISTENCIA TEMPRANA</b>	<b>TIEMPO N°01 (min)</b>	<b>DIFERENCIA (min)</b>	<b>TIEMPO N°02 (min)</b>
1 MPa	70.00	-1.86	68.14
2 MPa	114.90	-10.87	104.03
4 MPa	224.72	-52.69	172.03

Nota. El tiempo N°01 y N°02 representan los tiempos obtenidos en los dos diseños de mezclas que se realizaron donde se puede observar la reducción de los tiempos de fraguado. Fuente: Elaboración Propia.

## CONCLUSIONES

1. Los parámetros del shotcrete que permiten controlar el tiempo de fraguado en esta investigación fueron tipo de cemento y la dosificación del aditivo acelerante de fragua, así como la temperatura ambiente al que está expuesto, la relación agua cemento no influye en el desarrollo de resistencias tempranas, pero si en las resistencias finales.
2. La distribución de las partículas de arena gruesa de la Cantera de Vicco está dentro de los intervalos de granulometría para el uso en shotcrete de acuerdo a los ensayos realizados al agregado, lo cual es recomendable su uso en concreto lanzado.
3. El Diseño de Mezcla N°01 en lograr una resistencia temprana de es 1hr 50 min (de 1 MPa), 1hr 43 min (de 2 MPa) y 20 min (de 4 MPa) de diferencia en comparación a la resistencia adquirida por el Diseño de Mezcla Patrón N°01; mientras que el Diseño de Mezcla N°02 en lograr una resistencia temprana de es 1hr 53 min (de 1 MPa), 1hr 50 min (de 2 MPa) y 1hr 06 min (de 4 MPa) de diferencia en comparación a la resistencia adquirida por el Diseño de Mezcla Patrón N°02.
4. Los datos obtenidos en la resistencia temprana en el **diseño de mezcla N°01** evidencia que a 1hr 10 min se llega a un (1) MPa, a 1hr 55 min a dos (2) MPa y en 3hr 44 min a cuatro (4) MPa; mientras que el **diseño de mezcla N°02** evidencia que 1hr 08 min a un (1) MPa, a 1hr 44 min a dos (2) MPa y en 2hr 54 min a cuatro (4) MPa. Estos resultados garantizarían el avance de los trabajos en la actividad minera, así como la seguridad ante peligro de inestabilidad de masa de suelo o roca subterránea en estos intervalos de tiempo, si se toma como parámetro de

seguridad a cuatro (4) MPa, el diseño de mezcla N°02 nos da una hora menos respecto al diseño de mezcla N°01.

5. La resistencia a la compresión del diseño de mezcla N°01 llego a su 100% de su  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$  a los 18 días en promedio, mientras que el diseño de mezcla N°02 llego al su 100% de su  $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$  a los 14 días en promedio, estos diseños de mezcla a los 28 días superaron el 100% de su resistencia a la compresión.
6. El aditivo acelerante de fraguado influye tanto en las resistencias tempranas y finales del concreto, ya que, al aumentar un porcentaje de aditivo al concreto patrón, este concreto con aditivo tuvo un desarrollo de resistencia reduciéndose a los 28 días en 4.75% y 11.13% en comparación de los concretos patrones.
7. La consistencia del concreto del Diseño de Mezcla Patrón N°01 en promedio  $8 \frac{4}{5}$ , mientras que el Diseño de Mezcla N°01 aumento a  $10 \frac{4}{7}$ ; similarmente ocurrió en entre Diseño de Mezcla Patrón N°02 y Diseño de Mezcla N°02 cambiando de  $9 \frac{4}{5}$  a  $10 \frac{3}{5}$ .
8. Las características alcanzadas en resistencia, compactación, homogeneidad y durabilidad del shotcrete dependieron en gran medida del logro en las altas resistencias tempranas.
9. Para una adecuada calidad en el sostenimiento en minería, mediante el shotcrete, es importante que se realice el control de los materiales y equipos que se usan para la producción e instalación de shotcrete, la identificación de óptimos materiales mediante pruebas de suelos y geológicas en el caso de agregados y certificados de calidad para la elaboración del shotcrete, además de lograr que las maquinarias y equipos tengan un mantenimiento, con esto se ayudara al correcto

funcionamiento de los equipos y no retrasen los avances en el sistema de sostenimiento.

10. La calidad en la aplicación del shotcrete va depender de tres factores como experiencia de la mano de obra, los materiales empleados, estado y conservación de los equipos de lanzado.

11. Es importante que se cumpla con todos los requerimientos presentes en las normas, pues como se ha visto la resistencia del concreto se encuentra influenciada por muchas variables tanto internas (características de los materiales) como externas (ambiente, operario, equipos etc).

## **RECOMENDACIONES**

1. Aplicar otras variables para evaluar de qué manera influyen en el fraguado del shotcrete, así como el incremento en desarrollo en resistencias iniciales con respecto al tiempo.
2. Se recomienda investigar la variación de costo y beneficio en aplicación de shotcrete con diferentes dosificaciones en su fraguado.
3. Se recomienda realizar estudios respecto a la productividad en la aplicación de shotcrete en sostenimiento de túneles subterráneos.
4. Realizar estudios en el análisis estructural en la interacción de suelos y estructuras subterráneas con sostenimiento de shotcrete.
5. Se recomienda realizar estudios sobre parámetros de concretos especiales para la aplicación de Impresión 3D en la Construcción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abanto Castillo, F. (2013). Tecnología del Concreto (5ta Edición).

Bracamontes, R. (2014). Concreto lanzado en la Industria Minera. Construcción y Tecnología En Concreto, 17–23.

Carrasco, F. (n.d.). Tecnología del Hormigon - Ingeniería Civil.

Concrete Institute of Australia. (2010). Recommended Practice Shotcreting in Australia (Second Edi).

Cruz Choquetoma, M. Y. (2019). FORMULACIÓN DE UNA MEZCLA DE CONCRETO CON FINES DE OPTIMIZAR EL TIEMPO DE FRAGUADO EN EL CONCRETO PROYECTADO APLICADO A LA MINERÍA SUBTERRÁNEA. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA.

Division of BASF Construction Chemicals. (2013). Hormigón proyectado para fortificación de túneles. 419.

<https://es.scribd.com/document/435432785/Shotcrete-book-spanish-2013-pdf>

Enrique, F., Garay, T., Romero, A., Elard, B., & León, F. (2017). Ingeniería del concreto lanzado reforzado para el sostenimiento de rocas deleznales en excavaciones subterráneas. Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica, 19(37), 63–74.

<http://www.mendeley.com/research/ingeniería-del-concreto-lanzado-reforzado-para-el-sostenimiento-rocas-deleznables-en-excavaciones-su->

[1/?utm\\_source=desktop&utm\\_medium=1.19.4&utm\\_campaign=open\\_catalog&userDocumentId=%257Bfde1b5fb-39d6-47b2-ae1a-818dd223e4a](http://www.mendeley.com/research/ingeniería-del-concreto-lanzado-reforzado-para-el-sostenimiento-rocas-deleznables-en-excavaciones-su-1/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.4&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%257Bfde1b5fb-39d6-47b2-ae1a-818dd223e4a)



- Fernandez Alvarez, C. A., & Valderrama Fernandez, E. J. (2018). Parámetros para Maximizar la Adhesión del Shotcrete por Proceso Húmedo en Minería Subterránea de Consorcio Minero Horizonte S.A. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO BENEDICTO XVI.
- Guevara Painemal, V. C. (2017). ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO EN DURABILIDAD DEL HORMIGÓN PROYECTADO (SHOTCRETE), MEDIANTE ENSAYOS DE MIGRACIÓN DE CLORUROS (Vol. 0). UNIVERSIDAD DE CHILE.
- Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile. (2015). Shotcrete Guía Chilena Del Hormigón Proyectado (2da Edicio). <http://biblioteca.cchc.cl/datafiles/34371-2.pdf>
- Naidenov, V., & Mironova, M. (2020). Innovative hybrid fiber-reinforced shotcrete for thin repairing concrete overlays. INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL “INNOVATIONS,” 78(2), 73–78.
- Patel, A., Patel, H., Kashiyani, B., & Patel, H. (2013). A Review on Application of Shotcrete in Tunnel Construction for Better Performance. International Journal for Scientific Research & Development, 1(10), 2122–2127.
- Ramos Robles, E. F. (2017). DISEÑO DE LA MEZCLA DEL CONCRETO CONVENCIONAL Y CONCRETO LANZADO (SHOTCRETE) PARA OBTENER UN CONCRETO DE BUENA CALIDAD; EN LA COMPAÑÍA MINERA VOLCAN S.A. UNIDAD ANDAYCHAGUA (Vol. 0) [UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/321>

- Reyes Jofre, H. I. (2018). ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN PARA SU USO EN UNA MÁQUINA DE IMPRESIÓN: SELECCIÓN DE PROPIEDADES, ENSAYOS EXPERIMENTALES Y DISEÑO DE MEZCLA (Vol. 0). UNIVERSIDAD DE CHILE.
- Singh, C. P., Rana, N., & Rana, S. (2014). Shotcrete - Advanced Technology in Civil Engineering. *Journal of Civil Engineering and Environmental Technology*, 1(2), 6–9. [https://www.shotcrete.org/media/Archive/2006Win\\_Morgan.pdf](https://www.shotcrete.org/media/Archive/2006Win_Morgan.pdf)
- Torre Carrillo, A. (2004). Curso Básico de Tecnología del Concreto para Ingenieros Civiles.
- Viljoen, B. C. (2015). Sprayed concrete for underground excavations-a status report. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 115(11), 1131–1136. <https://doi.org/10.17159/2411-9717/2015/v115n11a18>
- Wang, R., Hou, Z., & Wang, J. (2015). The Development of Sprayed Concrete and Construction Technology Research. *International Conference on Electromechanical Control Technology and Transportation*, 1(Icectt), 485–492. <https://doi.org/10.2991/icectt-15.2015.93>
- Wei Ning, F., Bo Cai, Y., Bai, Y., Tong Ding, J., & Zhang, F. (2019). Research on Rebound Rate of Nano-Scale Admixture Wet-Mix Shotcrete. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 678(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/678/1/012109>
- Zamora Vignolo, S. A. (2021). SELECCIÓN DE ADITIVO ACELERANTE DE FRAGUA PARA EL SOSTENIMIENTO CON SHOTCRETE EN LA EMPRESA UNICON S.A. - MINA COBRIZA. UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA.

## **ANEXOS**



## ENSAYOS DE LABORATORIO

### I. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (NTP400.012)

#### I.1. MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:

- 1) Agregado fino o grueso según corresponda.
- 2) Tamices de 1", ¾", ½", 3/8" y N°4" para agregado grueso y tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 para agregado fino.
- 3) Máquinas vibradoras o zarandas para agregado fino y grueso.
- 4) Balanzas de 0.1gr y 0.5gr de precisión para agregados y grueso respectivamente.
- 5) Recipientes metálicos (taras) para peso de muestras.

#### I.2. PROCEDIMIENTO:

- 1) Obtener una muestra representativa del agregado según la norma ASTM C 702 con ayuda de la cuarteadora.
- 2) Secar la muestra en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .
- 3) Pesar la muestra con una aproximación al 0.1% en masa de acuerdo a lo indicado en la TABLA 2. En el caso de agregados finos la cantidad de muestra deberá ser mayor a 300g.
- 4) El tamizado se hace usando los tamices que se indican en la TABLA 1, colocados en orden decreciente según el tamaño de sus aberturas.

TABLA 1: TAMICES USADOS EN EL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

AGREGADO	TAMICES
GRUESO	3" 2 ½" 2" 1 ½" 1" ¾" ½" 3/8"
FINO	N° 4 N° 8 N° 16 N° 30 N° 50 N° 100

- 5) Se procede a colocar la muestra sobre la malla superior y mediante el empleo de la Máquina Vibradora se tamiza la muestra por un tiempo entre uno y dos minutos (No se debe forzar el paso de una partícula con la mano).
- 6) Se procede a retirar cada tamiz y pesar el material retenido (Verificar que la suma total corresponda al peso inicial).
- 7) Si existe una diferencia en el peso total obtenido luego del zarandeo (ya sea en agregados fino o grueso) se procede a corregir dicho peso distribuyendo la diferencia ( $W_{\text{Inicial}} - W_{\text{Final}}$ ) entre los tamices utilizados. Esto se puede hacer de dos formas:
  - Repartiendo equitativamente la diferencia total de pesos obtenida.
  - Repartiendo en función al peso retenido en cada tamiz, es decir, ponderando los pesos.

### I.3. RESULTADOS:

- 1) Usando el Formato de Datos (ver Apartado I.4), se procede a obtener los porcentajes retenidos y los porcentajes retenidos acumulados con una precisión de 1.0%. Por otro lado, el M.F. se deberá reportar con una precisión de 0.01u.
- 2) La norma NTP 400.037 establece gradaciones específicas para los agregados fino y grueso (ver TABLA 3 y TABLA 4). Por tal motivo, se debe verificar si los resultados se encuentran dentro del huso correspondiente al tamaño del agregado y reportar la Curva Granulométrica obtenida (ver Figura 10).

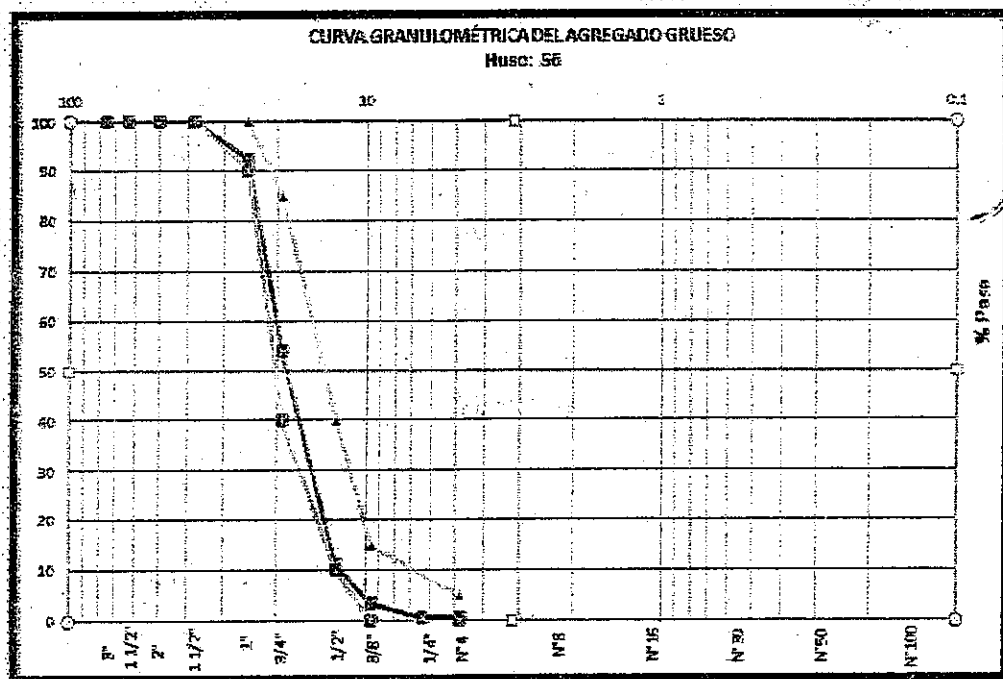


FIGURA 8: CURVA GRANULOMÉTRICA CORRESPONDIENTE AL HUSO 56.

**I.4. FORMATO DE DATOS:**

**-AGREGADO GRUESO:**

Tamiz	Peso Ret. (g)	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa
3"				
2 1/2"				
2"				
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
1/4"				
N° 4				
FONDO				
TOTAL		M.F.		

Tipo: \_\_\_\_\_  
 Cantera: \_\_\_\_\_  
 W. Muestra: \_\_\_\_\_

**- AGREGADO FINO:**

Tamiz	Peso Ret. (g)	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa
3/8"				
N° 4				
N° 8				
N° 16				
N° 30				
N° 50				
N° 100				
FONDO				
TOTAL		M.F.		

Tipo: \_\_\_\_\_  
 Cantera: \_\_\_\_\_  
 W. Muestra: \_\_\_\_\_

**-HORMIGÓN:**

Tamiz	Peso Ret. (g)	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa
2 1/2"				
2"				
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
1/4"				
N° 4				
N° 8				
N° 16				
N° 30				
N° 50				
N° 100				
FONDO				
TOTAL		M. F.		

Tipo: \_\_\_\_\_  
 Cantera: \_\_\_\_\_  
 W. Muestra: \_\_\_\_\_

**TABLA 2: PESOS REQUERIDOS SEGÚN EL T.M.N. DEL AGREGADO GRUESO O GLOBAL**

TAMIZ	PESO APROX. DE LA MUESTRA (kg)
3/8"	1
1/2"	2
3/4"	5
1"	10
1 1/2"	15
2"	20
2 1/2"	35
3"	60
3 1/2"	100

**TABLA 3: REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO FINO (NTP 400.037)**

TAMIZ	Porcentaje de Peso que pasa (%)
3/8"	100
N° 4	95 - 100
N° 8	80 - 100
N° 16	50 - 85
N° 30	25 - 60
N° 50	05 - 30
N° 100	0 - 10

**NOTA 1:** La distribución granulométrica que deben cumplir los agregados fino y grueso se encuentran especificadas en la norma NTP 400.037, denominadas Requisitos Obligatorios.



**TABLA 4: REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO**

HUSO ASTM C33	Tamaño Nominal	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS (NTP 400.037)												
		100 mm (4")	90 mm (3½")	75 mm (3")	63 mm (2½")	50 mm (2")	37.5 mm (1½")	25 mm (1")	19 mm (¾")	12.5 mm (½")	9.5 mm (3/8")	4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8)	1.18 mm (N°16)
1	90 mm a 37.5 mm (3½" a 1½")	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
2	63 mm a 37.5 mm (2½" a 1½")	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
3	50 mm a 25 mm (2" a 1")	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-
357	50 mm a 4.75 mm (2" a N°4)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-
4	37.5 mm a 19 mm (1½" a ¾")	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-
467	37.5 mm a 4.75 mm (1½" a N°4)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-
5	25 mm a 12.5 mm (1" a ½")	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-
56	25 mm a 9.5 mm (1" a 3/8")	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-
57	25 mm a 4.75 mm (1" a N°4)	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 65	-	0 a 10	0 a 5	-
6	19 mm a 9.5 mm (¾" a 3/8")	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-
67	19 mm a 4.75 mm (¾" a N°4)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-
7	12.5 mm a 4.75 mm (½" a N°4)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-
8	9.5 mm a 2.36 mm (3/8" a N°8)	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-



## II. ENSAYO DE PESOS UNITARIOS (NTP400.017):

### II.1. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:

- 1) Lampa o cucharón.
- 2) Recipientes cilíndricos metálicos de tamaños normalizados.
- 3) Varilla compactadora de 5/8" de diámetro y 60cm de longitud.
- 4) Comba de caucho.
- 5) Balanza, con una precisión de al menos 0.05 Kg.

### II.2. PROCEDIMIENTO:

#### A) PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.):

- 1) De acuerdo al tamaño máximo del agregado se elige la capacidad del recipiente como se indica en la TABLA 5.
- 2) Con cuarteadoras obtener una muestra representativa según la norma ASTM C 702 (Method "B" - Quartering), el tamaño de la muestra será aproximadamente de 125% a 200% de la cantidad requerida para llenar el recipiente.

**TABLA 5: VOLUMEN DEL RECIPIENTE  
DE ACUERDO AL T.M.N.**

CAPACIDAD DEL RECIPIENTE (pie <sup>3</sup> )	TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO DE AGREGADO Pulg (mm)
1/10	1/2 (12.5)
1/3	1 (25.0)
1/2	1 1/2 (37.5)
1	3 (75)

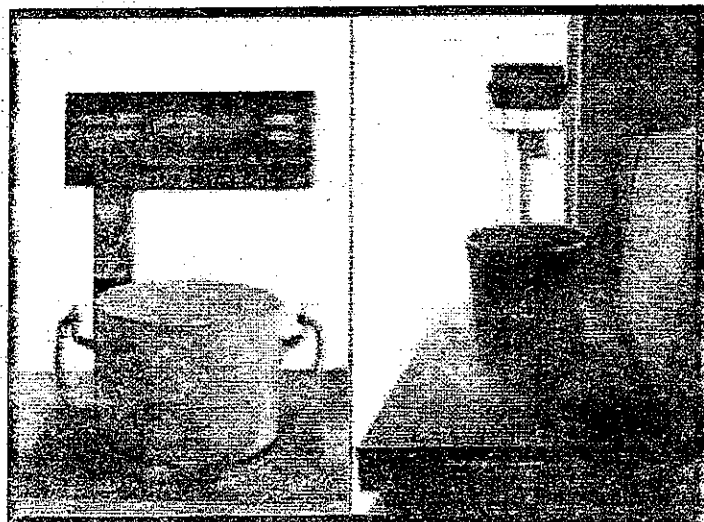
- 3) Con el material seco y adecuadamente seleccionado (método del cuarteo), se llena la tercera parte del recipiente y con ayuda de la varilla de 5/8" se compacta la primera capa con 25 golpes distribuidos uniformemente sobre su superficie. Debe procurarse no golpear el fondo del recipiente durante la compactación.
- 4) La siguiente capa se llena hasta las 2/3 partes del volumen del recipiente y se compacta de manera análoga.
- 5) Finalmente, se coloca la última capa excediendo el volumen del recipiente y con ayuda de la varilla se compacta y enrasa su superficie. Al compactar las dos últimas capas la barra debe penetrar hasta 5cm de la capa anterior.
- 6) Para una mejor compactación, después de cada capa se dan tres golpes con el martillo de caucho en cada uno de los cuadrantes.



**FIGURA 9: COMPACTACIÓN DE AGREGADO GRUESO (P.U.C. A.Gruesos)**



**FIGURA 10: COMPACTACIÓN DE AGREGADO FINO (P.U.C. A.Finos)**



**FIGURA 11: PESADO DE ARENA Y PIEDRA COMPACTADA**

- 7) Pesarse el recipiente con su contenido y descontar el peso del recipiente, con ello se obtendrá el peso del material compactado. Registrar dichos valores con una precisión de 0.05Kg.
- 8) El Peso Unitario Compactado (P.U.C.) se obtendrá al dividir el peso del material seco compactado entre el volumen del recipiente:

$$P.U.C = \frac{W_{Compactado}(Kg)}{V_{Recipiente}(m^3)}$$

**B) PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.):**

- 1) El recipiente se llena con una pala dejando caer el agregado desde una altura aproximada de 5 cm de la parte superior. Una vez lleno, se enrasa con la varilla.
- 2) Pesarse el recipiente más agregado suelto y restar el peso del recipiente.

