

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y**  
**AGRIMENSURA**



**“USO DE RESIDUOS MINEROS EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETOS  
EN LA PROVINCIA DE PUNO”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**RONALD MIRANDA SABANAYA**

**RAUL WILBER PANCA PANCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR**

**PROMOCIÓN: 2008 – II, 2009 - II**

**PUNO – PERÚ**

**2018**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA

“USO DE RESIDUOS MINEROS EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETOS  
EN LA PROVINCIA DE PUNO”

TESIS

PRESENTADA POR:

RONALD MIRANDA SABANAYA  
RAÚL WILBER PANCA PANCA

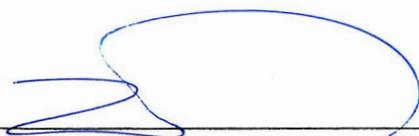


PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR

FECHA DE SUSTENTACION: 09 DE MAYO DEL 2018

APROBADA POR:

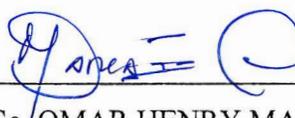
PRESIDENTE :

  
M.Sc. ALBERTO RAMOS VILCA

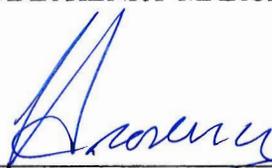
PRIMER MIEMBRO :

  
Ing. RAÚL CORNEJO CALVO

SEGUNDO MIEMBRO :

  
M.Sc. OMAR HENRY MARCA FLORES

DIRECTOR / ASESOR :

  
M.Sc. JORGE LUIS AROSTE VILLA

Área : Ciencias naturales

Tema : Aplicación de los métodos geoestadísticos al tratamiento de información medioambiental y topocartográficos

## **DEDICATORIA**

*La presente tesis va dedicado a mi familia y amigos, principalmente a mis padres Rafael Miranda Mamani y Ceferina Sabanaya Puma, quienes fueron el pilar fundamental en mi formación como profesional, por brindarme la confianza, consejos, oportunidad y recursos para lograrlo, a mi esposa Rosmery gracias por estar siempre en esos momentos difíciles brindándome su amor, paciencia y comprensión, a mis hijos Jhanely y Samuel y por ultimo a esos verdaderos amigos con los que compartimos todos estos años juntos.*

### **Ronald**

*Con la gratitud más grande a las bendiciones de Dios, dedico esta tesis a mis queridos padres Vicente Panca Cahui y Lucila F. Panca Coila, por su apoyo permanente e infatigable esfuerzo por hacer de mí, una mejor persona cada día y por su inconmensurable esfuerzo en dejarme la profesión como la mejor herencia. A mis hermanos Rene y Fidel, Por haberme brindado fuerzas para seguir adelante en mi vida profesional. A mis familiares por la motivación y el apoyo constante en mi formación profesional. A Luz delia y a mi hija Mariela quienes, con su alegría y amor, me dieron su apoyo, comprensión y paciencia, para la realización del presente trabajo de investigación. Y finalmente a todos mis amigos por sus consejos por confiar en mí, y toda la ayuda que me brindaron para concluir mis estudios.*

### **Raúl Wilber**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco:

A Dios, por acompañarme todos los días. A nuestros padres por sus apoyos incondicionales, a enseñarnos a no desfallecer ni rendirnos ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A los ingenieros, M.Sc. Jorge Luís Aroste Villa, M.Sc. Alberto Ramos Vilca, Ing. Raúl Cornejo Calvo y al M. Sc. Omar Henry Marca Flores, quienes supieron dirigirnos y apoyarnos en la elaboración y ejecución del presente trabajo.

Gracias a todas las personas quienes nos ayudaron directamente e indirectamente en la realización de este proyecto.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
RESUMEN .....	11
ABSTRACT.....	12
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
2.1. REFERENCIAS TEÓRICAS .....	15
2.1.1. LOS AGREGADOS .....	15
2.1.2. ANÁLISIS FÍSICOS EN EL AGREGADO .....	16
2.2. CEMENTO .....	21
2.3. AGUA.....	22
2.4. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO .....	22
2.5. ENSAYOS EN EL CONCRETO.....	23
2.6. LA MINERÍA.....	24
2.7. IMPACTOS AMBIENTALES DE PASIVOS MINEROS .....	25
2.8. MINA POMPERIA .....	26
2.9. ANTECEDENTES .....	27
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>31</b>
3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO .....	31
3.1.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	31
3.1.2. ACCESIBILIDAD A LA ZONA DE ESTUDIO.....	31
3.1.3. ASPECTOS CLIMÁTICOS .....	31
3.1.4. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA .....	32
3.2. MATERIALES.....	32
3.2.1. AGREGADOS NATURALES.....	32
3.2.2. AGREGADOS DE RESIDUOS MINEROS .....	33
3.3. MÉTODOS .....	34
3.3.1. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS .....	34
3.3.2. DISEÑO DE MEZCLAS .....	39
3.3.3. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO PARA PRUEBA (NTP 339.183).....	47
3.3.4. CURADO DE ESPECÍMENES EN EL LABORATORIO (NTP 339.183). ...	48
3.3.5. PESO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO (ASTM C138). .....	49
3.3.6. PRUEBA DE ESPECÍMENES A COMPRESIÓN (ASTM C39) .....	49

3.4.	MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	49
3.4.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	49
3.4.2.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	50
3.4.3.	PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	50
3.4.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	50
3.4.5.	PRUEBA ESTADÍSTICA.....	50
3.4.5.1.	Planteamiento de hipótesis.....	51
3.4.5.2.	Regla de decisión utilizada.....	52
3.4.5.3.	Nivel de significancia.....	52
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>53</b>
4.1.	PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS.....	53
4.1.1.	ASPECTO VISUAL DE LOS AGREGADOS.....	53
4.1.2.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO ARM Y AN.....	53
4.1.3.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS.....	54
4.1.4.	PESOS VOLUMÉTRICOS SUELTOS Y COMPACTOS.....	54
4.1.5.	PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N° 200.....	55
4.2.	DISEÑO DE MEZCLA.....	55
4.3.	RESISTENCIA Y PESO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO.....	56
4.4.	ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA.....	57
4.5.	DISCUSIÓN.....	58
4.5.1.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.....	58
4.5.2.	PESO ESPECÍFICO.....	60
4.5.3.	ABSORCIÓN.....	62
4.5.4.	PESOS VOLUMÉTRICOS.....	64
4.5.5.	PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N°200.....	67
4.5.6.	DISEÑO DE MEZCLA.....	69
4.5.7.	RESISTENCIA.....	70
4.5.8.	PESO VOLUMÉTRICO.....	72
4.5.9.	CONTROL DE CONTAMINANTE.....	73
	CONCLUSIONES.....	75
	RECOMENDACIONES.....	76
	REFERENCIAS.....	77
	ANEXOS.....	79

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 01. Comparación granulométrica del ARM y AN del AF.....	58
Figura 02. Comparación granulométrica del ARM y AN del AG. ....	59
Figura 03. Comparación peso específico del ARM y AN. ....	60
Figura 04