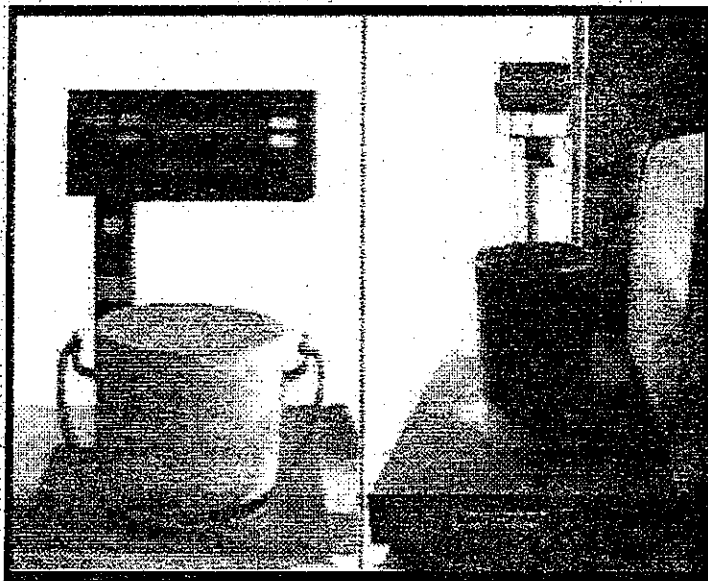


FIGURA 12: PESADO DE ARENA Y PIEDRA SUELTA

- 3) El peso unitario suelto se obtiene de la siguiente relación:

$$P.U.S = \frac{W_{Suelto}(Kg)}{V_{Recipiente}(m^3)}$$

**II.3 FORMATO DE DATOS:**

**- IDENTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES:**

	Ag. Fino	Ag. Grueso	Hormigón
Tipo			
Procedencia			

**- PESO UNITARIO:**

**PESO UNITARIO SUELTO:**

	Ag. Fino	Ag. Grueso	Hormigón
Peso de la muestra + Recipiente (Kg)			
Peso del recipiente (Kg)			
Peso de la muestra (Kg)			
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> )			
Peso unitario suelto (Kg / m <sup>3</sup> )			

**PESO UNITARIO COMPACTADO:**

	Ag. Fino	Ag. Grueso	Hormigón
Peso de la muestra + Recipiente (Kg)			
Peso del recipiente (Kg)			
Peso de la muestra (Kg)			
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> )			
Peso unitario compactado (Kg / m <sup>3</sup> )			

**- OBSERVACIONES:**

---



---

### III. ENSAYO PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE HUMEDAD EN AGREGADOS (NTP 339.185)

#### III.1. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS:

- 1) Cuarteadoras.
- 2) Lampa.
- 3) Cuchara de metal.
- 4) Recipientes metálicos (taras).
- 5) Horno capaz de mantener una temperatura alrededor de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- 6) Balanza electrónica.

#### III.2. PROCEDIMIENTO:

- 1) Obtener una muestra representativa del agregado mediante cuarteo (ASTM-C702).
- 2) Se procede a tomar el peso requerido de acuerdo a lo indicado en la TABLA 6.

**TABLA 6: CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA**

TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO DE AGREGADO	CANTIDAD MÍNIMA DE ENSAYO (Kg)
No. 4	0.5
3/8"	1.5
1/2 "	2
3/4"	3
1"	4
1 1/2 "	6

**NOTA 2:** Por fines académicos suele considerarse una cantidad de 0.5 Kg para agregado fino, 2.0 Kg para agregado grueso y 3.0 Kg para hormigones.

- 3) Colocar la muestra en el horno en estado natural, empleando un recipiente adecuado y revolviendo la muestra para evitar un sobrecalentamiento localizado, ello a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por un periodo de 24 horas o hasta conseguir un peso constante.
- 4) Sacar del horno y dejar al aire por una hora, luego pesar la muestra seca.

**III.3. CÁLCULOS:**

El porcentaje de humedad se obtiene según la ecuación:

$$H(\%) = \frac{(W_h - W_s)}{W_s} * 100$$

Donde:

- H (%) : Porcentaje de humedad del agregado ensayado.
- $W_h$  : Peso del agregado en estado húmedo.
- $W_s$  : Peso del agregado en estado seco.
- $W_h - W_s$  : Peso del agua retenida en el agregado en condiciones naturales.

**III.4. FORMATO DE DATOS:**

**IDENTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES:**

	Ag. Fino	Ag. Grueso	Hormigón
Tipo			
Procedencia			

**CONTENIDO DE HUMEDAD:**

	Ag. Fino	Ag. Grueso	Hormigón
Peso de la muestra en estado ambiental (g)			
Peso de la muestra seca al horno (g)			
Peso del agua perdida (g)			
Contenido de humedad (%)			

**OBSERVACIONES:**

---



---

## **IV. ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN EN AGREGADOS (NTP400.021 - NTP 400.022)**

**IV.1. DEFINICIONES:** De acuerdo a la norma NTP 400.021, se tienen las siguientes definiciones:

### **IV.1.1. Peso Específico:**

Es la relación, a temperatura estable, entre la masa de un volumen unitario de material y la masa del mismo volumen de agua destilada libre de gas.

### **IV.1.2. Peso Específico Aparente:**

Es la relación, a temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material y de un volumen igual de agua destilada libre de gas. Si se trata de un material sólido el volumen corresponde a la porción impermeable.

### **IV.1.3. Peso Específico de Masa:**

Es la relación, a temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material (incluyendo sus poros permeables e impermeables), y la masa en el aire de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

### **IV.1.4. Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seco:**

Definido de manera análoga al peso específico de masa, excepto que la masa en estudio incluye el agua presente dentro de los poros permeables.

### **IV.1.5. Absorción:**

Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de haber sido sumergido durante 24 horas. Se expresa como porcentaje del peso seco.

## **IV.2. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS:**

### **IV.2.1. Para Agregado Grueso:**

- 1) Lampa.
- 2) Baldes de tamaño medio.
- 3) Balanza de 0.1gr de precisión (peso en el aire).
- 4) Balanza Hidrostática (Figura 7).
- 5) Canastilla metálica.
- 6) Horno con capacidad de mantener temperaturas entre  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .
- 7) Franela o trapo seco.
- 8) Recipientes metálicos (taras).



**IV.2.2. Para Agregado Fino:**

- 1) Lampa.
- 2) Baldes de tamaño medio.
- 3) Balanza de 0.1 gr de precisión.
- 4) Fiola de 500ml de capacidad.
- 5) Pipetas.
- 6) Recipientes metálicos.
- 7) Horno con capacidad de mantener temperaturas entre  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- 8) Hornilla o secador eléctrico.
- 9) Cono y pisón.
- 10) Pliegos de plástico transparente.

**IV.3. PROCEDIMIENTO:**

**A) PARA AGREGADO GRUESO:**

- 1) Con cuarteadoras obtener una muestra representativa según la norma ASTM C 702. Luego, descartar el material que pase a través del tamiz N°4 por tamizado en seco.
- 2) Lavar la muestra de ensayo eliminando polvo e impurezas. Posteriormente, seleccionar una porción de la muestra tratada de acuerdo a lo indicado en la TABLA 7.

**TABLA 7: CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA**

TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO DE AGREGADO	CANTIDAD MÍNIMA DE ENSAYO (Kg)
1/2"	2.0
3/4"	3.0
1"	4.0
1 1/2"	5.0
2"	8.0

- 3) Secar el material en el horno, dejarlo enfriar y sumergirlo en un balde con agua por un periodo de  $24 \pm 4$  horas.
- 4) Retirar la muestra, colocarla sobre una franela y con ayuda de sus extremos secar la superficie de sus partículas. De esta forma se obtendrá la muestra saturada con superficie seca.
- 5) Registrar su peso (A) con una precisión de 0.5g como mínimo.
- 6) Colocar la muestra saturada con superficie seca en la canastilla de alambre de la balanza hidrostática y determinar su peso sumergido en agua (B) a una temperatura de  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .



- 7) Secar la muestra en el horno hasta obtener un peso constante. Luego, anotar su peso con la misma precisión indicada anteriormente.
- 8) Los valores correspondientes a la absorción y los pesos específicos se obtendrán a partir de las siguientes relaciones:

- Pesos específicos:

$$P. E. Masa = \frac{D}{C}$$

$$P. E. Masa_{SSS} = \frac{A}{C}$$

$$P. E. Aparente = \frac{D}{E}$$

- Absorción:

$$\% Absorción = \frac{(A - D)}{D} \times 100$$

**TABLA 8: PARÁMETROS PARA PESOS ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO**

<b>A</b>	Peso de la muestra saturada superficialmente seca (en aire)
<b>B</b>	Peso de la muestra saturada (en agua)
<b>C</b>	Volumen de masa + Volumen de vacíos = A + B
<b>D</b>	Peso seco (en aire)
<b>E</b>	Volumen de la masa = D - B

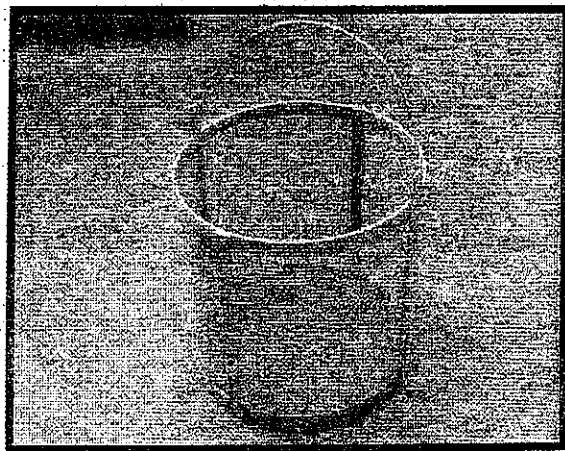


FIGURA 13: CANASTILLA METÁLICA

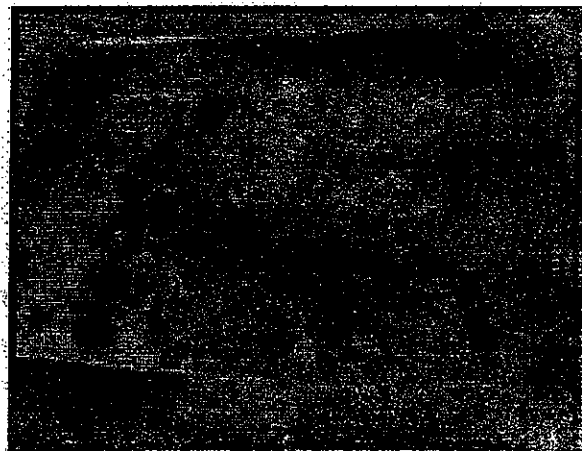
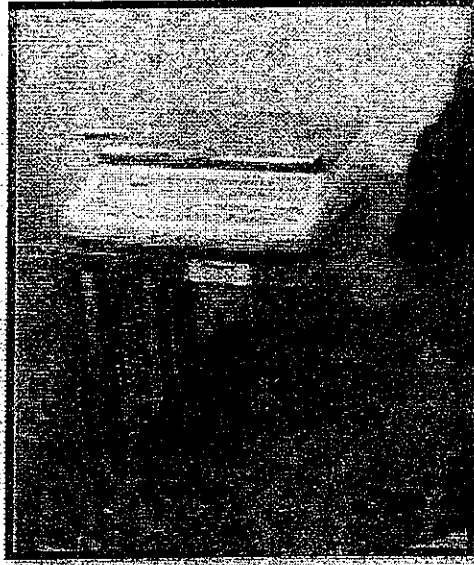


FIGURA 14: AGREGADO DE ENSAYO



**FIGURA 15: AGREGADO SATURADO SUMERGIDO EN AGUA (VOLUMEN ABSOLUTO)**

**B) PARA AGREGADO FINO:**

- 1) Obtener una muestra por cuarteo según la norma ASTM C 702.
- 2) Saturar una muestra mayor de 1000g por  $24 \pm 4$  horas en un balde de tamaño mediano.
- 3) Retirar del agua la muestra saturada y dejarla secar al ambiente sobre el pliego de plástico durante 24 horas. Luego, de ser necesario, seque el material usando una hornilla o un secador electrónico.
- 4) Seleccionar 500g de muestra saturada superficialmente seca por el Método del Cono (NOTA 3).
- 5) Pesarse la fiola (picnómetro) e introducir la muestra en estado S.S.S.
- 6) Llenar la fiola con agua hasta que el nivel se encuentre por encima del material.
- 7) Agitar el recipiente para evitar la presencia de burbujas de aire.
- 8) Llenar la fiola con agua hasta los 500cc y determinar el peso total (A).
- 9) Vaciar el material en un recipiente y dejar reposar por 15 a 20 minutos.
- 10) Eliminar el agua del recipiente usando una pipeta, teniendo cuidado de no retirar las partículas finas del material.
- 11) Secar el agregado en el horno por un periodo de 24 horas.
- 12) Dejar enfriar a temperatura ambiente durante una hora y registrar su peso (D).
- 13) Los valores correspondientes a la absorción y los pesos específicos se obtendrán a partir de las siguientes expresiones:

- Pesos específicos:

$$P. E. Masa = \frac{D}{E - C}$$

$$P. E. Masa_{SSS} = \frac{500}{E - C}$$

$$P. E. Aparente = \frac{D}{(E - C) - (500 - D)}$$

- Absorción:

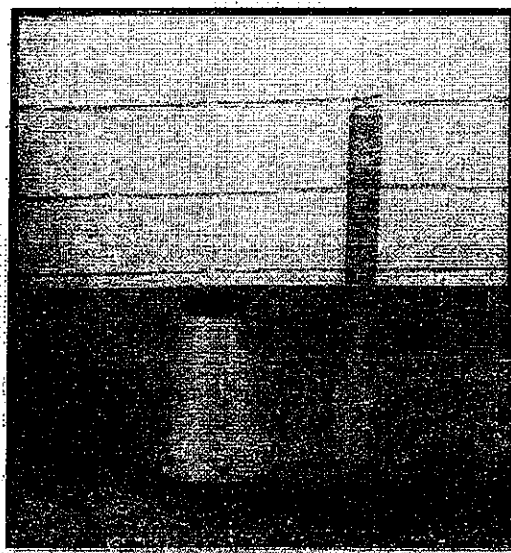
$$\%Abs = \frac{(500 - D)}{D} \times 100$$

**TABLA 9: PARÁMETROS PARA PESOS ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO**

<b>A</b>	Peso de la arena saturada superficialmente seca + Peso del frasco + Peso del agua
<b>B</b>	Peso de la arena saturada superficialmente seca + Peso del frasco
<b>C</b>	Peso del agua = B - A
<b>D</b>	Peso de la arena secada al horno
<b>E</b>	Volumen del frasco



**FIGURA 16: FICLA (PICNÓMETRO)**



**FIGURA 17: CONO Y PISÓN**

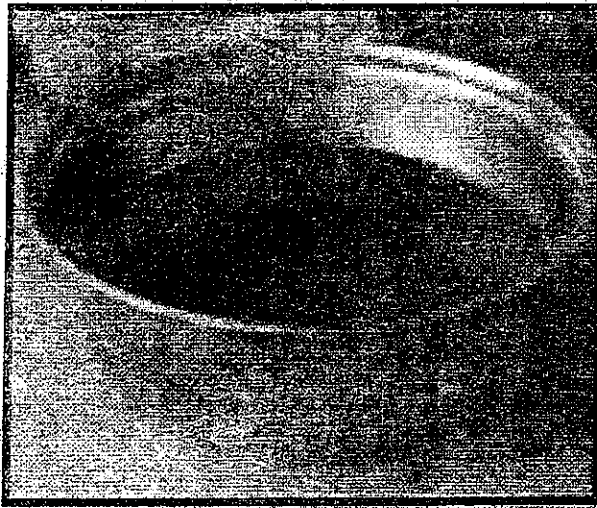


FIGURA 18: SATURACIÓN DE LA MUESTRA

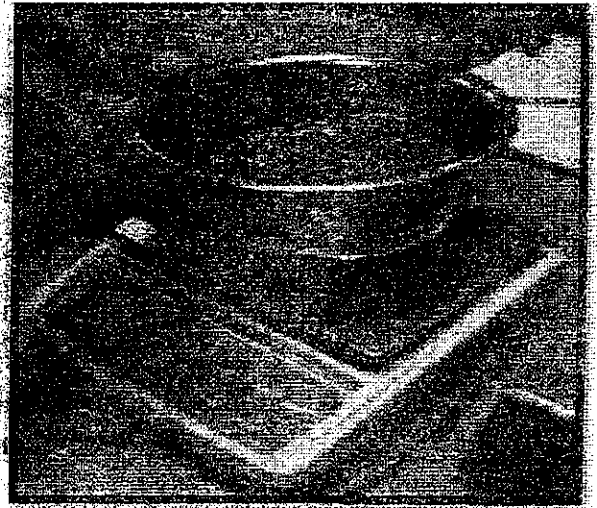
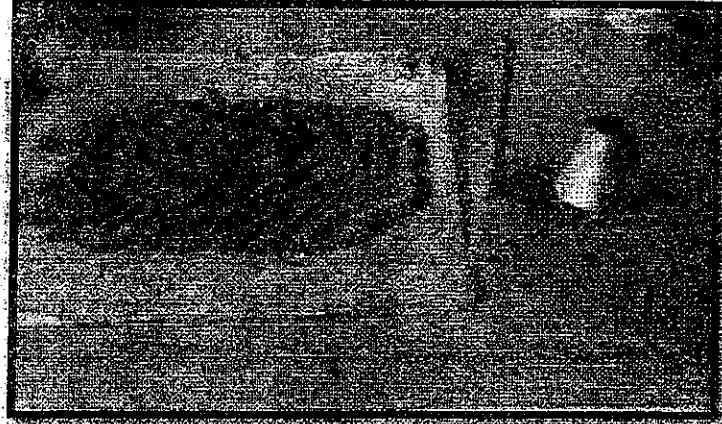


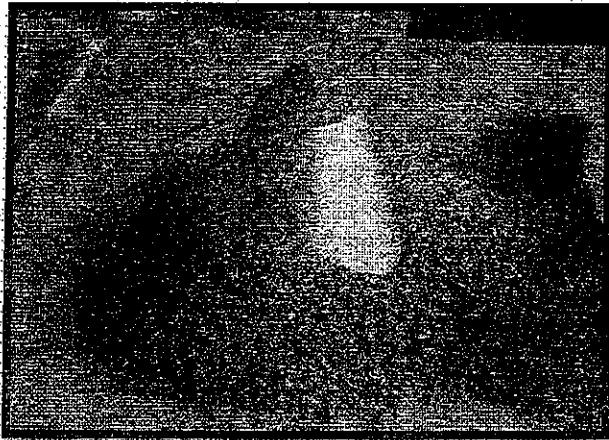
FIGURA 19: PESO DE LA MUESTRA EN ESTADO S.S.S.

**NOTA 3:** El ensayo del cono se realiza con el fin de evaluar el nivel de saturación de una muestra de agregado fino, dicho procedimiento se describe a continuación:

- Se toma la muestra de agregado fino para el ensayo (500 gr), el cono y el pisón correspondientes (Figura 22).
- Se introduce la muestra en el molde cónico (Figura 23).
- Con la ayuda del pisón se compacta la muestra por gravedad con 25 golpes, con una altura de caída de 3 cm respecto a la base superior del molde (Figura 24).
- Sujetar el cono por la parte inferior y elevarlo rápidamente en forma vertical al plano de su base (Figura 25).
- Evaluar el nivel de saturación de la muestra en función a la forma adquirida por el montículo de arena resultante:
  - ✓ Si el montículo no se deforma en lo absoluto respecto a su forma inicial se dice que la muestra está completamente saturada.
  - ✓ Si el montículo presenta caída de material por los lados como se aprecia en la Figura 26 entonces se dice que la muestra está saturada superficialmente seca (estado S.S.S.).
  - ✓ Si el montículo se desmorona por completo se dice que la muestra está seca y se debe humedecer nuevamente.
- En cualquiera de los tres casos si el resultado no es el esperado se deja la muestra por media hora y se vuelve a realizar el ensayo del cono.



**FIGURA 20: CONO, PISÓN Y MUESTRA DE ARENA**



**FIGURA 21: COLOCACIÓN DE ARENA EN EL CONO**



**FIGURA 22: APISONADO DE LA MUESTRA**



**FIGURA 23: DESMOLDE DEL CONO**



**FIGURA 24: ESTADO S.S.S. EN AGREGADO FINO**

**IV.4. FORMATO DE DATOS:**

- **AGREGADO FINO:** Basado en la Norma Técnica: NTP 400.022  
 Tipo de muestra: \_\_\_\_\_ Procedencia: \_\_\_\_\_

Peso de la arena superficialmente seca		
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balón + peso del agua		
Peso del balón		
Peso del agua	W	
Peso de la arena seca al horno	A	
Volumen del balón	V	

Peso específico de masa	$A / (V - W)$	
Peso específico de masa superficialmente seco	$500 / (V - W)$	
Peso específico aparente	$A / (V - W) - (500 - A)$	
Porcentaje de absorción	$(500 - A) \times 100 / A$	

- **AGREGADO GRUESO :** Basado en la Norma Técnica: NTP 400.021  
 Tipo de muestra: \_\_\_\_\_ Procedencia: \_\_\_\_\_

Peso de la muestra secada al horno	A	
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	B	
Peso de la muestra saturada en agua + peso de la canastilla		
Peso de la canastilla		
Peso de la muestra saturada en agua	C	

Peso específico de masa	$A / (B - C)$	
Peso específico de masa superficialmente seco	$B / (B - C)$	
Peso específico aparente	$A / (A - C)$	
Porcentaje de absorción	$(B - A) \times 100 / A$	

- **HORMIGÓN:**  
 Tipo de muestra: \_\_\_\_\_ Procedencia: \_\_\_\_\_

Peso de la muestra secada al horno	A	
Peso de la muestra saturada superficialmente seco	B	
Volumen de agua desplazada	C	

Peso específico de masa	$A / C$	
Peso específico de masa superficialmente seco	$B / C$	
Porcentaje de absorción	$(B - A) \times 100 / A$	



## IV. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO (NTP 334.006)

### IV.1. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:

- Aparato Vicat.
- Cronómetro.
- Mesa de Flujo.
- Probetas Graduadas.
- Moldes.
- Vidrio.
- Plancha Triangular.
- Balanza.

### IV.2. PROCEDIMIENTO:

#### IV.2.1. Condiciones Ambientales:

Temperatura de los materiales y Herramientas	20 – 23 ° C
Temperatura del Agua	21° - 25°C
Humedad Relativa	50%

#### IV.2.2. Cámara Húmeda:

La atmósfera en una Cámara Húmeda o Cuarto Húmedo debe tener una temperatura de  $23.0 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa no menor al 90%. La humedad en la atmósfera debe estar saturada al grado necesario para asegurar que las superficies expuestas de todos los especímenes en almacenamiento tengan una apariencia de humedad y se sientan húmedas todo el tiempo necesario para el ensayo.

#### IV.2.3. Preparación de la Pasta:

Se realiza de acuerdo a lo indicado en el apartado 1.2.1. Luego, se sigue con el llenado de la pasta en el molde del Aparato Vicat que se describe en el apartado 3.2.

#### IV.2.4. Ensayo de Fraguado:

El espécimen de ensayo deberá permanecer 30 minutos en la cámara húmeda luego de su preparación. Transcurrido este tiempo se comienza con el ensayo de penetración con la aguja de Vicat (NOTA 5).

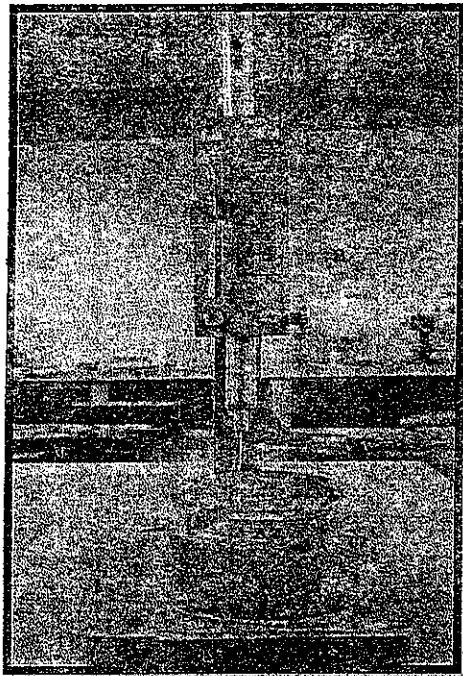


FIGURA 21: ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA

**a. Determinación del Principio de Fraguado:**

- 1) Bajar la aguja hasta que su extremo tome contacto con la superficie de la pasta y por medio del tornillo fijar la sonda en esa posición.
- 2) Hacer coincidir la posición del índice con el cero superior (NOTA 3).
- 3) Soltar el vástago aflojando el tornillo.
- 4) Hacer la lectura después de 30 segundos.
- 5) Continuar con las mediciones cada 30 minutos e ir anotando los resultados. En el caso de que los valores obtenidos sean cercanos a 25mm el tiempo entre cada medición deberá ser mucho menor a fin de poder interpolar los valores requeridos.
- 6) Conservar el espécimen en la cámara húmeda entre cada lectura.

**b. Determinación del Fin de Fraguado:**

- 1) Al alcanzar una penetración de 4mm (a mayor tiempo de fragua menor profundidad de penetración) sacar el espécimen de ensayo del aparato.
- 2) Limpiarlo e invertirlo apoyando sobre el vidrio la base menor.
- 3) Continuar las penetraciones hasta que no dejen huella sobre la superficie de la muestra.

**c. Precauciones:**

- 1) El aparato no debe estar sometido a vibraciones durante la penetración de la aguja.
- 2) La aguja de 1 mm de diámetro debe permanecer recta y limpia.





- 3) Debido a que el ensayo de fraguado es afectado por la temperatura y cantidad de agua así como la temperatura y humedad del aire, su determinación es solo aproximada.

**NOTA 5:** Las penetraciones sucesivas de la aguja sobre la pasta deben estar separadas a un mínimo de 5mm entre sí y a un máximo de 10mm del borde superior interno del tronco de cono.

**IV.3. EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS:**

**I.1.1. Principio de Fraguado:**

Tiempo que transcurre desde que se agrega el cemento al agua hasta que la penetración marque 25 mm, su determinación se hace interpolando los resultados de las penetraciones registradas.

**I.1.2. Fin de Fraguado:**

Tiempo transcurrido entre el momento en que se agrega el cemento al agua hasta el momento en el cual la aguja de Vicat no deje marca visible en la pasta

**IV.4. DATOS DE LABORATORIO:**

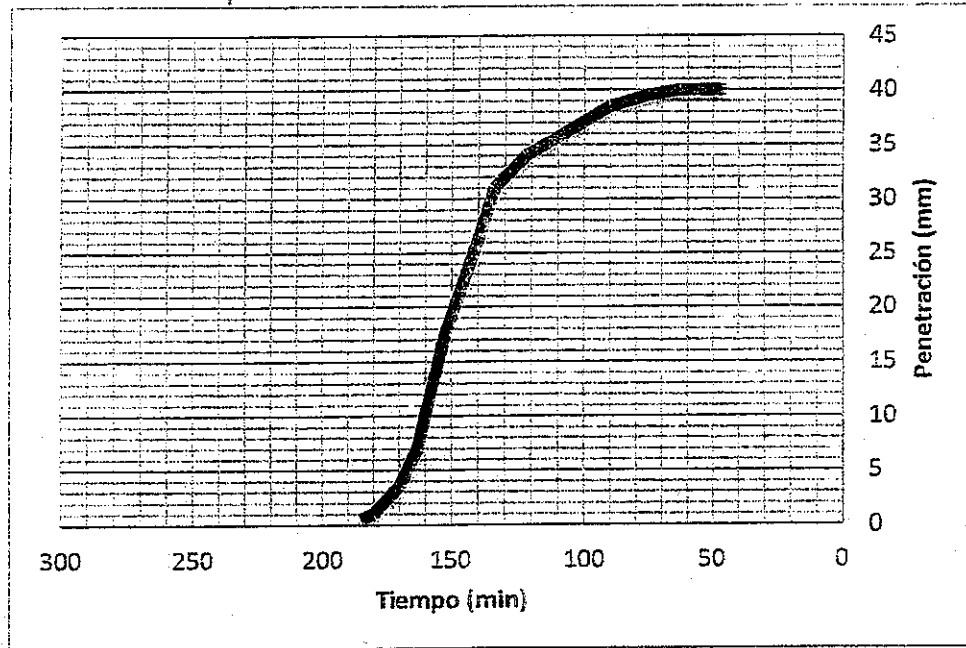
**Ejemplo:** Teniendo en cuenta las proporciones obtenidas en el ejemplo de consistencia normal (C.A. = 27.8%), se han obtenido los siguientes resultados para el tiempo de fraguado:

**a) Registro de datos:**

<b>Laboratorio de Ensayo de Materiales - FIC</b>			
<b>Ensayo para la Determinación del Tiempo de Fraguado</b>			
<b>Tiempo</b>	<b>Lectura Aguja Vicat (mm)</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Lectura Aguja Vicat (mm)</b>
00:00	40.0	02:14	31.0
00:15	40.0	02:19	25.0
00:30	40.0	02:26	22.0
00:45	40.0	02:33	20.0
01:03	39.0	02:43	4.0
01:15	39.0	02:50	3.0
01:30	38.5	03:00	1.0
02:02	35.0	03:05	0.0

- Tiempo de fraguado inicial: 2 horas y 19 minutos.
- Tiempo de fraguado final: 3 horas y 05 minutos.

b) Gráfica Penetración (mm) Vs Tiempo (min):





## VI. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 334.051)

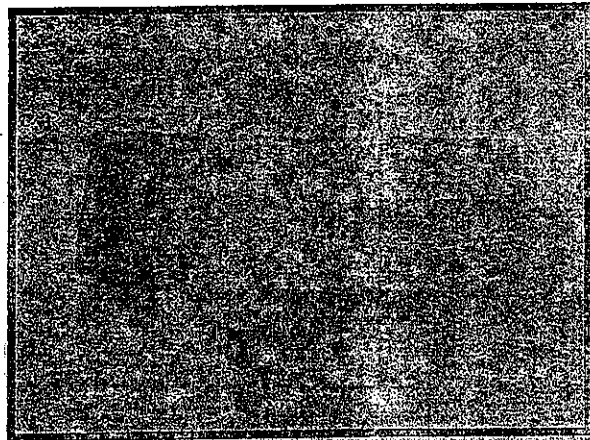


FIGURA 24: CUBOS DE MORTERO

### VI.1. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:

- Balanzas y pesas.
- Probetas graduadas.
- Cámara húmeda.
- Moldes de 3 compartimientos de 5 x 5 x 5 cm.
- Mezcladora.
- Mesa de Flujo.
- Máquina de Compresión.

### VI.2. MATERIALES:

- Arena de Ottawa.
- Cemento.

### VI.3. PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS:

- 1) Pesar 500g de cemento y 1375g de arena (rinde para 6 cubos).
- 2) Relación Agua - Cemento:  $a/c = 0.485$  para cementos Portland (de aquí se determina la cantidad de agua.).
- 3) Preparar un mortero de consistencia normal de acuerdo a lo descrito en el apartado 1.2.2.
- 4) Verter el mortero en la mezcladora y mezclar durante 15 segundos en velocidad baja.
- 5) Aplica un agente desmoldante sobre la superficie interior de los moldes.
- 6) Colocar el mortero en 3 capas de aproximadamente  $1/3$  de altura, compactando cada una con 32 golpes en 10 segundos. Estos golpes se deben aplicar en 4 etapas de 8 golpes cada una, tal como se muestra en la figura:



1	2	3	4
8	7	6	5

1° y 3° Etapas

4	5
3	6
2	7
1	8

2° y 4° Etapas

**Recomendaciones:**

- 1) Tapar los cubos con un trapo húmedo o material impermeable.
- 2) Desmoldar los cubos luego de 24 horas y sumergirlos en agua limpia o preferentemente en agua de cal hasta 15 minutos antes del ensayo.

**VI.4. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:**

Para determinar la resistencia a la compresión se aplica carga sobre una superficie de sección cuadrada de 50 mm de lado entre las placas de apoyo. La carga debe incrementarse entre 0.1 y 0.2 KN por segundo. Asimismo, el ensayo deberá realizarse dentro de los rangos de tiempo admisibles que se indican a continuación:

- Para una edad de 24h: ± ½ hora
- Para una edad de 3d: ± 1 hora
- Para una edad de 7d: ± 3 horas
- Para una edad de 28d: ± 12 horas

**VI.5. RESULTADOS:**

$$R_c = \frac{P}{A}$$

Donde:

- $R_c$  : Resistencia a la compresión (Kg/cm<sup>2</sup>).
- P : Carga Máxima.
- a : Lado del área transversal de la probeta.
- A : Área transversal de la probeta.

Se debe ensayar por lo menos 3 probetas de cada edad. Para obtener mejores resultados procurar que las probetas provengan de diferentes operaciones de mezcla.

**VI.6. DATOS DE LABORATORIO:**

**Ejemplo:** A continuación se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de compresión de cubos de mortero, en edades de 7 y 28 días.

Muestra N°	Fecha Fabricación	Fecha Ensayo	a (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	P (Kg)	R <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Rango (%)	R <sub>prom</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
Ensayo para la Determinación de la Resistencia a la Compresión (5.0x5.0x5.0 cm)								
1	13/01/14	20/01/14	5.1	26.0	2611.7	100.4	0.09	100.3
2	13/01/14	20/01/14	5.1	26.0	2648.4	101.4	1.1	
3	13/01/14	20/01/14	5.1	26.0	2562.8	98.6	1.7	
4	13/01/14	10/02/14	5.1	26.0	3388.5	130.3	1.6	132.4
5	13/01/14	10/02/14	5.1	26.0	3486.4	134.1	1.3	
6	13/01/14	10/02/14	5.1	26.0	3449.6	132.7	0.2	

**Observación:** Los resultados obtenidos no difieren de su media en más de un 10% (Rango).

**VI.7. INFORME:**

Se debe informar todos los valores determinados pero para el cálculo de las medias aritméticas no se tendrá en cuenta los resultados obtenidos que difieran de 10% o más de esa medida. Si esto sucediera con más de una probeta deberá repetirse el ensayo.

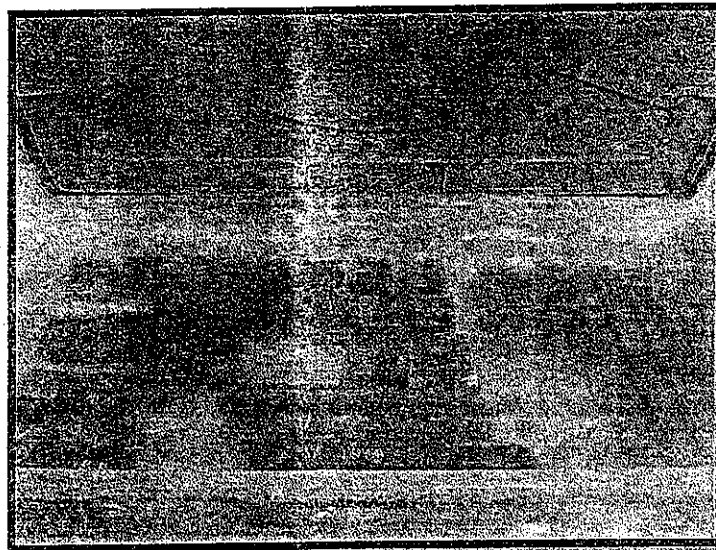


FIGURA 25: CURADO DE CUBOS DE MORTERO

# CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

OCEDA J & G CORPORATION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - RUC 20600166051



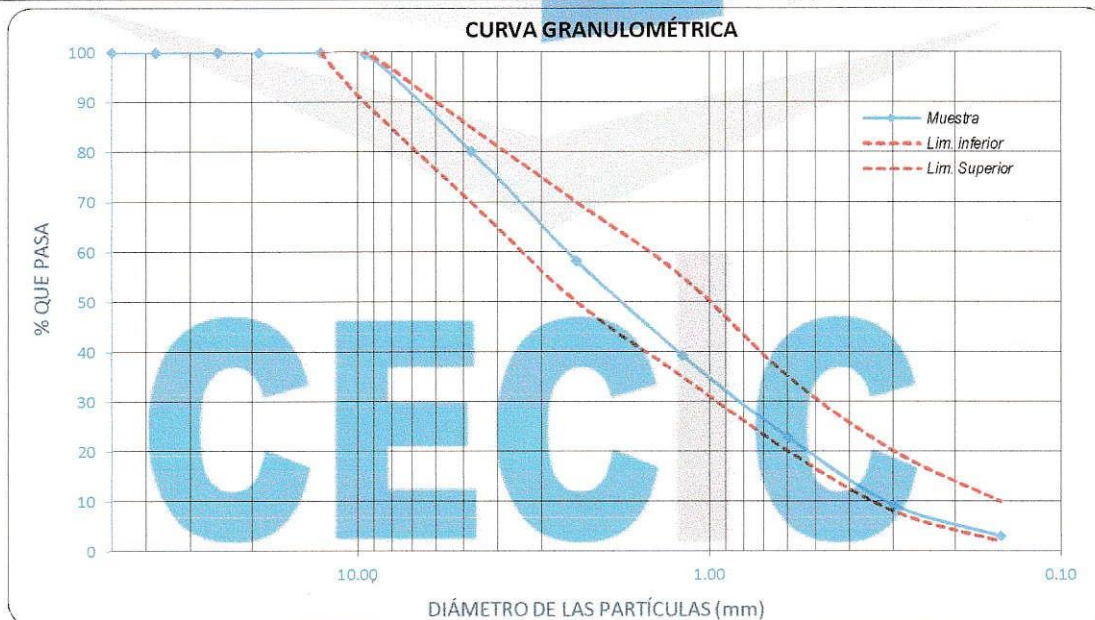
## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

NTP 400.012 / ASTM C 136

Solicitante : Bach. GALLARDO VILLAVICENCIO, Kevin  
 Tesis : "Parámetros del shotcrete para controlar el tiempo de fraguado con fines de Sostentamiento en minería"  
 Cantera : Vicco  
 Fecha de Ensayo : 22/10/2022  
 Fecha de Emisión : 26/10/2022  
 N° Registro : A11- 22 - 054 - 01

TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% DE PESO RETENIDO	% DE PESO ACUMULADO	% PASA	Huso : 2		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75	-	-	-	-			Tamaño Máximo : 1/2"
2 1/2"	63	-	-	-	100.00			Tamaño Máximo Nominal : 3/8"
2"	50	-	-	-	100.00			Módulo de Fineza : 3.87
1 1/2"	37.5	-	-	-	100.00			
1"	25	-	-	-	100.00			
3/4"	19.05	-	-	-	100.00			Agregado fino
1/2"	12.7	-	-	-	100.00	100.00	100.00	PUS : 1,458.73 kg/m <sup>3</sup>
3/8"	9.525	9.9	0.25	0.25	99.75	90.00	100.00	PUC : 1,677.80 kg/m <sup>3</sup>
N°4	4.75	778.1	19.45	19.70	80.30	70.00	85.00	Peso específico : 2.59 gr/cm <sup>3</sup>
N°8	2.38	879.77	21.99	41.69	58.31	50.00	70.00	Absorción : 1.40%
N°16	1.19	759.54	18.99	60.68	39.32	35.00	55.00	<b>COMENTARIO</b> Los límites de la curva granulométrica corresponden a la GRADACIÓN (2) del agregado para concreto lanzado de acuerdo a la tabla N°1 de la ASTM C1436 / NTP 339.198
N°30	0.595	660.30	16.51	77.19	22.81	20.00	35.00	
N°50	0.297	541.39	13.53	90.73	9.27	8.00	20.00	
N°100	0.148	246.69	6.17	96.89	3.11	2.00	10.00	
CAZOLETA	-	124.31	3.11	100.00	0.00			
TOTAL	-	4000	-	-	-			



CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

Morúa S. CAMCAPAY-ANCCO  
 INGENIERO CIVIL - ZIP 188608  
 JEFE DE LABORATORIO



CECIC Laboratorio y capacitaciones



APVU - Mz "II", lote 4. San Juan  
 Ref. a tres cuadras del GOREPA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capitaciones.ccic@gmail.com

# CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

OCEDA J & G CORPORATION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - RUC 20600166051



## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO NTP 400.017 / ASTM C 29

Solicitante : Bach. GALLARDO VILLAVICENCIO, Kevin  
Tesis : "Parámetros del shotcrete para controlar el tiempo de fraguado con fines de Sosténimiento en minería"  
Cantera : Vicco  
Fecha de Ensayo : 22/10/2022  
Fecha de Emisión : 26/10/2022  
N° Registro : A7-22-054-02

### PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO

	UND	M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO
1 Peso de la muestra mas recipiente	kg	6.683	6.692	6.694	6.689666667
2 Peso del recipiente	kg	2.559	2.559	2.559	2.559
3 Peso de la muestra	kg	4.124	4.133	4.135	4.130666667
4 Volumen del recipiente	m <sup>3</sup>	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028
5 Peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	1456.38	1459.56	1460.26	<b>1458.73</b>

Peso unitario suelto (P.U.S.) = 1,458.73 kg/m<sup>3</sup>

### PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO

	UND	M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO
1 Peso de la muestra mas recipiente	kg	7.321	7.290	7.319	7.310
2 Peso del recipiente	kg	2.559	2.559	2.559	2.559
3 Peso de la muestra	kg	4.762	4.731	4.76	4.751
4 Volumen del recipiente	m <sup>3</sup>	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028
5 Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	1681.68	1670.74	1680.98	<b>1677.80</b>

Peso unitario compactado (P.U.C.) = 1,677.80 kg/m<sup>3</sup>



CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERIA Y CONSTRUCCION

Marcial S. CANGARA HANECO  
INGENIERO CIVIL - CIP. 188906  
JEFE DE LABORATORIO



CECIC Laboratorio y capacitaciones



APVU - Mz "II", lote 4. San Juan  
Ref. a tres cuadras del GOREPA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capacitaciones.cic@gmail.com

# CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

OCEDA J & G CORPORATION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - RUC 20600166051



## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

### PESO ESPECÍFICO, ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO - AGREGADO GRUESO

NTP 400.022 / ASTM C 128 - NTP 400.021 / ASTM C 127

Solicitante : Bach. GALLARDO VILLAVICENCIO, Kevin  
 Tesis : "Parámetros del shotcrete para controlar el tiempo de fraguado con fines de Sostenimiento en minería"  
 Cantera : Vicco  
 Fecha de Ensayo : 23/10/2022  
 Fecha de Emisión : 26/10/2022  
 N° Registro : A5- 22 - 054 - 03

#### PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO: NTP 400.022 / ASTM C 128

		UND	M - 1	M - 2	
Peso de la muestra seca al horno	A	gr	493.23	492.94	
Peso del picnómetro llenado de agua	B	gr	680.0	680.0	
Peso del picnómetro lleno de la muestra y el agua	C	gr	989.0	990.0	
Peso de la muestra saturado superficialmente seca	S	gr	500.0	500.0	
		UND	M - 1	M - 2	PROMEDIO
Densidad relativa (Gravedad específica) OD	A/(B+S-C)	gr/cm3	2.58	2.59	2.59
Densidad relativa (Gravedad específica) SSD	S/(B+S-C)	gr/cm3	2.62	2.63	2.62
Densidad relativa aparente (Gravedad específica)	A/(B+A-C)	gr/cm3	2.68	2.69	2.69
Absorción	100(S-A)/A	%	1.37%	1.43%	1.40%



CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

Marcel S. CANCAYA HANCCO  
 INGENIERO CIVIL - CIP. 166608  
 JEFE DE LABORATORIO

# CECIC



CECIC Laboratorio y capacitaciones



APVU - Mz "II", lote 4. San Juan  
 Ref. a tres cuadras del GOREPA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capacitaciones.cic@gmail.com



# CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

OCEDA J & G CORPORATION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - RUC 20600166051



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

## CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO - AGREGADO FINO

NTP 339.185 / ASTM D 556

Solicitante : Bach. GALLARDO VILLAVICENCIO, Kevin  
Tesis : "Parámetros del shotcrete para controlar el tiempo de fraguado con fines de Sostenimiento en minería"  
Cantera : Vicco  
Fecha de Ensayo : 23/10/2022  
Fecha de Emisión : 26/10/2022  
N° Registro : A4-22-048-04

### HUMEDAD DEL AGREGADO FINO: NTP 339.185 / ASTM D 556

		UND	M - 1	M - 2	M - 3
Peso de la muestra húmeda + Tara		gr	2533.62	2622.13	2431.92
Peso de la muestra seca + Tara		gr	2367.82	2450.13	2272.00
Peso de la tara		gr	469.12	460.10	465.21
Masa de la muestra húmeda	W	gr	2064.50	2162.03	1966.71
Masa de la muestra seca en gramos	D	gr	1898.70	1990.03	1806.79
Contenido de humedad	(W-D)/D		8.73%	8.64%	8.85%
Promedio			8.74%		



CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

Marcial S. CANGAPA HANCCO  
INGENIERO CIVIL - CIP. 168608  
JEFE DE LABORATORIO

# CECIC



CECIC Laboratorio y capacitaciones



APVU - Mz "II", lote 4. San Juan  
Ref. a tres cuadras del GOREPA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



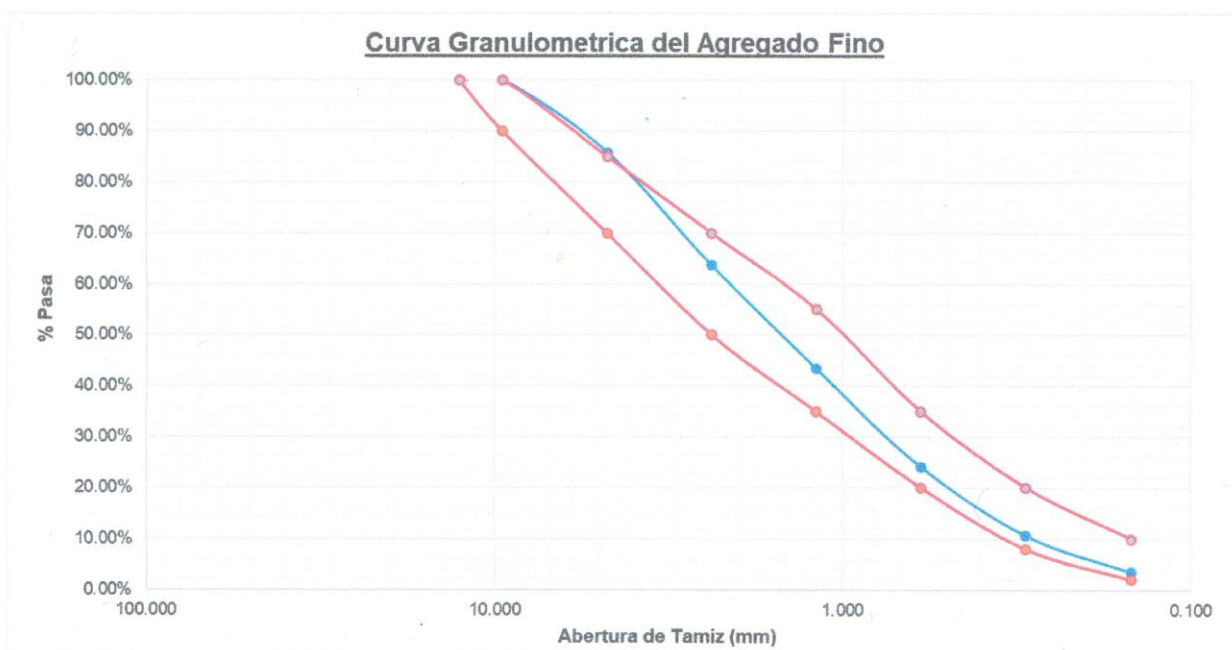
Capacitaciones.ccc@gmail.com

**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO**

**NTP 400.012 / ASTM C 136**

Tesista : Bach. GALLARDO VILLAVICENCIO, Kevin Lambert  
 Tesis: "Parámetros del Shotcrete para Controlar el Tiempo de Fraguado con Fines de Sostenimiento en Minería, Pasco 2022"  
 Cantera : Vicco  
 Fecha de Ensayo : 02/12/2022  
 Fecha de Emisión : 09/01/2023  
 N° Registro : A11-22-054-01

TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% DE PESO RETENIDO	% DE PESO ACUMULADO	% PASA	Huso: 2		DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Tamaño Maximo	: 1/2"
2 1/2"	63.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Tamaño Maximo Nominal	: 3/8"
2"	50.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Modulo de Fineza	: 3.69
1 1/2"	37.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
1"	25.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
3/4"	19.050	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			<b>AGREGADO FINO</b>	
1/2"	12.700	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	PUS	: 1475.24
3/8"	9.525	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	90.00%	100.00%	PUC	: 1696.79
N°4	4.750	568.49	14.21%	14.21%	85.79%	70.00%	85.00%	Peso Especifico	: 2.59
N°8	2.380	887.54	22.19%	36.40%	63.60%	50.00%	70.00%	Absorcion	: 1.40%
N°16	1.190	808.21	20.21%	56.61%	43.39%	35.00%	55.00%	<b>COMENTARIO</b>	
N°30	0.595	771.69	19.29%	75.90%	24.10%	20.00%	35.00%	Los limites de la curva granulometrica corresponden a la GRADACION (2) del agregado para concreto lanzado de acuerdo a la tabla N°1 de la ASTM C1436 / NTP 339.198	
N°50	0.297	536.87	13.42%	89.32%	10.68%	8.00%	20.00%		
N°100	0.148	287.40	7.19%	96.51%	3.50%	2.00%	10.00%		
CAZOLETA	-	139.80	3.50%	100.00%	0.00%				
TOTAL	-	4000.00							



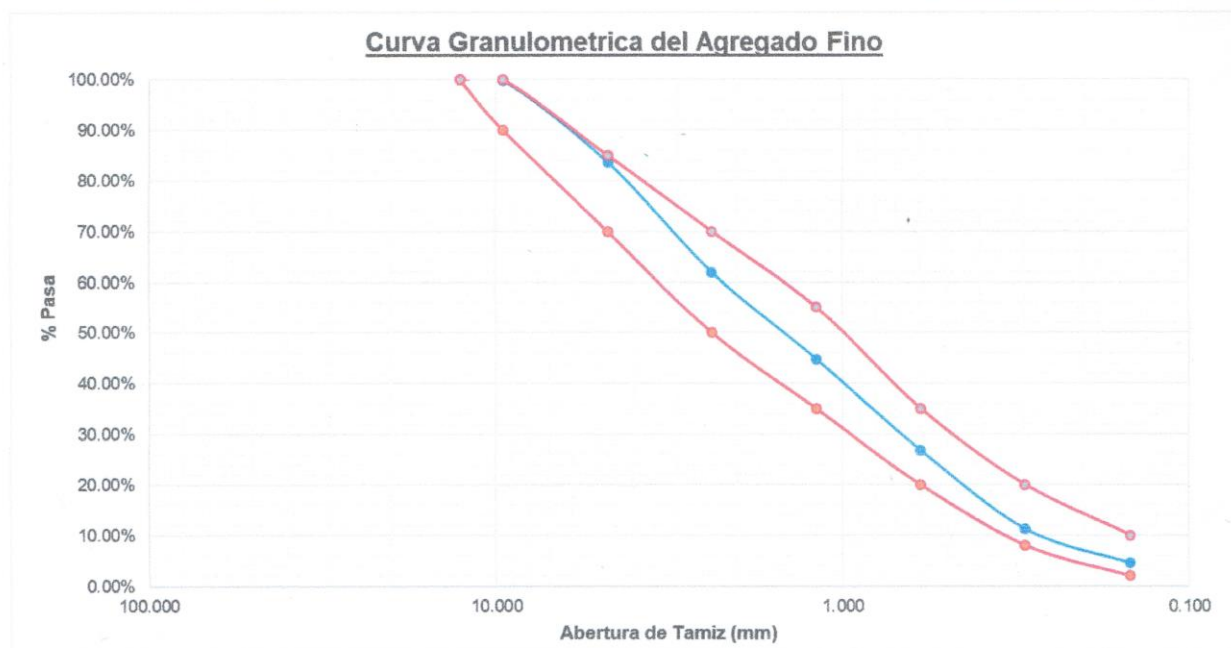
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION  
 LABORATORIO DE CONCRETO, CEMENTO Y ASFALTO  
 Ing. Luis Villar Requis Carbajal  
 CIP: 76748

**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO**

**NTP 400.012 / ASTM C 136**

Tesista : Bach. GALLARDO VILLAVICENCIO, Kevin Lambert  
 Tesis: "Parámetros del Shotcrete para Controlar el Tiempo de Fraguado con Fines de Sostenimiento en Minería, Pasco 2022"  
 Cantera : Vicco  
 Fecha de Ensayo : 04/12/2022  
 Fecha de Emisión : 09/01/2023  
 N° Registro : A11-22-054-01

TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% DE PESO RETENIDO	% DE PESO ACUMULADO	% PASA	Huso: 2		DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Tamaño Maximo	: 1/2"
2 1/2"	63.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Tamaño Maximo Nominal	: 3/8"
2"	50.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Modulo de Fineza	: 3.68
1 1/2"	37.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
1"	25.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
3/4"	19.050	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			<b>AGREGADO FINO</b>	
1/2"	12.700	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	PUS	: 1475.24
3/8"	9.525	7.90	0.20%	0.20%	99.80%	90.00%	100.00%	PUC	: 1696.79
N°4	4.750	648.49	16.21%	16.41%	83.59%	70.00%	85.00%	Peso Especifico	: 2.59
N°8	2.380	867.54	21.69%	38.10%	61.90%	50.00%	70.00%	Absorcion	: 1.40%
N°16	1.190	688.31	17.21%	55.31%	44.69%	35.00%	55.00%	<b>COMENTARIO</b>	
N°30	0.595	715.69	17.89%	73.20%	26.80%	20.00%	35.00%	Los limites de la curva granulometrica corresponden a la GRADACION (2) del agregado para concreto lanzado de acuerdo a la tabla N°1 de la ASTM C1436 / NTP 339.198	
N°50	0.297	624.87	15.62%	88.82%	11.18%	8.00%	20.00%		
N°100	0.148	267.40	6.69%	95.51%	4.50%	2.00%	10.00%		
CAZOLETA	-	179.80	4.50%	100.00%	0.00%				
TOTAL	-	4000.00							



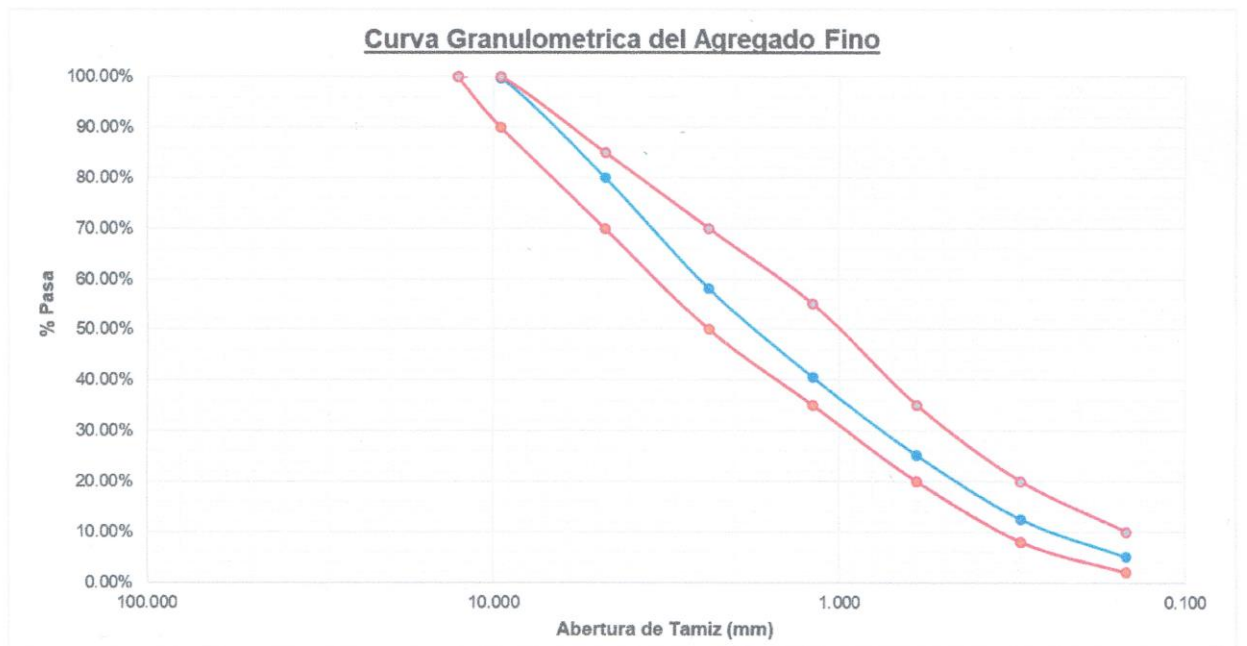
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÒN  
 LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y ASFALTO  
 Ing. Luis Villar Requis Cobajal  
 CP: 76748

**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO**

**NTP 400.012 / ASTM C 136**

Tesista : Bach. GALLARDO VILLAVICENCIO, Kevin Lambert  
 Tesis: "Parámetros del Shotcrete para Controlar el Tiempo de Fraguado con Fines de Sostenimiento en Minería, Pasco 2022"  
 Cantera : Vicco  
 Fecha de Ensayo : 06/12/2022  
 Fecha de Emisión : 09/01/2023  
 N° Registro : A11-22-054-01

TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% DE PESO RETENIDO	% DE PESO ACUMULADO	% PASA	Huso: 2		DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Tamaño Maximo	: 1/2"
2 1/2"	63.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Tamaño Maximo Nominal	: 3/8"
2"	50.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Modulo de Fineza	: 3.79
1 1/2"	37.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
1"	25.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
3/4"	19.050	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			<b>AGREGADO FINO</b>	
1/2"	12.700	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	PUS	: 1475.24
3/8"	9.525	11.90	0.30%	0.30%	99.70%	90.00%	100.00%	PUC	: 1696.79
N°4	4.750	788.49	19.71%	20.01%	79.99%	70.00%	85.00%	Peso Especifico	: 2.59
N°8	2.380	875.54	21.89%	41.90%	58.10%	50.00%	70.00%	Absorcion	: 1.40%
N°16	1.190	704.31	17.61%	59.51%	40.49%	35.00%	55.00%	<b>COMENTARIO</b>	
N°30	0.595	611.69	15.29%	74.80%	25.20%	20.00%	35.00%	Los limites de la curva granulometrica corresponden a la GRADACION (2) del agregado para concreto lanzado de acuerdo a la tabla N°1 de la ASTM C1436 / NTP 339.198	
N°50	0.297	508.87	12.72%	87.52%	12.48%	8.00%	20.00%		
N°100	0.148	295.40	7.39%	94.91%	5.10%	2.00%	10.00%		
CAZOLETA	-	203.80	5.10%	100.00%	0.00%				
TOTAL	-	4000.00							



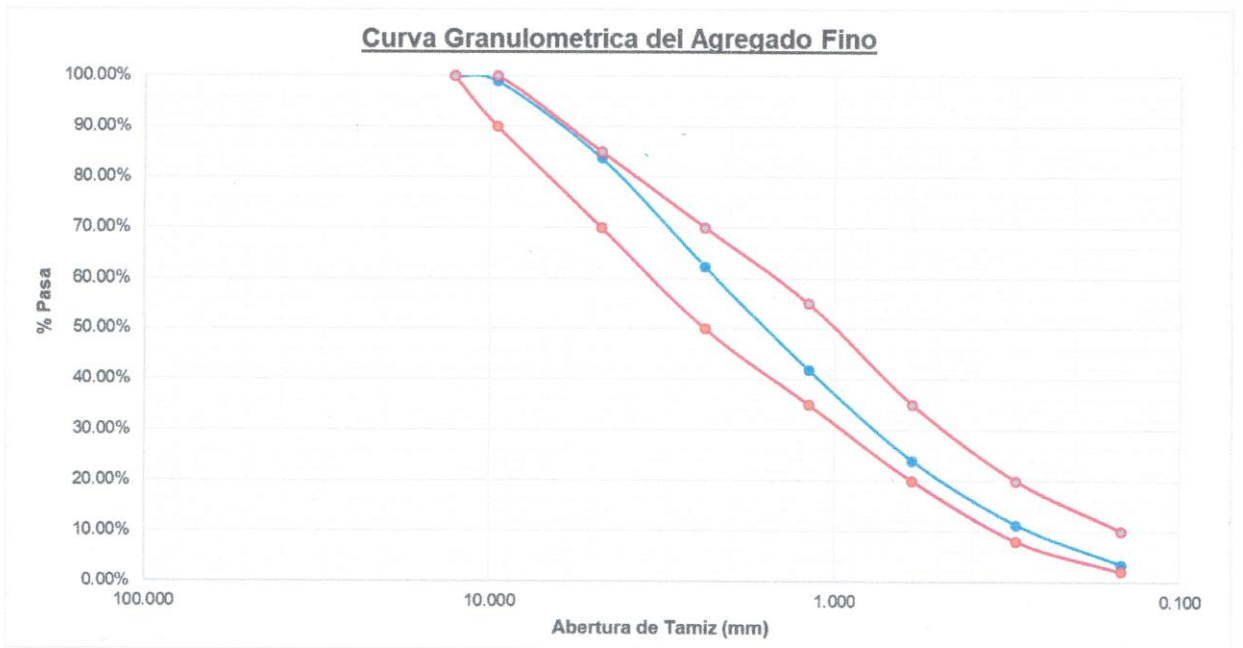
  
 UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÒN  
 LABORATORIO DE CONCRETO, SUELO Y ASFALTO  
 Ing. Luis Villar Requias Carbajal  
 CIP: 76748

**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO**

**NTP 400.012 / ASTM C 136**

Tesista : Bach. GALLARDO VILLAVICENCIO, Kevin Lambert  
 Tesis: "Parámetros del Shotcrete para Controlar el Tiempo de Fraguado con Fines de Sostenimiento en Minería, Pasco 2022"  
 Cantera : Vicco  
 Fecha de Ensayo : 16/12/2022  
 Fecha de Emisión : 09/01/2023  
 N° Registro : A11-22-054-01

TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% DE PESO RETENIDO	% DE PESO ACUMULADO	% PASA	Huso: 2		DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Tamaño Maximo	: 1/2"
2 1/2"	63.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Tamaño Maximo Nominal	: 3/8"
2"	50.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Modulo de Fineza	: 3.75
1 1/2"	37.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
1"	25.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
3/4"	19.050	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			<b>AGREGADO FINO</b>	
1/2"	12.700	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	PUS	: 1475.24
3/8"	9.525	39.90	1.00%	1.00%	99.00%	90.00%	100.00%	PUC	: 1696.79
N°4	4.750	612.49	15.31%	16.31%	83.69%	70.00%	85.00%	Peso Especifico	: 2.59
N°8	2.380	855.54	21.39%	37.70%	62.30%	50.00%	70.00%	Absorcion	: 1.40%
N°16	1.190	820.31	20.51%	58.21%	41.79%	35.00%	55.00%	<b>COMENTARIO</b>	
N°30	0.595	711.69	17.79%	76.00%	24.00%	20.00%	35.00%	Los limites de la curva granulometrica corresponden a la GRADACION (2) del agregado para concreto lanzado de acuerdo a la tabla N°1 de la ASTM C1436 / NTP 339.198	
N°50	0.297	508.87	12.72%	88.72%	11.28%	8.00%	20.00%		
N°100	0.148	315.40	7.89%	96.61%	3.40%	2.00%	10.00%		
CAZOLETA	-	135.80	3.40%	100.00%	0.00%				
TOTAL	-	4000.00							



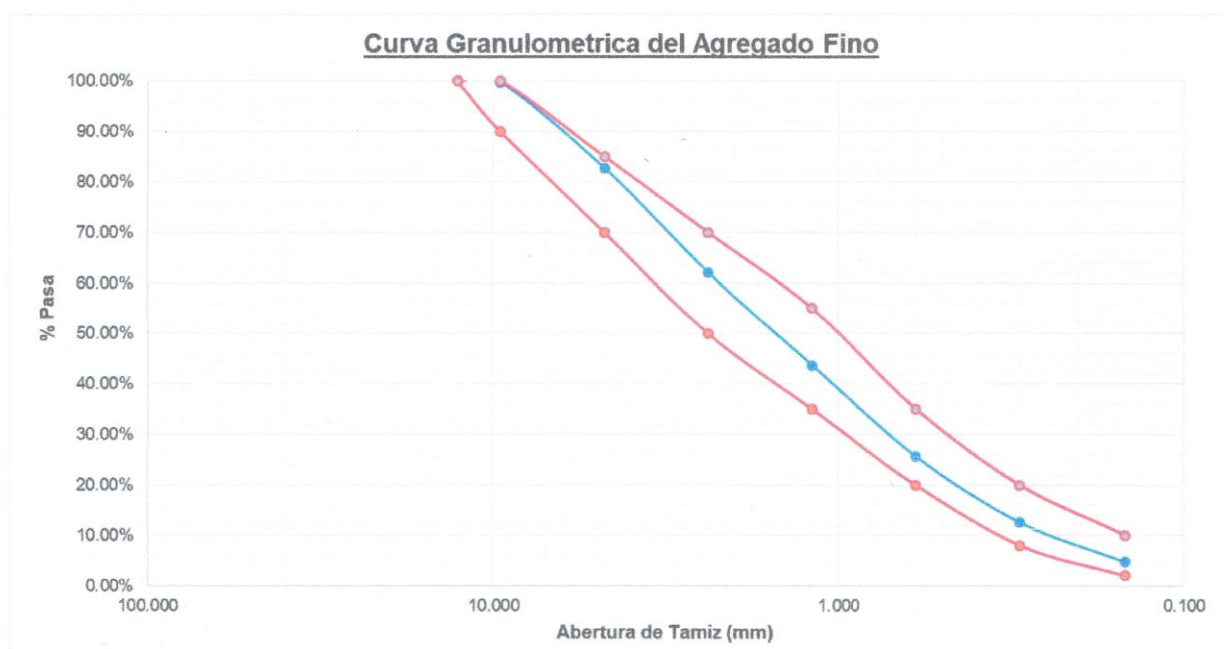
  
 UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
 LABORATORIO DE CONCRETO, SUELO Y ASFALTO  
 Ing. Luis Villar Reguis Carbajal  
 CIP: 76746

**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO**

**NTP 400.012 / ASTM C 136**

Tesista : Bach. GALLARDO VILLAVICENCIO, Kevin Lambert  
 Tesis: "Parámetros del Shotcrete para Controlar el Tiempo de Fraguado con Fines de Sostenimiento en Minería, Pasco 2022"  
 Cantera : Vicco  
 Fecha de Ensayo : 18/12/2022  
 Fecha de Emisión : 09/01/2023  
 N° Registro : A11-22-054-01

TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% DE PESO RETENIDO	% DE PESO ACUMULADO	% PASA	Huso: 2		DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Tamaño Maximo	: 1/2"
2 1/2"	63.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Tamaño Maximo Nominal	: 3/8"
2"	50.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Modulo de Fineza	: 3.69
1 1/2"	37.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
1"	25.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
3/4"	19.050	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			<b>AGREGADO FINO</b>	
1/2"	12.700	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	PUS	: 1475.24
3/8"	9.525	11.90	0.30%	0.30%	99.70%	90.00%	100.00%	PUC	: 1696.79
N°4	4.750	680.49	17.01%	17.31%	82.69%	70.00%	85.00%	Peso Especifico	: 2.59
N°8	2.380	823.54	20.59%	37.90%	62.10%	50.00%	70.00%	Absorcion	: 1.40%
N°16	1.190	736.31	18.41%	56.31%	43.69%	35.00%	55.00%	<b>COMENTARIO</b>	
N°30	0.595	719.69	17.99%	74.30%	25.70%	20.00%	35.00%	Los limites de la curva granulometrica corresponden a la GRADACION (2) del agregado para concreto lanzado de acuerdo a la tabla N°1 de la ASTM C1436 / NTP 339.198	
N°50	0.297	524.87	13.12%	87.42%	12.58%	8.00%	20.00%		
N°100	0.148	315.40	7.89%	95.31%	4.69%	2.00%	10.00%		
CAZOLETA	-	187.80	4.70%	100.00%	0.00%				
TOTAL	-	4000.00							



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION  
 LABORATORIO DE CONCRETO, SUELO Y ASFALTO  

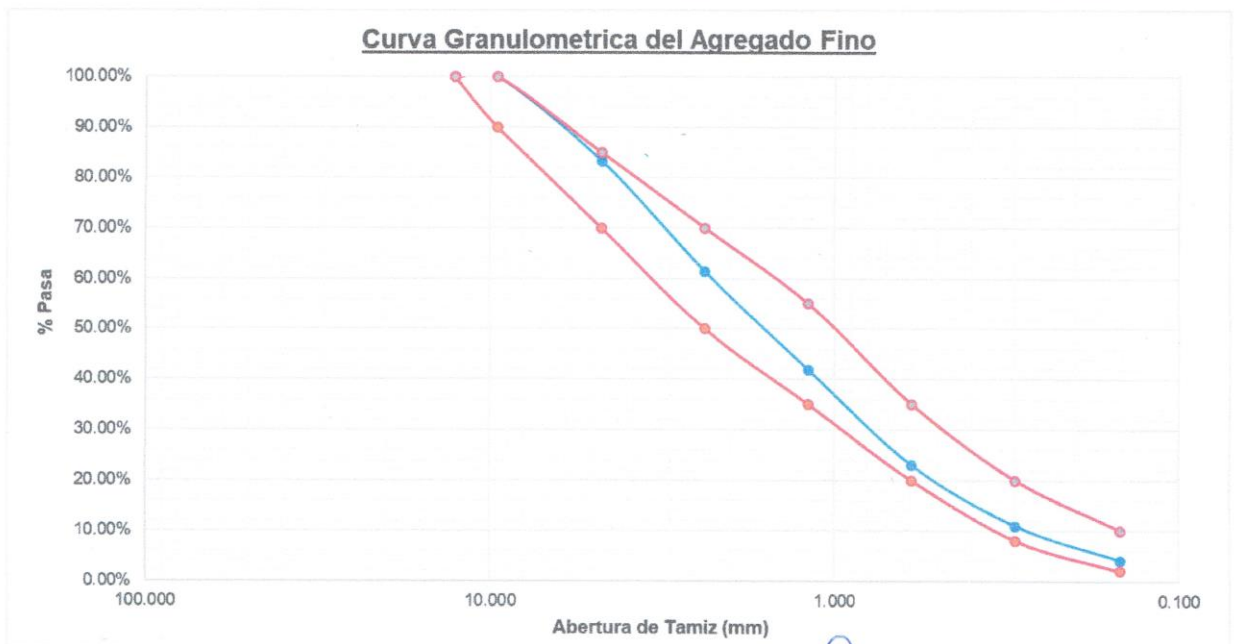
 Ing. Luis Villar Requis Carbajal  
 CIP: 76748

**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO**

**NTP 400.012 / ASTM C 136**

Tesista : Bach. GALLARDO VILLAVICENCIO, Kevin Lambert  
 Tesis: "Parámetros del Shotcrete para Controlar el Tiempo de Fraguado con Fines de Sostenimiento en Minería, Pasco 2022"  
 Cantera : Vicco  
 Fecha de Ensayo : 20/12/2022  
 Fecha de Emisión : 09/01/2023  
 N° Registro : A11-22-054-01

TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% DE PESO RETENIDO	% DE PESO ACUMULADO	% PASA	Huso: 2		DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Tamaño Maximo	: 1/2"
2 1/2"	63.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Tamaño Maximo Nominal	: 3/8"
2"	50.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Modulo de Fineza	: 3.76
1 1/2"	37.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
1"	25.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
3/4"	19.050	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			<b>AGREGADO FINO</b>	
1/2"	12.700	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	PUS	: 1475.24
3/8"	9.525	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	90.00%	100.00%	PUC	: 1696.79
N°4	4.750	668.49	16.71%	16.71%	83.29%	70.00%	85.00%	Peso Especifico	: 2.59
N°8	2.380	875.54	21.89%	38.60%	61.40%	50.00%	70.00%	Absorcion	: 1.40%
N°16	1.190	784.21	19.61%	58.21%	41.79%	35.00%	55.00%	<b>COMENTARIO</b>	
N°30	0.595	751.69	18.79%	77.00%	23.00%	20.00%	35.00%	Los limites de la curva granulometrica corresponden a la GRADACION (2) del agregado para concreto lanzado de acuerdo a la tabla N°1 de la ASTM C1436 / NTP 339.198	
N°50	0.297	484.87	12.12%	89.12%	10.88%	8.00%	20.00%		
N°100	0.148	271.40	6.79%	95.91%	4.10%	2.00%	10.00%		
CAZOLETA	-	163.80	4.10%	100.00%	0.00%				
TOTAL	-	4000.00							



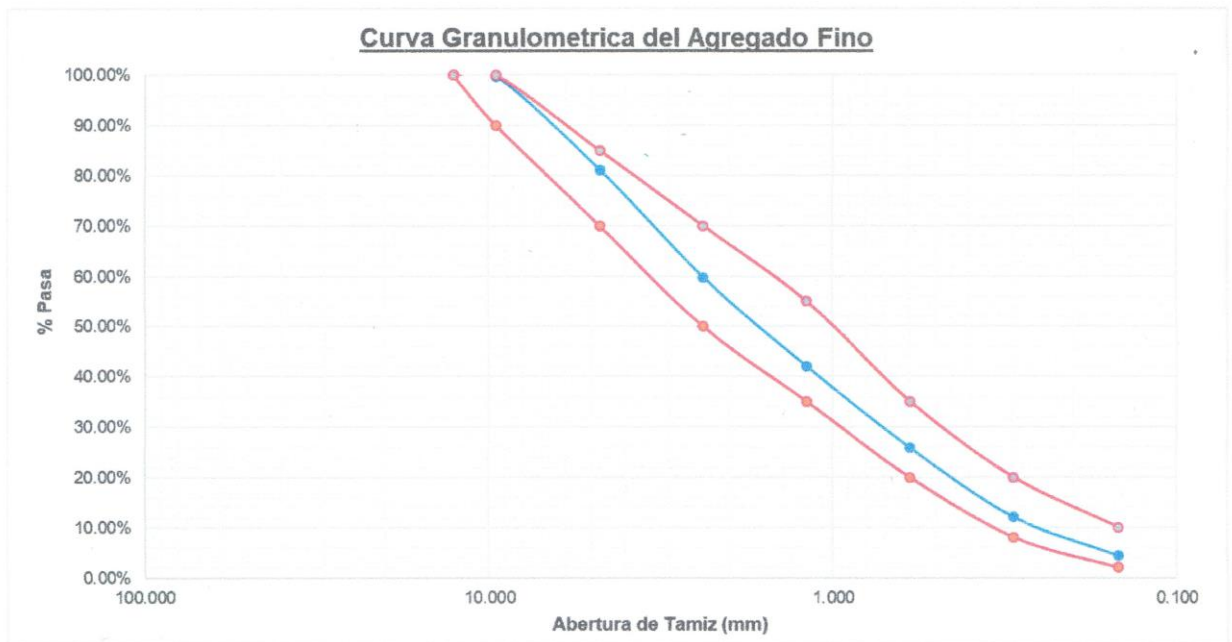

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**  
 LABORATORIO DE CONCRETO, SUELO Y ASFALTO  
 Ing. *Kevin Villar Requis Carbajal*  
 CIP: 76748

**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO**

**NTP 400.012 / ASTM C 136**

Tesista : Bach. GALLARDO VILLAVICENCIO, Kevin Lambert  
 Tesis: "Parámetros del Shotcrete para Controlar el Tiempo de Fraguado con Fines de Sostenimiento en Minería, Pasco 2022"  
 Cantera : Vicco  
 Fecha de Ensayo : 22/12/2022  
 Fecha de Emisión : 09/01/2023  
 N° Registro : A11-22-054-01

TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% DE PESO RETENIDO	% DE PESO ACUMULADO	% PASA	Huso: 2		DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Tamaño Maximo	: 1/2"
2 1/2"	63.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Tamaño Maximo Nominal	: 3/8"
2"	50.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Modulo de Fineza	: 3.75
1 1/2"	37.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
1"	25.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
3/4"	19.050	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			<b>AGREGADO FINO</b>	
1/2"	12.700	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	PUS	: 1475.24
3/8"	9.525	11.90	0.30%	0.30%	99.70%	90.00%	100.00%	PUC	: 1696.79
N°4	4.750	744.49	18.61%	18.91%	81.09%	70.00%	85.00%	Peso Especifico	: 2.59
N°8	2.380	851.54	21.29%	40.20%	59.80%	50.00%	70.00%	Absorcion	: 1.40%
N°16	1.190	712.31	17.81%	58.01%	41.99%	35.00%	55.00%	<b>COMENTARIO</b>	
N°30	0.595	643.69	16.09%	74.10%	25.90%	20.00%	35.00%	Los limites de la curva granulometrica corresponden a la GRADACION (2) del agregado para concreto lanzado de acuerdo a la tabla N°1 de la ASTM C1436 / NTP 339.198	
N°50	0.297	552.87	13.82%	87.92%	12.08%	8.00%	20.00%		
N°100	0.148	307.40	7.69%	95.61%	4.40%	2.00%	10.00%		
CAZOLETA	-	175.80	4.40%	100.00%	0.00%				
TOTAL	-	4000.00							



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
 LABORATORIO DE CONCRETO, SUELO Y ASFALTO  
 Ing. Luis Villar Reguis Carbajal  
 CIP: 76748

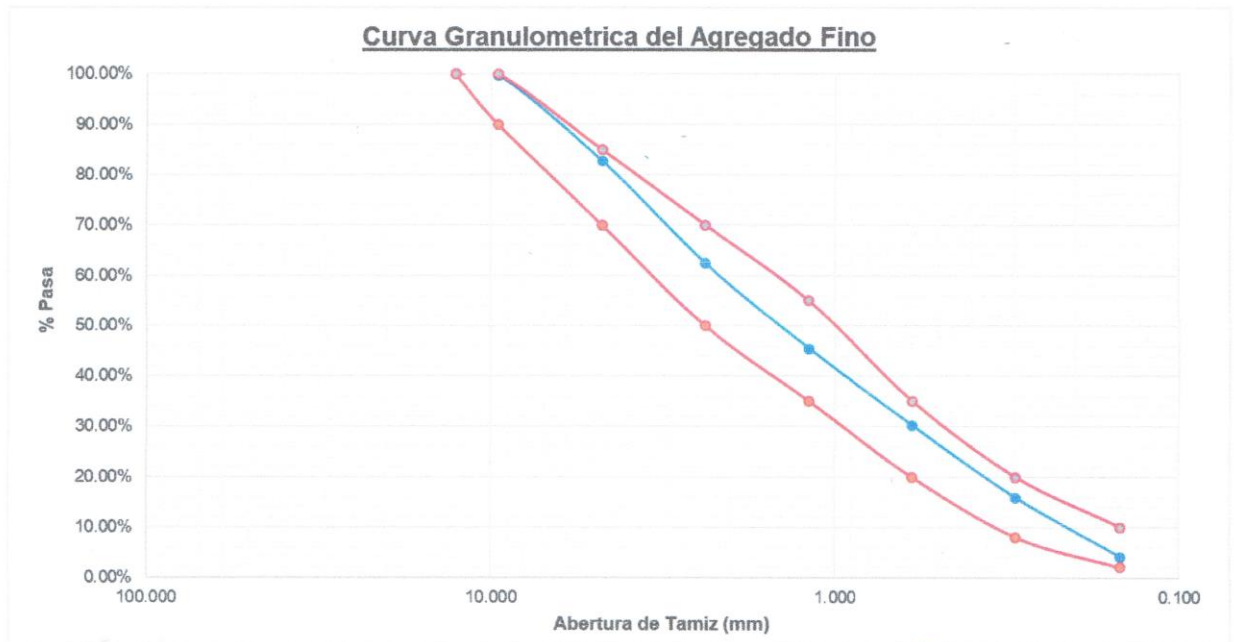


**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO**

**NTP 400.012 / ASTM C 136**

Tesista : Bach. GALLARDO VILLAVICENCIO, Kevin Lambert  
 Tesis: "Parámetros del Shotcrete para Controlar el Tiempo de Fraguado con Fines de Sostenimiento en Minería, Pasco 2022"  
 Cantera : Vicco  
 Fecha de Ensayo : 26/12/2022  
 Fecha de Emisión : 09/01/2023  
 N° Registro : A11-22-054-01

TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% DE PESO RETENIDO	% DE PESO ACUMULADO	% PASA	Huso: 2		DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Tamaño Maximo	: 1/2"
2 1/2"	63.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Tamaño Maximo Nominal	: 3/8"
2"	50.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Modulo de Fineza	: 3.60
1 1/2"	37.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
1"	25.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
3/4"	19.050	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			<b>AGREGADO FINO</b>	
1/2"	12.700	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	PUS	: 1475.24
3/8"	9.525	11.90	0.30%	0.30%	99.70%	90.00%	100.00%	PUC	: 1696.79
N°4	4.750	680.49	17.01%	17.31%	82.69%	70.00%	85.00%	Peso Especifico	: 2.59
N°8	2.380	811.54	20.29%	37.60%	62.40%	50.00%	70.00%	Absorcion	: 1.40%
N°16	1.190	676.31	16.91%	54.51%	45.49%	35.00%	55.00%	<b>COMENTARIO</b>	
N°30	0.595	611.69	15.29%	69.80%	30.20%	20.00%	35.00%	Los limites de la curva granulometrica corresponden a la GRADACION (2) del agregado para concreto lanzado de acuerdo a la tabla N°1 de la ASTM C1436 / NTP 339.198	
N°50	0.297	572.87	14.32%	84.12%	15.88%	8.00%	20.00%		
N°100	0.148	471.40	11.79%	95.91%	4.10%	2.00%	10.00%		
CAZOLETA	-	163.80	4.10%	100.00%	0.00%				
<b>TOTAL</b>	-	<b>4000.00</b>							




 UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION  
 LABORATORIO DE CONCRETO, SUELO Y ASFALTO  
  
 Ing. Luis Villar Regués Carbajal  
 CP: 76748

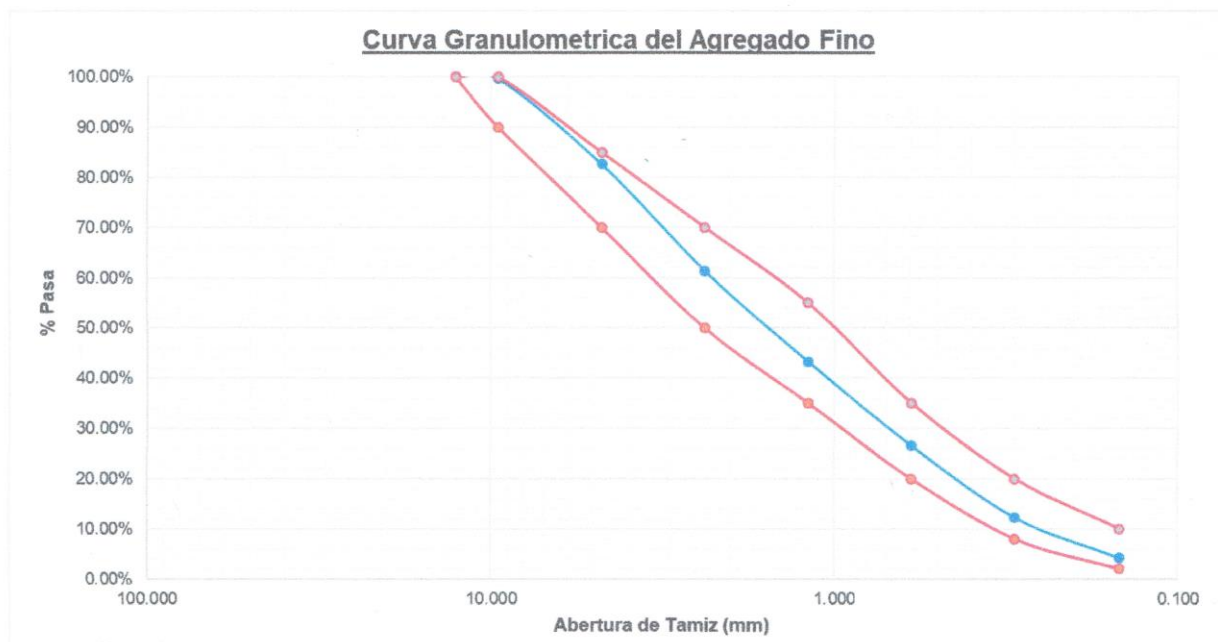


**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO**

**NTP 400.012 / ASTM C 136**

Tesista : Bach. GALLARDO VILLAVICENCIO, Kevin Lambert  
Tesis: "Parámetros del Shotcrete para Controlar el Tiempo de Fraguado con Fines de Sostenimiento en Minería, Pasco 2022"  
Cantera : Vicco  
Fecha de Ensayo : 28/12/2022  
Fecha de Emisión : 09/01/2023  
N° Registro : A11-22-054-01

TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% DE PESO RETENIDO	% DE PESO ACUMULADO	% PASA	Huso: 2		DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Tamaño Maximo :	1/2"
2 1/2"	63.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Tamaño Maximo Nominal :	3/8"
2"	50.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Modulo de Fineza :	3.70
1 1/2"	37.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
1"	25.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
3/4"	19.050	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
1/2"	12.700	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	<b>AGREGADO FINO</b>	
3/8"	9.525	15.90	0.40%	0.40%	99.60%	90.00%	100.00%	PUS :	1475.24
N°4	4.750	680.49	17.01%	17.41%	82.59%	70.00%	85.00%	PUC :	1696.79
N°8	2.380	847.54	21.19%	38.60%	61.40%	50.00%	70.00%	Peso Especifico :	2.59
N°16	1.190	724.31	18.11%	56.71%	43.29%	35.00%	55.00%	Absorcion :	1.40%
N°30	0.595	667.69	16.69%	73.40%	26.60%	20.00%	35.00%	<b>COMENTARIO</b>	
N°50	0.297	572.87	14.32%	87.72%	12.28%	8.00%	20.00%	Los limites de la curva granulometrica corresponden a la GRADACION (2) del agregado para concreto lanzado de acuerdo a la tabla N°1 de la ASTM C1436 / NTP 339.198	
N°100	0.148	323.40	8.09%	95.81%	4.20%	2.00%	10.00%		
CAZOLETA	-	167.80	4.20%	100.00%	0.00%				
TOTAL	-	4000.00							



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO, SUELO Y ASFALTO  
*Ing. Luis Villar Requís Carbajal*  
CIP: 76748

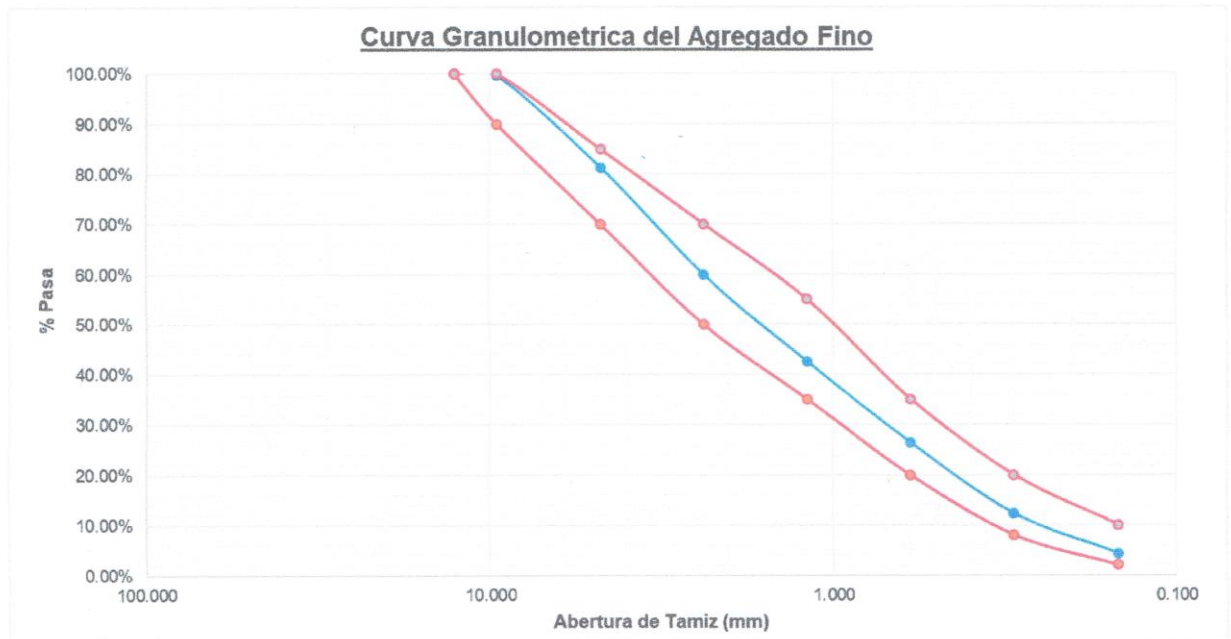


**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO**

**NTP 400.012 / ASTM C 136**

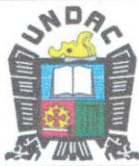
Tesista : Bach. GALLARDO VILLAVICENCIO, Kevin Lambert  
Tesis: "Parámetros del Shotcrete para Controlar el Tiempo de Fraguado con Fines de Sostenimiento en Minería, Pasco 2022"  
Cantera : Vicco  
Fecha de Ensayo : 30/12/2022  
Fecha de Emisión : 09/01/2023  
N° Registro : A11-22-054-01

TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% DE PESO RETENIDO	% DE PESO ACUMULADO	% PASA	Huso: 2		DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Tamaño Maximo	: 1/2"
2 1/2"	63.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Tamaño Maximo Nominal	: 3/8"
2"	50.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Modulo de Fineza	: 3.74
1 1/2"	37.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
1"	25.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
3/4"	19.050	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			<b>AGREGADO FINO</b>	
1/2"	12.700	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	PUS	: 1475.24
3/8"	9.525	15.90	0.40%	0.40%	99.60%	90.00%	100.00%	PUC	: 1696.79
N°4	4.750	732.49	18.31%	18.71%	81.29%	70.00%	85.00%	Peso Especifico	: 2.59
N°8	2.380	855.54	21.39%	40.10%	59.90%	50.00%	70.00%	Absorcion	: 1.40%
N°16	1.190	696.31	17.41%	57.51%	42.49%	35.00%	55.00%	<b>COMENTARIO</b>	
N°30	0.595	643.69	16.09%	73.60%	26.40%	20.00%	35.00%	Los limites de la curva granulometrica corresponden a la GRADACION (2) del agregado para concreto lanzado de acuerdo a la tabla N°1 de la ASTM C1436 / NTP 339.198	
N°50	0.297	564.87	14.12%	87.72%	12.28%	8.00%	20.00%		
N°100	0.148	319.40	7.99%	95.71%	4.30%	2.00%	10.00%		
CAZOLETA	-	171.80	4.30%	100.00%	0.00%				
TOTAL	-	4000.00							



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO, SUELO Y ASFALTO

Ing. Luis Villar Requís Carbajal  
CIP: 76748



### DETERMINACION DE RESISTENCIA TEMPRANA EN SHOTCRETE



N° DE REPORTE:	N°001	DISEÑO:	DISEÑO DE MEZCLA PATRON N°01
RESISTENCIA:	$f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$	ASESOR:	Mg. LUIS REQUIZ CARBAJAL
TIPO DE MUESTRA:	SHOTCRETE	TECNICO:	Ing. Euclides
PROYECTO DE TESIS:	"PARAMETROS DEL SHOTCRETE PARA CONTROLAR EL TIEMPO DE FRAGUADO CON FINES DE SOSTENIMIENTO EN MINERIA, PASCO 2022"		
% DE ADITIVO:	0%	TESISTA:	Bach. KEVIN LAMBERT GALLARDO VILLAVICENCIO
HORA DE LANZADO:		FECHA DE PRUEBA:	Nov-22

DISEÑO DE SHOTCRETE: $f_c$ 300 kg/cm <sup>2</sup>			OBSERVACIONES	
MATERIALES	UND.	PESO / SECOS	LUGAR DE PRUEBA	
Cemento	kg	500	ZONA:	LABORATORIO DE ING. CIVIL UNDAC
Arena	kg	1583.19	LABOR:	ENSAYO A SHOTCRETE
Aditivo Z RR PLAST	kg	-	MDXRET:	TROMPO MEZCLADOR
MasterSet Delvo	kg	-	ESPOSOR:	PROBETA
Agua	Lt	200	CUBOS:	PROBETA
Fibra Sintetica	kg	-	PRESION DE AIRE:	
AditivoSIKARAPID-3 PE	kg	-	EQUIPO LANZADO:	
a/c		0.40	OPERADOR:.	KEVIN L. GALLARDO VILLAVICENCIO



METODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE - RESISTENCIAS INICIALES (METODO A - PENETROMETRO)										
HORA DE LECTURA (hh:mm)	HORA ACUMULADA (hh:mm)	TEMPE. AMBIENTE (°C)	FUERZA A LA PENETRACION (Kp)					PROMEDIO (Kp)	RESISTENCIA A COMPRESION	
									N / mm <sup>2</sup>	MPa
11:00	01:00	17.4	16	16	15	15	16	15.5	0.24	0.24
			15	16	15	15	16			
11:30	01:30	18.0	25	24	22	22	25	23.5	0.36	0.36
			23	24	24	23	23			
12:05	02:05	17.9	36	36	36	36	36	36.0	0.55	0.55
			34	36	36	36	38			
12:30	02:30	18.0	42	47	42	42	47	44.0	0.67	0.67
			47	42	47	42	42			
13:07	03:07	17.8	75	75	75	70	75	74.0	1.12	1.12
			70	75	75	75	75			

METODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE - RESISTENCIAS INICIALES - EN14488-2 (METODO B - PISTOLA HILTI)									
HORA DE ENSAYO (H:min)	TIEMPO TRANSCURRIDO (H:min)	TEMP. AMB. (°C)	PERNO / LONGITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACION / PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION (KN)	N/mm	PROM. (N/mm)	RESIST. EN (MPa)
13:42	03:42	19.2	100	13	87	1400	16.09	14.17	2.19
				15	85	1200	14.12		
				13	87	1200	13.79		
				13	87	1200	13.79		
				15	85	1000	11.76		
				14	86	1300	15.12		
				14	86	1200	13.95		
				13	87	1200	13.79		
				14	86	1300	15.12		
				15	85	1200	14.12		
14:12	04:12	19.4	80	13	67	2400	35.82	33.68	4.73
				12	68	2300	33.82		
				13	67	2400	35.82		
				12	68	2100	30.88		
				13	67	2100	31.34		
				13	67	2300	34.33		
				13	67	2100	31.34		
				12	68	2300	33.82		
				13	67	2400	35.82		
				12	68	2300	33.82		

ELABORADO POR	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN LABORATORIO DE CONCRETO SUELO Y ASFALTO	REVISADO POR
Bach. KEVIN LAMBERT GALLARDO VILLAVICENCIO	Ing. Luis Villar Requiz Carbajal CIP: 76748	Mg. LUIS REQUIZ CARBAJAL



# DETERMINACION DE RESISTENCIA TEMPRANA EN SHOTCRETE



N° DE REPORTE:	N°002	DISEÑO:	DISEÑO DE MEZCLA PATRON N°02
RESISTENCIA:	$f_c = 320 \text{ kg/cm}^2$	ASESOR:	Mg. LUIS REQUIZ CARBAJAL
TIPO DE MUESTRA:	SHOTCRETE	TECNICO:	Ing. Euclides
PROYECTO DE TESIS:	"PARAMETROS DEL SHOTCRETE PARA CONTROLAR EL TIEMPO DE FRAGUADO CON FINES DE SOSTENIMIENTO EN MINERIA, PASCO 2022"		
% DE ADITIVO:	0%	TESISTA:	Bach. KEVIN LAMBERT GALLARDO VILLAVICENCIO
HORA DE LANZADO:		FECHA DE PRUEBA:	NOVIEMBRE DEL 2022

DISEÑO DE SHOTCRETE: $f_c 320 \text{ kg/cm}^2$			OBSERVACIONES	
MATERIALES	UND.	PESO / SECOS	LUGAR DE PRUEBA	
Cemento	kg	578.95	ZONA:	LABORATORIO DE ING. CIVIL UNDAC
Arena	kg	1466.48	LABOR:	ENSAYO A SHOTCRETE
Aditivo Z RR PLAST	kg	-	MIXKRET:	TROMPO MEZCLADOR
MasterSet Delvo	kg	-	ESPOSOR:	PROBETA
Agua	Lt	220	CUBOS:	PROBETA
Fibra Sintetica	kg	-	PRESION DE AIRE:	
AditivoSIKARAPID-3 PE	Lt	-	EQUIPO LANZADO:	
a/c		0.38	OPERADOR::	KEVIN L. GALLARDO VILLAVICENCIO



METODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE - RESISTENCIAS INICIALES (METODO A - PENETROMETRO)										
HORA DE LECTURA (hh:mm)	HORA ACUMULADA (hh:mm)	TEMPE. AMBIENTE (°C)	FUERZA A LA PENETRACION (Kp)					PROMEDIO (Kp)	RESISTENCIA A COMPRESION	
									N / mm <sup>2</sup>	Mpa
04:00	01:00	19.6	14	15	12	14	15	13.8	0.21	0.21
			12	15	14	12	15			
04:30	01:30	20.1	22	22	22	24	22	22.2	0.34	0.34
			20	22	24	22	22			
05:05	02:05	20.1	35	32	35	32	35	34.1	0.52	0.52
			35	35	32	35	35			
05:30	02:30	19.4	42	42	42	42	42	43.0	0.65	0.65
			42	47	42	42	47			
06:00	03:00	20.5	65	65	62	65	62	64.1	0.97	0.97
			62	65	65	65	65			

METODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE - RESISTENCIAS INICIALES - EN14488-2 (METODO B - PISTOLA HILTI)									
HORA DE ENSAYO (H:min)	TIEMPO TRANSCURRIDO (H:min)	TEMP. AMB. (°C)	PERNO / LONGITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACION / PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION (KN)	N/mm	PROM. (N/mm)	RESIST. EN (MPa)
06:35	03:35	20.5	100	13	87	1000	11.49	13.36	2.09
				14	86	1100	12.79		
				13	87	1200	13.79		
				13	87	1200	13.79		
				14	86	1000	11.63		
				13	87	1200	13.79		
				13	87	1200	13.79		
				12	88	1200	13.64		
				14	86	1300	15.12		
				13	87	1200	13.79		
07:05	04:05	20.2	80	13	67	2300	34.33	32.84	4.62
				12	68	2100	30.88		
				12	68	2300	33.82		
				12	68	2100	30.88		
				13	67	2100	31.34		
				12	68	2300	33.82		
				13	67	2100	31.34		
				12	68	2200	32.35		
				13	67	2400	35.82		
				12	68	2300	33.82		

ELABORADO POR	APROBADO POR	REVISADO POR
	 UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION LABORATORIO DE CONCRETO, SUELO Y ASFALTO Ing. Luis Requiz Carabajal CIP: 76748	
Bach. KEVIN LAMBERT GALLARDO VILLAVICENCIO		Mg. LUIS REQUIZ CARBAJAL



## DETERMINACION DE RESISTENCIA TEMPRANA EN SHOTCRETE



N° DE REPORTE:	N°003	DISEÑO:	DISEÑO DE MEZCLA N°01
RESISTENCIA:	$f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$	ASESOR:	Mg. LUIS REQUIZ CARBAJAL
TIPO DE MUESTRA:	SHOTCRETE	TECNICO:	Ing. Euclides
PROYECTO DE TESIS:	"PARAMETROS DEL SHOTCRETE PARA CONTROLAR EL TIEMPO DE FRAGUADO CON FINES DE SOSTENIMIENTO EN MINERIA, PASCO 2022"		
% DE ADITIVO:	PLASTICANTE (0.8%), ACELERANTE (7%)	TESISTA:	Bach. KEVIN LAMBERT GALLARDO VILLAVICENCIO
HORA DE LANZADO:		FECHA DE PRUEBA:	Dic-22

DISEÑO DE SHOTCRETE: $f_c$ 300 kg/cm <sup>2</sup>				OBSERVACIONES	
MATERIALES	UND.	PESO / SECOS		LUGAR DE PRUEBA	
Cemento	kg	440	ZONA: LABORATORIO DE ING. CIVIL UNDAC		
Arena	kg	1583.19	LABOR: ENSAYO A SHOTCRETE		
Aditivo Z RR PLAST	kg	3.52	MIXKRET: TROMPO MEZCLADOR		
MasterSet Delvo	kg	-	ESPESOR: PROBETA		
Agua	Lt	176	CUBOS: PROBETA		
Fibra Sintetica	kg	-	PRESION DE AIRE:		
AditivoSIKARAPID-3 PE	kg	30.8	EQUIPO LANZADO:		
a/c		0.40	OPERADOR:: KEVIN L. GALLARDO VILLAVICENCIO		

METODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE - RESISTENCIAS INICIALES (METODO A - PENETROMETRO)										
HORA DE LECTURA (hh:mm)	HORA ACUMULADA (hh:mm)	TEMPE. AMBIENTE (°C)	FUERZA A LA PENETRACION (Kp)					PROMEDIO (Kp)	RESISTENCIA A COMPRESION	
									N / mm <sup>2</sup>	MPa
00:09	00:15	17.6	17	17	17	17	17	16.5	0.25	0.25
			17	17	12	17	17			
00:24	00:30	18.0	27	27	27	32	32	29.0	0.44	0.44
			32	32	32	27	22			
00:39	00:45	17.9	37	42	42	42	42	40.5	0.62	0.62
			37	42	42	42	37			
00:54	01:00	17.9	47	47	52	52	52	49.0	0.75	0.75
			47	47	47	47	52			
01:04	01:10	17.8	62	67	67	67	67	65.5	0.99	0.99
			62	62	67	67	67			

METODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE - RESISTENCIAS INICIALES - EN14488-2 (METODO B - PISTOLA HILTI)									
HORA DE ENSAYO (H:min)	TIEMPO TRANSCURRIDO (H:min)	TEMP. AMB. (°C)	PERNO / LONGITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACION / PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION (KN)	N/mm	PROM. (N/mm)	RESIST. EN (MPa)
01:54	02:00	19.8	100	13	87	1300	14.94	13.56	2.11
				13	87	1200	13.79		
				12	88	1200	13.64		
				12	88	1200	13.64		
				11	89	1000	11.24		
				12	88	1300	14.77		
				12	88	1200	13.64		
				12	88	1200	13.64		
				12	88	1100	12.50		
				13	87	1200	13.79		
03:34	04:00	19.6	80	11	69	2000	28.99	30.18	4.28
				10	70	1900	27.14		
				10	70	2000	28.57		
				10	70	2100	30.00		
				11	69	2200	31.88		
				11	69	2300	33.33		
				11	69	2100	30.43		
				12	68	2300	33.82		
				11	69	2100	30.43		
				10	70	1900	27.14		

<b>ELABORADO POR</b>  Bach. KEVIN LAMBERT GALLARDO VILLAVICENCIO	 UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION LABORATORIO DE CONCRETO, PULVERIZACION Y ASFALTO  Ing. Luis Requiz Carbal Tlf. 76748	<b>REVISADO POR</b>  Mg. LUIS REQUIZ CARBAJAL
---	---	---



### DETERMINACION DE RESISTENCIA TEMPRANA EN SHOTCRETE



N° DE REPORTE:	N°004	DISEÑO:	DISEÑO DE MEZCLA N°02
RESISTENCIA:	$f_c = 320 \text{ kg/cm}^2$	ASESOR:	Mg. LUIS REQUIZ CARBAJAL
TIPO DE MUESTRA:	SHOTCRETE	TECNICO:	Ing. Euclides
PROYECTO DE TESIS:	"PARAMETROS DEL SHOTCRETE PARA CONTROLAR EL TIEMPO DE FRAGUADO CON FINES DE SOSTENIMIENTO EN MINERIA, PASCO 2022"		
% DE ADITIVO:	PLASTICANTE (1.08%), ACELERANTE (7%)	TESISTA:	Bach. KEVIN LAMBERT GALLARDO VILLAVICENCIO
HORA DE LANZADO:		FECHA DE PRUEBA:	Dic-22

DISEÑO DE SHOTCRETE: $f_c 320 \text{ kg/cm}^2$			OBSERVACIONES
MATERIALES	UND.	PESO / SECOS	
Cemento	kg	460	LUGAR DE PRUEBA ZONA: LABORATORIO DE ING. CIVIL UNDAC LABOR: ENSAYO A SHOTCRETE MIXKRET: TROMPO MEZCLADOR ESPESOR: PROBETA CUBOS: PROBETA PRESION DE AIRE: EQUIPO LANZADO: OPERADOR:: KEVIN L. GALLARDO VILLAVICENCIO
Arena	kg	1466.48	
Aditivo Z RR PLAST	kg	4.97	
MasterSet Delvo	kg	-	
Agua	Lt	176	
Fibra Sintetica	kg	-	
AditivoSIKARAPID-3 PE	Lt	32.2	
a/c		0.38	



#### METODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE - RESISTENCIAS INICIALES (METODO A - PENETROMETRO)

HORA DE LECTURA (hh:mm)	HORA ACUMULADA (hh:mm)	TEMPE. AMBIENTE (°C)	FUERZA A LA PENETRACION (Kp)					PROMEDIO (Kp)	RESISTENCIA A COMPRESION	
									N / mm <sup>2</sup>	Mpa
23:15	00:10	19.2	22	27	22	22	27	23.5	0.36	0.36
			27	17	22	27	22			
23:25	00:20	19.6	37	37	37	37	32	34.0	0.52	0.52
			32	32	37	32	27			
23:35	00:30	20.1	47	47	47	47	47	45.5	0.69	0.69
			42	47	42	42	47			
23:55	00:50	20.4	57	62	57	57	62	59.0	0.90	0.90
			57	57	62	62	57			
00:15	01:10	20.8	70	67	75	67	67	69.3	1.05	1.05
			70	70	65	67	75			

#### METODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE - RESISTENCIAS INICIALES - EN14488-2 (METODO B - PISTOLA HILTI)

HORA DE ENSAYO (H:min)	TIEMPO TRANSCURRIDO (H:min)	TEMP. AMB. (°C)	PERNO / LONGITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACION / PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION (KN)	N/mm	PROM. (N/mm)	RESIST. EN (MPa)
01:05	02:00	20.2	100	12	88	1200	13.64	16.10	2.44
				11	89	1500	16.85		
				12	88	1500	17.05		
				12	88	1600	18.18		
				10	90	1400	15.56		
				12	88	1300	14.77		
				13	87	1500	17.24		
				12	88	1300	14.77		
				11	89	1500	16.85		
				13	87	1400	16.09		
03:05	04:00	19.5	80	22	58	2500	43.10	43.68	6.03
				21	59	2500	42.37		
				23	57	2800	49.12		
				20	60	2500	41.67		
				22	58	2400	41.38		
				22	58	2700	46.55		
				21	59	2700	45.76		
				22	58	2500	43.10		
				22	58	2500	43.10		
				21	59	2400	40.68		

ELABORADO POR	APROBADO POR	REVISADO POR
	  Ing. Luis Requiz Carvajal CIP 76748	
Bach. KEVIN LAMBERT GALLARDO VILLAVICENCIO		Mg. LUIS REQUIZ CARBAJAL



**RESISTENCIA A LA COMPRESION EN MUESTRAS CILINDRICAS**

**NTP 339.034 / ASTM C 39**

Tesista : Bach. GALLARDO VILLAVICENCIO, Kevin Lambert  
Tesis: "Parámetros del Shotcrete para Controlar el Tiempo de Fraguado con Fines de Sostenimiento en Minería, Pasco 2022"  
Diseño : Diseño de Mezcla Patrón N°01  
Fecha de Emisión : 26/12/2022  
N° Registro : A11-22-054-01

PROBETA N°	FECHA		EDAD DIAS	LECTURA ROTURA (KN)	LECTURA ROTURA (KG)	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA TESTIGO (kg/cm <sup>2</sup> )
	MOLDEO	ROTURA					
M-01	4/11/2022	7/11/2022	3	98.34	10028.08	81.073	123.69
M-02	4/11/2022	7/11/2022	3	96.64	9854.47	81.073	121.55
M-03	4/11/2022	7/11/2022	3	98.65	10059.72	82.073	122.57
M-04	4/11/2022	11/11/2022	7	192.31	19609.74	81.073	241.88
M-05	4/11/2022	11/11/2022	7	172.77	17617.35	81.073	217.30
M-06	4/11/2022	11/11/2022	7	161.82	16501.28	81.073	203.54
M-07	4/11/2022	2/12/2022	28	263.65	26884.86	81.073	331.61
M-08	4/11/2022	2/12/2022	28	273.30	27868.65	81.073	343.75
M-09	4/11/2022	2/12/2022	28	269.08	27438.76	81.073	338.45
M-01	8/11/2022	11/11/2022	3	98.10	10003.28	81.073	123.39
M-02	8/11/2022	11/11/2022	3	100.94	10292.63	81.073	126.96
M-03	8/11/2022	11/11/2022	3	99.88	10185.25	82.073	124.10
M-04	8/11/2022	15/11/2022	7	169.20	17253.60	81.073	212.82
M-05	8/11/2022	15/11/2022	7	173.90	17733.09	81.073	218.73
M-06	8/11/2022	15/11/2022	7	184.44	18807.83	81.073	231.99
M-07	8/11/2022	6/12/2022	28	292.59	29836.24	81.073	368.02
M-08	8/11/2022	6/12/2022	28	291.62	29737.03	81.073	366.79
M-09	8/11/2022	6/12/2022	28	300.86	30679.49	81.073	378.42
M-01	12/11/2022	15/11/2022	3	99.96	10193.43	81.073	125.73
M-02	12/11/2022	15/11/2022	3	103.61	10565.45	81.073	130.32
M-03	12/11/2022	15/11/2022	3	100.38	10235.47	82.073	124.71
M-04	12/11/2022	19/11/2022	7	183.47	18708.62	81.073	230.76
M-05	12/11/2022	19/11/2022	7	176.58	18005.91	81.073	222.10
M-06	12/11/2022	19/11/2022	7	170.01	17336.27	81.073	213.84
M-07	12/11/2022	10/12/2022	28	300.94	30687.76	81.073	378.52
M-08	12/11/2022	10/12/2022	28	298.92	30481.08	81.073	375.97
M-09	12/11/2022	10/12/2022	28	308.16	31423.54	81.073	387.60
M-01	16/11/2022	19/11/2022	3	103.12	10515.85	81.073	129.71
M-02	16/11/2022	19/11/2022	3	99.80	10176.89	81.073	125.53
M-03	16/11/2022	19/11/2022	3	102.76	10478.17	82.073	127.67
M-04	16/11/2022	23/11/2022	7	184.44	18807.83	81.073	231.99
M-05	16/11/2022	23/11/2022	7	176.33	17981.11	81.073	221.79





LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO – EFP INGENIERIA CIVIL  
– UNDAC



M-06	16/11/2022	23/11/2022	7	189.87	19361.73	81.073	238.82
M-07	16/11/2022	14/12/2022	28	302.48	30844.83	81.073	380.46
M-08	16/11/2022	14/12/2022	28	300.86	30679.49	81.073	378.42
M-09	16/11/2022	14/12/2022	28	300.05	30596.82	81.073	377.40
M-01	20/11/2022	23/11/2022	3	98.34	10028.08	81.073	123.69
M-02	20/11/2022	23/11/2022	3	100.13	10209.96	81.073	125.94
M-03	20/11/2022	23/11/2022	3	108.66	11080.75	82.073	135.01
M-04	20/11/2022	27/11/2022	7	187.85	19155.05	81.073	236.27
M-05	20/11/2022	27/11/2022	7	182.01	18559.81	81.073	228.93
M-06	20/11/2022	27/11/2022	7	192.63	19642.81	81.073	242.29
M-07	20/11/2022	18/12/2022	28	311.73	31787.29	81.073	392.08
M-08	20/11/2022	18/12/2022	28	311.08	31721.15	81.073	391.27
M-09	20/11/2022	18/12/2022	28	298.84	30472.81	81.073	375.87

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO, SELO Y ASFALTO

Ing. Luis Villar Requís Carbajal  
CIP: 76748



**RESISTENCIA A LA COMPRESION EN MUESTRAS CILINDRICAS**

**NTP 339.034 / ASTM C 39**

Tesista : Bach. GALLARDO VILLAVICENCIO, Kevin Lambert  
Tesis: "Parámetros del Shotcrete para Controlar el Tiempo de Fraguado con Fines de Sostenimiento en Minería, Pasco 2022"  
Diseño : Diseño de Mezcla Patrón N°02  
Fecha de Emisión : 26/12/2022  
N° Registro : A11-22-054-02

PROBETA N°	FECHA		EDAD DIAS	LECTURA ROTURA (KN)	LECTURA ROTURA (KG)	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA TESTIGO (kg/cm <sup>2</sup> )
	MOLDEO	ROTURA					
M-01	5/11/2022	8/11/2022	3	108.80	11094.55	81.073	136.85
M-02	5/11/2022	8/11/2022	3	113.10	11532.71	81.073	142.25
M-03	5/11/2022	8/11/2022	3	115.15	11741.91	82.073	143.07
M-04	5/11/2022	12/11/2022	7	203.74	20775.41	81.073	256.26
M-05	5/11/2022	12/11/2022	7	202.44	20643.14	81.073	254.62
M-06	5/11/2022	12/11/2022	7	204.06	20808.48	81.073	256.66
M-07	5/11/2022	3/12/2022	28	373.91	38128.22	81.073	470.29
M-08	5/11/2022	3/12/2022	28	372.61	37995.94	81.073	468.66
M-09	5/11/2022	3/12/2022	28	388.26	39591.51	81.073	488.34
M-01	9/11/2022	12/11/2022	3	108.56	11069.75	81.073	136.54
M-02	9/11/2022	12/11/2022	3	115.37	11764.19	81.073	145.11
M-03	9/11/2022	12/11/2022	3	114.49	11674.96	82.073	142.25
M-04	9/11/2022	16/11/2022	7	197.09	20097.50	81.073	247.89
M-05	9/11/2022	16/11/2022	7	208.11	21221.84	81.073	261.76
M-06	9/11/2022	16/11/2022	7	204.87	20891.15	81.073	257.68
M-07	9/11/2022	7/12/2022	28	366.29	37351.10	81.073	460.71
M-08	9/11/2022	7/12/2022	28	367.34	37458.57	81.073	462.04
M-09	9/11/2022	7/12/2022	28	373.10	38045.54	81.073	469.28
M-01	11/11/2022	14/11/2022	3	110.02	11218.56	81.073	138.38
M-02	11/11/2022	14/11/2022	3	114.39	11664.99	81.073	143.88
M-03	11/11/2022	14/11/2022	3	112.52	11474.10	82.073	139.80
M-04	11/11/2022	18/11/2022	7	204.79	20882.89	81.073	257.58
M-05	11/11/2022	18/11/2022	7	202.52	20651.41	81.073	254.73
M-06	11/11/2022	18/11/2022	7	206.41	21048.23	81.073	259.62
M-07	11/11/2022	9/12/2022	28	377.07	38450.64	81.073	474.27
M-08	11/11/2022	9/12/2022	28	371.15	37847.13	81.073	466.83
M-09	11/11/2022	9/12/2022	28	383.07	39062.41	81.073	481.82
M-01	15/11/2022	18/11/2022	3	111.31	11350.83	81.073	140.01
M-02	15/11/2022	18/11/2022	3	118.12	12045.28	81.073	148.57
M-03	15/11/2022	18/11/2022	3	114.41	11666.59	82.073	142.15
M-04	15/11/2022	22/11/2022	7	206.41	21048.23	81.073	259.62
M-05	15/11/2022	22/11/2022	7	206.01	21006.89	81.073	259.11



LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO – EFP INGENIERIA CIVIL  
– UNDAC



M-06	15/11/2022	22/11/2022	7	202.03	20601.80	81.073	254.11
M-07	15/11/2022	13/12/2022	28	374.31	38169.55	81.073	470.80
M-08	15/11/2022	13/12/2022	28	372.04	37938.07	81.073	467.95
M-09	15/11/2022	13/12/2022	28	382.10	38963.20	81.073	480.59
M-01	19/11/2022	22/11/2022	3	117.31	11962.60	81.073	147.55
M-02	19/11/2022	22/11/2022	3	121.69	12409.03	81.073	153.06
M-03	19/11/2022	22/11/2022	3	114.82	11708.44	82.073	142.66
M-04	19/11/2022	26/11/2022	7	207.47	21155.70	81.073	260.95
M-05	19/11/2022	26/11/2022	7	200.33	20428.19	81.073	251.97
M-06	19/11/2022	26/11/2022	7	203.66	20767.15	81.073	256.15
M-07	19/11/2022	17/12/2022	28	370.99	37830.60	81.073	466.62
M-08	19/11/2022	17/12/2022	28	376.02	38343.16	81.073	472.95
M-09	19/11/2022	17/12/2022	28	373.50	38086.88	81.073	469.79

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETOS, SUELO Y ASFALTO  
  
Ing. Luis Villar Requis Carbajal  
C.R. 76748




**RESISTENCIA A LA COMPRESION EN MUESTRAS CILINDRICAS**

**NTP 339.034 / ASTM C 39**

Tesista : Bach. GALLARDO VILLAVICENCIO, Kevin Lambert  
Tesis: "Parámetros del Shotcrete para Controlar el Tiempo de Fraguado con Fines de Sostenimiento en Minería, Pasco 2022"  
Diseño : Diseño de Mezcla N°01  
Fecha de Emisión : 06/02/2023  
N° Registro : A11-22-055-05

PROBETA N°	FECHA		EDAD DIAS	LECTURA ROTURA (KN)	LECTURA ROTURA (KG)	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA TESTIGO (kg/cm <sup>2</sup> )
	MOLDEO	ROTURA					
M-01	2/12/2022	5/12/2022	3	110.02	11218.56	81.073	138.38
M-02	2/12/2022	5/12/2022	3	109.53	11168.95	81.073	137.76
M-03	2/12/2022	5/12/2022	3	111.54	11373.67	82.073	138.58
M-04	2/12/2022	9/12/2022	7	195.71	19956.96	81.073	246.16
M-05	2/12/2022	9/12/2022	7	193.52	19733.75	81.073	243.41
M-06	2/12/2022	9/12/2022	7	194.41	19824.69	81.073	244.53
M-07	2/12/2022	30/12/2022	28	278.57	28406.02	81.073	350.38
M-08	2/12/2022	30/12/2022	28	288.70	29439.41	81.073	363.12
M-09	2/12/2022	30/12/2022	28	289.92	29563.42	81.073	364.65
M-01	4/12/2022	7/12/2022	3	106.12	10821.73	81.073	133.48
M-02	4/12/2022	7/12/2022	3	106.45	10854.80	81.073	133.89
M-03	4/12/2022	7/12/2022	3	110.14	11231.40	82.073	136.85
M-04	4/12/2022	11/12/2022	7	176.98	18047.25	81.073	222.60
M-05	4/12/2022	11/12/2022	7	191.09	19485.73	81.073	240.35
M-06	4/12/2022	11/12/2022	7	179.98	18353.13	81.073	226.38
M-07	4/12/2022	1/01/2023	28	249.22	25413.30	81.073	313.46
M-08	4/12/2022	1/01/2023	28	264.22	26942.73	81.073	332.33
M-09	4/12/2022	1/01/2023	28	265.27	27050.20	81.073	333.65
M-01	6/12/2022	9/12/2022	3	103.45	10548.92	81.073	130.12
M-02	6/12/2022	9/12/2022	3	104.83	10689.46	81.073	131.85
M-03	6/12/2022	9/12/2022	3	107.43	10955.21	82.073	133.48
M-04	6/12/2022	13/12/2022	7	192.39	19618.01	81.073	241.98
M-05	6/12/2022	13/12/2022	7	198.14	20204.98	81.073	249.22
M-06	6/12/2022	13/12/2022	7	184.60	18824.36	81.073	232.19
M-07	6/12/2022	3/01/2023	28	289.43	29513.82	81.073	364.04
M-08	6/12/2022	3/01/2023	28	280.84	28637.50	81.073	353.23
M-09	6/12/2022	3/01/2023	28	291.78	29753.57	81.073	367.00
M-01	8/12/2022	11/12/2022	3	106.85	10896.14	81.073	134.40

  
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO, SUELO Y ASFALTO  
Ing. Luis Villar Requis Carbajal  
CIP: 76748



LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO – EFP INGENIERIA CIVIL  
– UNDAC



M-02	8/12/2022	11/12/2022	3	111.23	11342.57	81.073	139.91
M-03	8/12/2022	11/12/2022	3	110.14	11231.40	82.073	136.85
M-04	8/12/2022	15/12/2022	7	181.85	18543.28	81.073	228.72
M-05	8/12/2022	15/12/2022	7	193.28	19708.95	81.073	243.10
M-06	8/12/2022	15/12/2022	7	185.66	18931.83	81.073	233.52
M-07	8/12/2022	5/01/2023	28	287.97	29365.01	81.073	362.20
M-08	8/12/2022	5/01/2023	28	281.40	28695.37	81.073	353.94
M-09	8/12/2022	5/01/2023	28	291.13	29687.43	81.073	366.18
M-01	10/12/2022	13/12/2022	3	107.50	10962.28	81.073	135.21
M-02	10/12/2022	13/12/2022	3	105.96	10805.20	81.073	133.28
M-03	10/12/2022	13/12/2022	3	109.81	11197.92	82.073	136.44
M-04	10/12/2022	17/12/2022	7	195.71	19956.96	81.073	246.16
M-05	10/12/2022	17/12/2022	7	194.74	19857.76	81.073	244.94
M-06	10/12/2022	17/12/2022	7	195.39	19923.89	81.073	245.75
M-07	10/12/2022	7/01/2023	28	283.27	28885.51	81.073	356.29
M-08	10/12/2022	7/01/2023	28	287.97	29365.01	81.073	362.20
M-09	10/12/2022	7/01/2023	28	287.73	29340.21	81.073	361.90
M-01	12/12/2022	15/12/2022	3	115.45	11772.46	81.073	145.21
M-02	12/12/2022	15/12/2022	3	121.45	12384.23	81.073	152.75
M-03	12/12/2022	15/12/2022	3	109.73	11189.55	82.073	136.34
M-04	12/12/2022	19/12/2022	7	194.17	19799.89	81.073	244.22
M-05	12/12/2022	19/12/2022	7	194.41	19824.69	81.073	244.53
M-06	12/12/2022	19/12/2022	7	192.95	19675.88	81.073	242.69
M-07	12/12/2022	9/01/2023	28	292.43	29819.70	81.073	367.81
M-08	12/12/2022	9/01/2023	28	287.73	29340.21	81.073	361.90
M-09	12/12/2022	9/01/2023	28	291.78	29753.57	81.073	367.00
M-01	14/12/2022	17/12/2022	3	114.39	11664.99	81.073	143.88
M-02	14/12/2022	17/12/2022	3	113.02	11524.44	81.073	142.15
M-03	14/12/2022	17/12/2022	3	114.98	11725.18	82.073	142.86
M-04	14/12/2022	21/12/2022	7	195.95	19981.76	81.073	246.47
M-05	14/12/2022	21/12/2022	7	194.17	19799.89	81.073	244.22
M-06	14/12/2022	21/12/2022	7	194.58	19841.22	81.073	244.73
M-07	14/12/2022	11/01/2023	28	290.48	29621.29	81.073	365.37
M-08	14/12/2022	11/01/2023	28	274.43	27984.39	81.073	345.18
M-09	14/12/2022	11/01/2023	28	276.95	28240.67	81.073	348.34
M-01	16/12/2022	19/12/2022	3	113.18	11540.98	81.073	142.35
M-02	16/12/2022	19/12/2022	3	111.39	11359.10	81.073	140.11
M-03	16/12/2022	19/12/2022	3	114.82	11708.44	82.073	142.66
M-04	16/12/2022	23/12/2022	7	195.71	19956.96	81.073	246.16
M-05	16/12/2022	23/12/2022	7	193.36	19717.21	81.073	243.20
M-06	16/12/2022	23/12/2022	7	195.79	19965.23	81.073	246.26
M-07	16/12/2022	13/01/2023	28	284.08	28968.18	81.073	357.31
M-08	16/12/2022	13/01/2023	28	276.86	28232.41	81.073	348.23
M-09	16/12/2022	13/01/2023	28	290.57	29629.56	81.073	365.47

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO, SUELO Y ASFALTO

Ing. Luis Villar Requiza Carbajal  
CIP: 76748



LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO – EFP INGENIERIA CIVIL  
– UNDAC



M-01	18/12/2022	21/12/2022	3	113.34	11557.51	81.073	142.56
M-02	18/12/2022	21/12/2022	3	112.45	11466.57	81.073	141.44
M-03	18/12/2022	21/12/2022	3	114.00	11624.75	82.073	141.64
M-04	18/12/2022	25/12/2022	7	195.14	19899.09	81.073	245.45
M-05	18/12/2022	25/12/2022	7	196.93	20080.97	81.073	247.69
M-06	18/12/2022	25/12/2022	7	194.98	19882.56	81.073	245.24
M-07	18/12/2022	15/01/2023	28	288.70	29439.41	81.073	363.12
M-08	18/12/2022	15/01/2023	28	269.73	27504.89	81.073	339.26
M-09	18/12/2022	15/01/2023	28	267.38	27265.15	81.073	336.30
M-01	20/12/2022	23/12/2022	3	113.18	11540.98	81.073	142.35
M-02	20/12/2022	23/12/2022	3	113.66	11590.58	81.073	142.96
M-03	20/12/2022	23/12/2022	3	114.74	11700.07	82.073	142.56
M-04	20/12/2022	27/12/2022	7	195.71	19956.96	81.073	246.16
M-05	20/12/2022	27/12/2022	7	194.33	19816.42	81.073	244.43
M-06	20/12/2022	27/12/2022	7	197.17	20105.77	81.073	248.00
M-07	20/12/2022	17/01/2023	28	306.13	31216.86	81.073	385.05
M-08	20/12/2022	17/01/2023	28	283.43	28902.05	81.073	356.49
M-09	20/12/2022	17/01/2023	28	288.13	29381.54	81.073	362.41
M-01	22/12/2022	25/12/2022	3	111.39	11359.10	81.073	140.11
M-02	22/12/2022	25/12/2022	3	111.56	11375.63	81.073	140.31
M-03	22/12/2022	25/12/2022	3	112.85	11507.58	82.073	140.21
M-04	22/12/2022	29/12/2022	7	192.79	19659.34	81.073	242.49
M-05	22/12/2022	29/12/2022	7	192.31	19609.74	81.073	241.88
M-06	22/12/2022	29/12/2022	7	190.85	19460.93	81.073	240.04
M-07	22/12/2022	19/01/2023	28	303.13	30910.97	81.073	381.27
M-08	22/12/2022	19/01/2023	28	292.59	29836.24	81.073	368.02
M-09	22/12/2022	19/01/2023	28	294.94	30075.99	81.073	370.97
M-01	24/12/2022	27/12/2022	3	112.45	11466.57	81.073	141.44
M-02	24/12/2022	27/12/2022	3	114.96	11722.86	81.073	144.60
M-03	24/12/2022	27/12/2022	3	113.75	11599.64	82.073	141.33
M-04	24/12/2022	31/12/2022	7	200.01	20395.12	81.073	251.56
M-05	24/12/2022	31/12/2022	7	197.74	20163.64	81.073	248.71
M-06	24/12/2022	31/12/2022	7	193.60	19742.02	81.073	243.51
M-07	24/12/2022	21/01/2023	28	278.40	28389.48	81.073	350.17
M-08	24/12/2022	21/01/2023	28	264.78	27000.60	81.073	333.04
M-09	24/12/2022	21/01/2023	28	298.43	30431.47	81.073	375.36
M-01	26/12/2022	29/12/2022	3	111.39	11359.10	81.073	140.11
M-02	26/12/2022	29/12/2022	3	113.26	11549.24	81.073	142.45
M-03	26/12/2022	29/12/2022	3	112.11	11432.26	82.073	139.29
M-04	26/12/2022	2/01/2023	7	196.36	20023.10	81.073	246.98
M-05	26/12/2022	2/01/2023	7	180.14	18369.66	81.073	226.58
M-06	26/12/2022	2/01/2023	7	201.14	20510.86	81.073	252.99
M-07	26/12/2022	23/01/2023	28	280.76	28629.23	81.073	353.13
M-08	26/12/2022	23/01/2023	28	273.30	27868.65	81.073	343.75

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO, SUELO Y ASFALTO

Ing. Luis Villar Requis Carbajal  
CP: 76748



LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO – EFP INGENIERIA CIVIL  
– UNDAC



M-09	26/12/2022	23/01/2023	28	289.51	29522.09	81.073	364.14
M-01	28/12/2022	31/12/2022	3	112.45	11466.57	81.073	141.44
M-02	28/12/2022	31/12/2022	3	111.39	11359.10	81.073	140.11
M-03	28/12/2022	31/12/2022	3	111.78	11398.78	82.073	138.89
M-04	28/12/2022	4/01/2023	7	191.09	19485.73	81.073	240.35
M-05	28/12/2022	4/01/2023	7	198.06	20196.71	81.073	249.12
M-06	28/12/2022	4/01/2023	7	194.66	19849.49	81.073	244.83
M-07	28/12/2022	25/01/2023	28	274.68	28009.19	81.073	345.48
M-08	28/12/2022	25/01/2023	28	275.81	28124.93	81.073	346.91
M-09	28/12/2022	25/01/2023	28	290.08	29579.96	81.073	364.86

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO, SUELO Y ASFALTO

*Ing. Luis Villar Requena Carbajal*  
CIP: 76748



**RESISTENCIA A LA COMPRESION EN MUESTRAS CILINDRICAS**

**NTP 339.034 / ASTM C 39**

Tesista : Bach. GALLARDO VILLAVICENCIO, Kevin Lambert  
Tesis: "Parámetros del Shotcrete para Controlar el Tiempo de Fraguado con Fines de Sostenimiento en Minería, Pasco 2022"  
Diseño : Diseño de Mezcla N°02  
Fecha de Emisión : 06/02/2023  
N° Registro : A11-22-055-06

PROBETA N°	FECHA		EDAD DIAS	LECTURA ROTURA (KN)	LECTURA ROTURA (KG)	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA TESTIGO (kg/cm <sup>2</sup> )
	MOLDEO	ROTURA					
M-01	1/12/2022	4/12/2022	3	118.53	12086.61	81.073	149.08
M-02	1/12/2022	4/12/2022	3	119.83	12218.89	81.073	150.71
M-03	1/12/2022	4/12/2022	3	119.99	12235.69	82.073	149.08
M-04	1/12/2022	8/12/2022	7	212.57	21676.54	81.073	267.37
M-05	1/12/2022	8/12/2022	7	211.44	21560.79	81.073	265.94
M-06	1/12/2022	8/12/2022	7	212.41	21660.00	81.073	267.17
M-07	1/12/2022	29/12/2022	28	346.34	35317.38	81.073	435.62
M-08	1/12/2022	29/12/2022	28	351.78	35871.28	81.073	442.46
M-09	1/12/2022	29/12/2022	28	341.56	34829.61	81.073	429.61
M-01	3/12/2022	6/12/2022	3	124.45	12690.12	81.073	156.53
M-02	3/12/2022	6/12/2022	3	123.23	12566.11	81.073	155.00
M-03	3/12/2022	6/12/2022	3	125.65	12813.17	82.073	156.12
M-04	3/12/2022	10/12/2022	7	212.17	21635.20	81.073	266.86
M-05	3/12/2022	10/12/2022	7	212.57	21676.54	81.073	267.37
M-06	3/12/2022	10/12/2022	7	212.17	21635.20	81.073	266.86
M-07	3/12/2022	31/12/2022	28	348.29	35515.79	81.073	438.07
M-08	3/12/2022	31/12/2022	28	364.26	37144.42	81.073	458.16
M-09	3/12/2022	31/12/2022	28	386.15	39376.56	81.073	485.69
M-01	5/12/2022	8/12/2022	3	128.58	13111.74	81.073	161.73
M-02	5/12/2022	8/12/2022	3	127.45	12996.00	81.073	160.30
M-03	5/12/2022	8/12/2022	3	127.54	13005.66	82.073	158.46
M-04	5/12/2022	12/12/2022	7	210.63	21478.12	81.073	264.92
M-05	5/12/2022	12/12/2022	7	214.19	21841.88	81.073	269.41
M-06	5/12/2022	12/12/2022	7	213.06	21726.14	81.073	267.98
M-07	5/12/2022	2/01/2023	28	342.21	34895.75	81.073	430.42
M-08	5/12/2022	2/01/2023	28	339.61	34631.20	81.073	427.16
M-09	5/12/2022	2/01/2023	28	347.48	35433.12	81.073	437.05
M-01	7/12/2022	10/12/2022	3	130.04	13260.55	81.073	163.56

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO, SUELO Y ASFALTO

Ing. Luis Villar Requís Carbajal  
CIP: 76748





LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO – EFP INGENIERIA CIVIL  
– UNDAC



M-02	7/12/2022	10/12/2022	3	129.55	13210.95	81.073	162.95
M-03	7/12/2022	10/12/2022	3	131.81	13440.85	82.073	163.77
M-04	7/12/2022	14/12/2022	7	207.14	21122.63	81.073	260.54
M-05	7/12/2022	14/12/2022	7	211.84	21602.13	81.073	266.45
M-06	7/12/2022	14/12/2022	7	213.06	21726.14	81.073	267.98
M-07	7/12/2022	4/01/2023	28	342.05	34879.22	81.073	430.22
M-08	7/12/2022	4/01/2023	28	339.61	34631.20	81.073	427.16
M-09	7/12/2022	4/01/2023	28	345.70	35251.24	81.073	434.81
M-01	9/12/2022	12/12/2022	3	118.93	12127.95	81.073	149.59
M-02	9/12/2022	12/12/2022	3	118.45	12078.34	81.073	148.98
M-03	9/12/2022	12/12/2022	3	121.80	12419.82	82.073	151.33
M-04	9/12/2022	16/12/2022	7	210.63	21478.12	81.073	264.92
M-05	9/12/2022	16/12/2022	7	209.82	21395.45	81.073	263.90
M-06	9/12/2022	16/12/2022	7	212.98	21717.87	81.073	267.88
M-07	9/12/2022	6/01/2023	28	356.56	36359.04	81.073	448.47
M-08	9/12/2022	6/01/2023	28	354.37	36135.83	81.073	445.72
M-09	9/12/2022	6/01/2023	28	358.26	36532.65	81.073	450.61
M-01	11/12/2022	14/12/2022	3	127.93	13045.60	81.073	160.91
M-02	11/12/2022	14/12/2022	3	132.96	13558.17	81.073	167.23
M-03	11/12/2022	14/12/2022	3	131.23	13382.27	82.073	163.05
M-04	11/12/2022	18/12/2022	7	213.95	21817.08	81.073	269.10
M-05	11/12/2022	18/12/2022	7	214.19	21841.88	81.073	269.41
M-06	11/12/2022	18/12/2022	7	212.17	21635.20	81.073	266.86
M-07	11/12/2022	8/01/2023	28	362.72	36987.35	81.073	456.22
M-08	11/12/2022	8/01/2023	28	357.69	36474.78	81.073	449.90
M-09	11/12/2022	8/01/2023	28	379.99	38748.25	81.073	477.94
M-01	13/12/2022	16/12/2022	3	129.39	13194.41	81.073	162.75
M-02	13/12/2022	16/12/2022	3	127.61	13012.53	81.073	160.50
M-03	13/12/2022	16/12/2022	3	131.81	13440.85	82.073	163.77
M-04	13/12/2022	20/12/2022	7	210.14	21428.52	81.073	264.31
M-05	13/12/2022	20/12/2022	7	211.92	21610.40	81.073	266.55
M-06	13/12/2022	20/12/2022	7	210.55	21469.86	81.073	264.82
M-07	13/12/2022	10/01/2023	28	350.07	35697.67	81.073	440.32
M-08	13/12/2022	10/01/2023	28	362.48	36962.54	81.073	455.92
M-09	13/12/2022	10/01/2023	28	346.83	35366.98	81.073	436.24
M-01	15/12/2022	18/12/2022	3	130.45	13301.89	81.073	164.07
M-02	15/12/2022	18/12/2022	3	129.39	13194.41	81.073	162.75
M-03	15/12/2022	18/12/2022	3	132.38	13499.44	82.073	164.48
M-04	15/12/2022	22/12/2022	7	213.79	21800.54	81.073	268.90
M-05	15/12/2022	22/12/2022	7	211.52	21569.06	81.073	266.04
M-06	15/12/2022	22/12/2022	7	211.92	21610.40	81.073	266.55
M-07	15/12/2022	12/01/2023	28	362.72	36987.35	81.073	456.22
M-08	15/12/2022	12/01/2023	28	359.88	36697.99	81.073	452.65
M-09	15/12/2022	12/01/2023	28	350.48	35739.00	81.073	440.82

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO, SUELO Y ASFALTO

Ing. Luis Villar Requis Corbajal  
CIP: 76748



LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO – EFP INGENIERIA CIVIL  
– UNDAC



M-01	17/12/2022	20/12/2022	3	126.80	12929.86	81.073	159.48
M-02	17/12/2022	20/12/2022	3	127.85	13037.34	81.073	160.81
M-03	17/12/2022	20/12/2022	3	130.17	13273.47	82.073	161.73
M-04	17/12/2022	24/12/2022	7	214.92	21916.28	81.073	270.33
M-05	17/12/2022	24/12/2022	7	213.71	21792.28	81.073	268.80
M-06	17/12/2022	24/12/2022	7	214.84	21908.02	81.073	270.23
M-07	17/12/2022	14/01/2023	28	370.26	37756.19	81.073	465.71
M-08	17/12/2022	14/01/2023	28	375.29	38268.76	81.073	472.03
M-09	17/12/2022	14/01/2023	28	357.78	36483.05	81.073	450.00
M-01	19/12/2022	22/12/2022	3	128.58	13111.74	81.073	161.73
M-02	19/12/2022	22/12/2022	3	129.80	13235.75	81.073	163.26
M-03	19/12/2022	22/12/2022	3	131.15	13373.90	82.073	162.95
M-04	19/12/2022	26/12/2022	7	210.95	21511.19	81.073	265.33
M-05	19/12/2022	26/12/2022	7	212.41	21660.00	81.073	267.17
M-06	19/12/2022	26/12/2022	7	214.19	21841.88	81.073	269.41
M-07	19/12/2022	16/01/2023	28	357.69	36474.78	81.073	449.90
M-08	19/12/2022	16/01/2023	28	361.91	36904.67	81.073	455.20
M-09	19/12/2022	16/01/2023	28	352.26	35920.88	81.073	443.07
M-01	21/12/2022	24/12/2022	3	130.20	13277.08	81.073	163.77
M-02	21/12/2022	24/12/2022	3	131.50	13409.36	81.073	165.40
M-03	21/12/2022	24/12/2022	3	132.71	13532.91	82.073	164.89
M-04	21/12/2022	28/12/2022	7	213.71	21792.28	81.073	268.80
M-05	21/12/2022	28/12/2022	7	215.65	21990.69	81.073	271.25
M-06	21/12/2022	28/12/2022	7	218.57	22288.31	81.073	274.92
M-07	21/12/2022	18/01/2023	28	337.34	34399.72	81.073	424.31
M-08	21/12/2022	18/01/2023	28	346.34	35317.38	81.073	435.62
M-09	21/12/2022	18/01/2023	28	343.43	35019.76	81.073	431.95
M-01	23/12/2022	26/12/2022	3	131.66	13425.89	81.073	165.60
M-02	23/12/2022	26/12/2022	3	132.96	13558.17	81.073	167.23
M-03	23/12/2022	26/12/2022	3	131.40	13399.01	82.073	163.26
M-04	23/12/2022	30/12/2022	7	214.92	21916.28	81.073	270.33
M-05	23/12/2022	30/12/2022	7	217.92	22222.17	81.073	274.10
M-06	23/12/2022	30/12/2022	7	222.38	22676.86	81.073	279.71
M-07	23/12/2022	20/01/2023	28	321.21	32754.55	81.073	404.01
M-08	23/12/2022	20/01/2023	28	322.75	32911.63	81.073	405.95
M-09	23/12/2022	20/01/2023	28	328.35	33482.06	81.073	412.99
M-01	25/12/2022	28/12/2022	3	129.88	13244.02	81.073	163.36
M-02	25/12/2022	28/12/2022	3	128.66	13120.01	81.073	161.83
M-03	25/12/2022	28/12/2022	3	132.96	13558.02	82.073	165.19
M-04	25/12/2022	1/01/2023	7	211.68	21585.60	81.073	266.25
M-05	25/12/2022	1/01/2023	7	221.57	22594.19	81.073	278.69
M-06	25/12/2022	1/01/2023	7	219.38	22370.98	81.073	275.94
M-07	25/12/2022	22/01/2023	28	303.05	30902.70	81.073	381.17
M-08	25/12/2022	22/01/2023	28	305.56	31158.99	81.073	384.33

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO, SUELO Y ASFALTO


Ing. Luis Villar Requena Carbajal  
CIP: 76748



LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO – EFP INGENIERIA CIVIL  
– UNDAC



M-09	25/12/2022	22/01/2023	28	315.37	32159.31	81.073	396.67
M-01	27/12/2022	30/12/2022	3	107.42	10954.01	81.073	135.11
M-02	27/12/2022	30/12/2022	3	132.88	13549.90	81.073	167.13
M-03	27/12/2022	30/12/2022	3	132.96	13558.02	82.073	165.19
M-04	27/12/2022	3/01/2023	7	218.01	22230.44	81.073	274.20
M-05	27/12/2022	3/01/2023	7	212.49	21668.27	81.073	267.27
M-06	27/12/2022	3/01/2023	7	221.41	22577.66	81.073	278.49
M-07	27/12/2022	24/01/2023	28	316.18	32241.99	81.073	397.69
M-08	27/12/2022	24/01/2023	28	306.05	31208.59	81.073	384.94
M-09	27/12/2022	24/01/2023	28	310.35	31646.75	81.073	390.35

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO, CEMENTO Y ASFALTO  
  
Ing. Luis Villar Requis Carbajal  
CIP: 76748

FICHA TÉCNICA /

  
 Ing. Luis Villar Requis Carbajal  
 CIP: 76748

## CEMENTO ANDINO PREMIUM

### DESCRIPCIÓN:

- Es un cemento Pórtland Tipo I, obtenido de la molienda clínker Tipo I y yeso.

### BENEFICIOS:

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

### USOS:

- Estructuras sólidas de acabados perfectos.
- Construcciones de gran envergadura, como puentes, estructuras industriales y conjuntos habitacionales.
- Postes, vigas, viguetas y *shotcrete*.

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

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

### FORMATO DE DISTRIBUCIÓN:

- *Bolsas de 42.5 kg*: 03 pliegos (02 de papel + 01 film plástico).
- *Granel*: A despacharse en camiones bombonas y *big bags*.



### RECOMENDACIONES /

#### DOSIFICACIÓN:

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

#### MANIPULACIÓN:

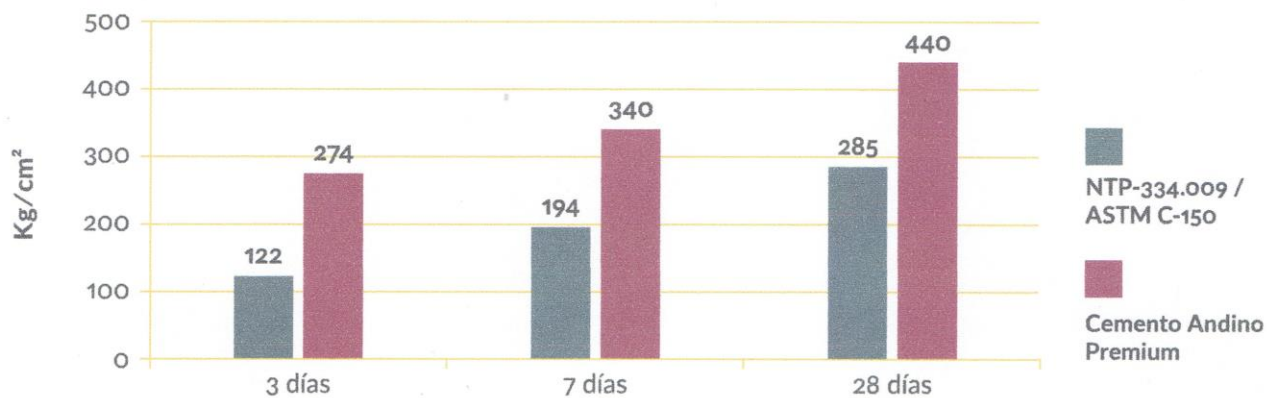
- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

#### ALMACENAMIENTO:

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

## REQUISITOS MECÁNICOS /

### COMPARACIÓN RESISTENCIAS NTP-334.009 / ASTM C-150 VS. CEMENTO ANDINO PREMIUM



## PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS /

Parámetro	Unidad	Cemento Andino Premium	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	5.08	Máximo 12
Expansión autoclave	%	-0.02	Máximo 0.80
Superficie específica	m²/kg	373	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.15	No específica
<b>Resistencia a la compresión</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm²	274	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm²	340	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm²	440	Mínimo 285*
<b>Tiempo de fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	105	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	282	Máximo 375
<b>Composición química</b>			
MgO	%	1.80	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	2.67	Máximo 3.0
Pérdida al fuego	%	1.49	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.72	Máximo 1.5
<b>Fases mineralógicas</b>			
C <sub>2</sub> S	%	17.86	No específica
C <sub>3</sub> S	%	54.88	No específica
C <sub>3</sub> A	%	7.01	No específica
C <sub>4</sub> AF	%	10.37	No específica
<b>Álcalis equivalentes</b>			
Contenido de álcalis equivalentes	%	0.47	Máximo 0.60*
<b>Resistencia a los sulfatos</b>			
Resistencia al ataque de sulfatos	%	0.083	0.10 % máx. a 180 días

\*Requisito opcional

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
LABORATORIO DE CONCRETO, SUELO Y ASFALTO

Ing. Luis Villar Requis Carbajal  
CIP: 76748

**UNACEM**  
CONSTRUYENDO OPORTUNIDADES

## HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

## SikaRapid®-3 PE

## ACELERANTE CONTROLABLE DE FRAGUADO

## DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaRapid®-3 PE es un aditivo acelerador de fraguado y endurecimiento. Actúa aumentando la velocidad de hidratación y las reacciones químicas de los constituyentes del cemento.

No es inflamable.

## USOS

En pastas:

- Para el sellado de perforaciones en las faenas de sondaje, el tapado de grietas con o sin filtraciones de agua.

En morteros de fraguado y endurecimiento rápido:

- Albañilerías, nivelación de pisos, obstrucción de grietas y otros.

En concretos:

- Donde se requiera alcanzar elevadas resistencias mecánicas en corto tiempo, ya sea para una pronta puesta en servicio o disminución de los tiempos de desencofrado.

## CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Vaciado de concreto en climas fríos, obteniendo endurecimiento rápido y reduciendo el tiempo de protección.
- Vaciado de concretos rápidos para cimientos o elementos de concreto expuestos a la acción de aguas subterráneas (napas freáticas).
- Faenas en donde se necesita una rotación rápida del encofrado.
- Reducción de las presiones de los moldes.
- Reparación de pavimentos y pistas de aeropuerto para una rápida puesta en servicio.
- Trabajos marítimos entre dos mareas (sin armadura).
- Obras hidráulicas.
- Para alcantarillado en la construcción o reparación de pozos, cámaras y tuberías.

## CERTIFICADOS / NORMAS

Cumple la norma ASTM C 494 tipo C.

## INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

<b>Empaques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Paquete x 4 envases PET x 4 L.</li> <li>▪ Balde x 20L</li> <li>▪ Cilindro x 200 L.</li> </ul>
<b>Apariencia / Color</b>	Incoloro a ligeramente amarillento
<b>Vida Útil</b>	12 meses desde la fecha de producción.
<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	El producto debe ser almacenado en un lugar fresco y bajo techo en su envase original bien cerrado.
<b>Densidad</b>	1.38 +/- 0.01 kg/L

UNIVERSIDAD NACIONAL PRINCIPALCIDES CARRIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO, PUELO Y ASFALTO

Ing. Luis Villar Requis Carbajal  
CIP: 76748

# INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

## Dosificación Recomendada

El consumo depende del tiempo de fraguado que se desee alcanzar. (Ver Instrucciones de Aplicación)

## NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

## ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

REGULACIÓN (EC) Nº 1907/2006 - REACH

DIRECTIVA 2004/42/CE - LIMITACIÓN DE LAS EMISIONES DE VOC

## INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

### DOSIFICACIÓN

La colocación del concreto o mortero con SikaRapid®-3 PE deberá ser rápida, ya que los tiempos de fraguado se acortan considerablemente, Para su dilución deberá emplearse recipientes limpios y mantener una agitación constante evitando con ello diferencias en la concentración del aditivo.

- En **mortero** puede utilizar puro o disuelto hasta en 15 partes de agua, dependiendo del uso y de las necesidades de la obra.
- En **concreto** deberá considerarse una concentración máxima de 1:6, una parte de SikaRapid®-3 PE diluido en seis o más partes de agua.

Debido a que existen muchos factores que influyen en una mezcla, no se pueden indicar dosis exactas de aditivos, por lo que se recomienda efectuar ensayos preliminares con los materiales que se utilizan en la obra para determinar la concentración más favorable.

Las influencias son :

- Temperatura ambiental y de los materiales.
- Tipo y cantidad del cementante.
- Cantidad de agua (relación a/c) y otros.
- Tomar las más estrictas precauciones para un correcto curado del concreto, recomendando el uso de Antisol.
- Se puede usar con aditivos expansores

## RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja

Sika Perú  
Habilitación Industrial  
El Lúcumo Mz. "B" Lote 6  
Lurín, Lima  
Tel. (511) 618-6060

técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto

## NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe). La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO, SELO Y ASFALTO  
  
Ing. Luis Villar Requis Carbajal  
CIP: 76748

Hoja De Datos Del Producto  
SikaRapid®-3 PE  
Enero 2021, Versión 01.01  
021402021000000136

SikaRapid-3PE-es-PE-(01-2021)-1-1.pdf





El mejor amigo del concreto

Av. Los Faisanes N°675. Urb. La Campiña, Chorrillos, Lima - Perú.

(01) 2523058 950 093 271 / 994 268 534 / 998 128 514 / 996 330 130

Ficha técnica - Edición 19 - Versión 07.18

Plastificantes / Superplastificantes / Reductores de agua

## Z RR Plast

**Descripción:** Aditivo líquido polifuncional plastificante, reductor de agua con efecto retardante sobre la fragua del concreto permitiendo un aumento en el tiempo de trabajabilidad, mayor durabilidad y reduce la contracción por fragua y la permeabilidad, además como plastificante proporciona a la mezcla del concreto un incremento en el asentamiento (slump) sin necesidad de agregar más agua. Como plastificante cumple con la Norma ASTM C - 494, Tipo A y D. No contiene cloruros. Compatible con otros aditivos pero debe ser agregado por separado.

### Ventajas

- Se obtiene mayor manejo de los tiempos de fragua y acabado.
- Mayor trabajabilidad, especial para concretos caravista.
- No necesita aumentar el contenido de cemento por m<sup>3</sup>.
- Aumenta la resistencia final.
- Disminuye los agrietamientos.
- Reduce juntas frías.
- Reduce en un 10% el agua de amasado (opcional).
- Aumenta el asentamiento (slump) 4" - 6".
- Retardo de la evaporación de la humedad.
- Proporciona manejabilidad para bombear las mezclas a distancia.
- Permite que el concreto sea transportado a distancia sin perder trabajabilidad.
- Evita las cangrejeras.
- Incrementa la cohesividad del concreto fluido disminuyendo la segregación y exudación.
- Especial para plantas concreteras dado que es polifuncional, funcionando como retardante-plastificante y/o retardante-superplastificante (dependiendo de la dosificación).

### Usos

- En la colocación de grandes cantidades de concreto.
- Pisos y pavimentos.
- Cisternas, canales, represas, y toda estructura de concreto armado.
- Especial para concretos que resulte dificultoso el transporte y colocación del mismo.
- Para bombear concreto.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO, SUELO Y ASFALTO

  
Ing. Luis Villar Requis Carbajal  
CP: 76748

E-mail: [ventas@zaditivos.com.pe](mailto:ventas@zaditivos.com.pe) | [cotizacion@zaditivos.com.pe](mailto:cotizacion@zaditivos.com.pe) | web site: [www.zaditivos.com.pe](http://www.zaditivos.com.pe)

San Borja: Av. San Luis 3051. Telf: (01) 715 5744 / 981 288 456 | Callao: Av. Elmer Faucett 1631. Telf: (01) 715-5770 / 998 128 493

Chiclayo: Calle Los Tumbos 505. Urb. San Eduardo. Telf: (074) 223 718 / 994 278 778 | Pucallpa: Jr. Coronel Portillo 744. Telf: (061) 573 591 / 998 128 495

Piura: Av. Bolognesi 311. Int. 3. Telf: (073) 321 480 / 972 001 351 | Sullana: Av. José de Lama 344. Telf: (073) 509 408 / 923 055 398

Cuzco: Av. Tomasa Titto Condemayta 1032 - Wanchaq. Telf: (084) 257 111 / 994 268 292

Arequipa: Calle Paucarpata 323A - Cercado. Telf: (054) 203 388 / 994 044 894 | Trujillo: Av. América Sur 818. Urb. Palermo Telf: (044) 425 548 - 998 127 657





El mejor amigo del concreto

Av. Los Faisanes N°675. Urb. La Campiña, Chorrillos. Lima - Perú.

(01)2523058 950 093 271 / 994 268 534 / 998 128 514 / 996 330 130

Ficha técnica - Edición 19 - Versión 07.18

### Aplicación

- Como plastificante viene listo para ser agregado al agua del amasado, reducir proporcionalmente el agua según la cantidad de aditivo a usar.
- Como reductor de agua puede reducir en un 10% a 12% el agua (opcional) de su diseño, manteniendo constante el asentamiento y logrando altas resistencias en todas las edades, obteniendo concretos impermeables.
- Como superplastificante proporciona a la mezcla un incremento en el asentamiento sin necesidad de agregar más agua lo que permite concretos de alta resistencia y bombeables.

### Rendimiento

- Como Plastificante usar de 3 onzas a 6 onzas X BC.
- Como Superplastificante usar de 6 onzas a 12 onzas.

### Envases

- 1 Galones.
- 5 Galones.
- 55 Galones.

Peso del cilindro: 230Kg.  
Densidad:  $1.08 \pm 0.04$  Kg/l.

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALBORNOS CARRIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO, SUELO Y ASFALTO

Ing. Luis Villar Requis Carbajal  
CIP: 76748

E-mail: [ventas@zaditivos.com.pe](mailto:ventas@zaditivos.com.pe) | [cotizacion@zaditivos.com.pe](mailto:cotizacion@zaditivos.com.pe) | web site: [www.zaditivos.com.pe](http://www.zaditivos.com.pe)

San Borja: Av. San Luis 3051. Telf: (01) 715 5744 / 981 288 456 | Callao: Av. Elmer Faucett 1631. Telf: (01) 715-5770 / 998 128 493

Chiclayo: Calle Los Tumbos 505. Urb. San Eduardo. Telf: (074) 223 718 / 994 278 778 | Pucallpa: Jr. Coronel Portillo 744. Telf: (061) 573 591 / 998 128 495

Piura: Av. Bolognesi 311. Int. 3. Telf: (073) 321 480 / 972 001 351 | Sullana: Av. Jose de Lama 344. Telf: (073) 509 408 / 923 055 398

Cuzco: Av. Tomasa Tito Condemayta 1032 - Wanchaq. Telf: (084) 257 111 / 994 268 292

Arequipa: Calle Paucarpata 323A - Cercado. Telf: (054) 203 388 / 994 044 894 | Trujillo: Av. América Sur 818. Urb. Palermo Telf.: (044) 425 548 - 998 127 657



**Foto N°01:** Peso de cemento según dosificación para mezclado.



**Foto N°02:** Peso de Arena de Gradación N°02 según dosificación para mezclado.



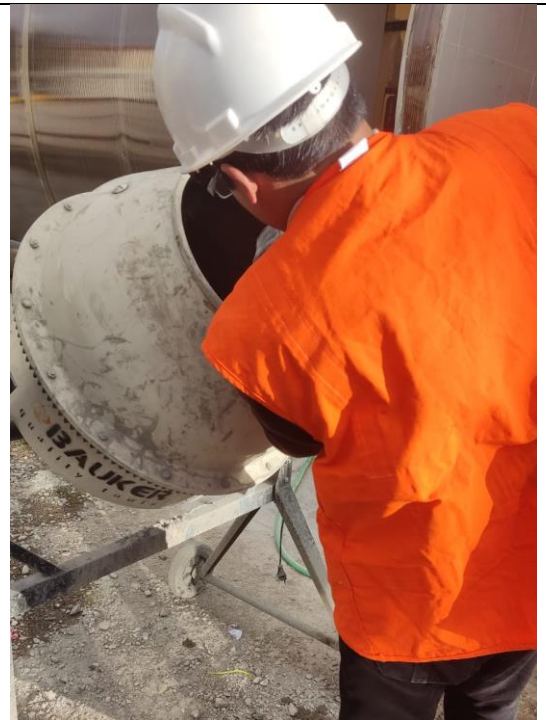
**Foto N°03:** Peso de agua según dosificación para mezclado.



**Foto N°04:** Peso de cantidad de aditivo según dosificación para mezclado.



**Foto N°05:** Trompo mezclador eléctrico de 120 kg de capacidad.



**Foto N°06:** Ingreso de materiales al trompo mezclador.



**Foto N°07:** Inicio de mezclado de materiales dosificados en el trompo.



**Foto N°08:** Adición de materiales en el trompo mezclador.



**Foto N°09:** Medición de temperatura en la mezcla de concreto fresco.



**Foto N°10:** Ensayo de Consistencia de Cono de Abrams.



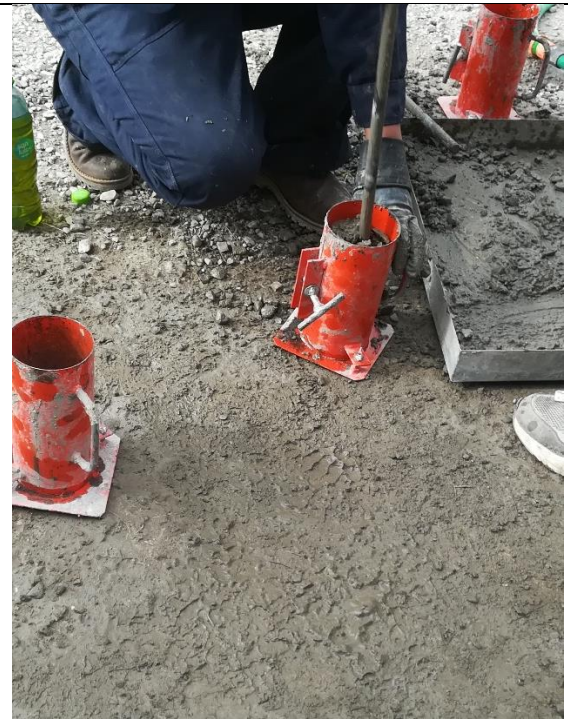
**Foto N°11:** Ensayo de Consistencia de Cono de Abrams.



**Foto N°12:** Medición del SLUMP del Concreto Fresco.



**Foto N°13:** Medición de temperatura en la mezcla de concreto fresco.



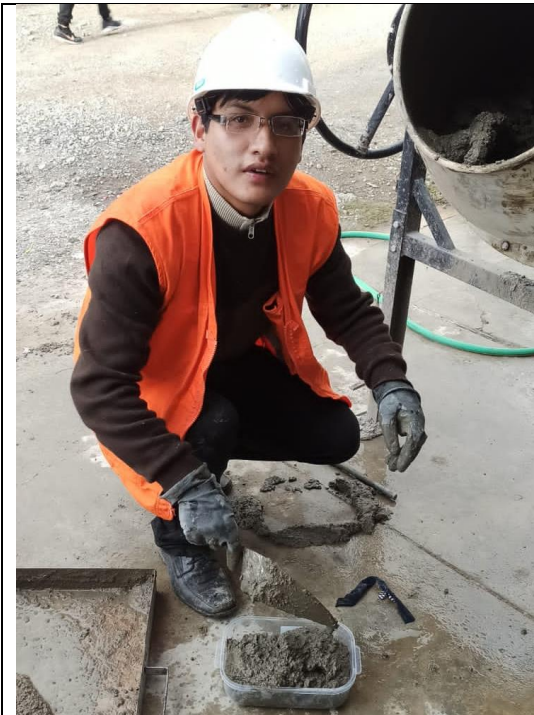
**Foto N°14:** Elaboración en el llenado de concreto en las probetas cilíndricas.



**Foto N°15:** Probetas cilíndricas con concreto para ensayos de resistencia a la compresión.



**Foto N°16:** Toma de muestras en moldes para realizar ensayos de resistencias tempranas en fraguado.



**Foto N°17:** Toma de muestras en moldes para realizar ensayos de resistencias tempranas en fraguado.



**Foto N°18:** Probetas cilíndricas para ensayos de resistencia a la compresión.



**Foto N°19:** Muestras a ser ensayadas para medir el desarrollo de resistencias tempranas.



**Foto N°20:** Medición de resistencias tempranas con penetrómetro en las muestras obtenidas.



**Foto N°21:** Toma de muestras en moldes para realizar ensayos de resistencias tempranas en fraguado.



**Foto N°22:** Mediciones de resistencias tempranas con penetrómetro realizadas a muestras.



**Foto N°23:** Muestras ensayadas en resistencias tempranas.



**Foto N°24:** Medición de resistencias tempranas con Pistola Hilti.



**Foto N°25:** Medición de resistencias tempranas con Pistola Hilti en las muestras.



**Foto N°26:** Clavos empotrados en las muestras de ensayos realizados en las muestras para medición de resistencias tempranas.



**Foto N°27:** Muestras ensayadas en resistencias tempranas.



**Foto N°28:** Realización de los mismos pasos para las demás dosificaciones de diseño de mezcla.





**Foto N°29:** Extracción de probetas después de su respectivo curado para su ensayo a compresión.



**Foto N°30:** Probeta y Maquina para medición de resistencia a la compresión.



**Foto N°31:** Colocación de probeta para ensayo de resistencia a la compresión.



**Foto N°32:** Medición de resistencia a la compresión de probetas.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: “Parámetros del Shotcrete para Controlar el Tiempo de Fraguado con fines de Sostenimiento en Minería, Pasco 2022”

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DE ESTUDIO	HIPOTESIS DE INVESTIGACION	VARIABLES DE ESTUDIO	DIMENSIONES	INDICADOR	METODOLOGIA
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿Cuáles son los parámetros del Shotcrete para Controlar el Tiempo de Fraguado con fines de Sostenimiento en Minería?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b></p> <p>¿Cuál es el diseño de mezcla del Shotcrete con fines de Sostenimiento en Minería?</p> <p>¿Cuál es la resistencia inicial y final del Shotcrete para controlar el tiempo de fraguado?</p> <p>¿Cuál es la resistencia a la compresión del Shotcrete con fines de Sostenimiento en Minería?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> Evaluar los parámetros del Shotcrete para controlar el tiempo de fraguado con fines de Sostenimiento en Minería.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar el diseño de mezcla del Shotcrete con fines de Sostenimiento en Minería.</li> <li>- Evaluar la resistencia del Shotcrete en tiempos de fraguado con fines de Sostenimiento en Minería.</li> <li>- Determinar la resistencia a la compresión del Shotcrete con fines de Sostenimiento en Minería.</li> </ul>	<p><b>HIPOTESIS GENERAL</b> Hi. El tipo de cemento, la relación agua/cemento y la dosificación acelerante de fraguado influyen en el tiempo de fraguado del Shotcrete.</p> <p>Ho. El tipo de cemento, la relación agua/cemento y la dosificación acelerante de fraguado no influyen en el tiempo de fraguado del Shotcrete.</p> <p><b>HIPOTESIS ESPECIFICAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hi1. La dosificación optima de los materiales constituyentes direccionará a un diseño de mezcla adecuada.</li> <li>Hi2. El desarrollo de la resistencia mínima en el un tiempo determinado dependerá de la zona de sostenimiento en minera.</li> <li>Hi3. La resistencia a la compresión será mayor a 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días en los testigos de shotcrete.</li> <li>Hi4. La resistencia a la flexión será mayor a 10% de la resistencia a la compresión a los 28 días en las muestras de shotcrete</li> </ul>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b> Parámetros del Shotcrete</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b> Tiempo de Fraguado</p> <p><b>VARIABLE INTERVINIENTE</b> Sostenimiento en Minería</p>	<p>Dosificación</p> <p>Diseño de Mezcla</p> <p>Fraguado Inicial</p> <p>Fraguado Final</p>	<p>Relación Agua/Cemento</p> <p>Tipo de Cemento</p> <p>Aditivos Agregados</p> <p>Resistencia Inicial</p> <p>Resistencia Temprana</p> <p>Resistencia Final</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACION</b> Investigación de Laboratorio</p> <p><b>INVESTIGACION</b> Investigación Aplicada</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACION</b> Alcance Explicativo</p> <p><b>METODO DE INVESTIGACION</b> Analítico-deductivo</p> <p>Enfoque Cuantitativo.</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACION</b> Diseño experimental (Experimental Puro)</p> <p><math>Y = f(X1, X2, \dots, Xn) + C</math></p> <p><b>POBLACION</b> Probetas</p> <p><b>MUESTRA</b> Toda probeta de ensayo</p> <p><b>TECNICA</b> Observación Experimental</p>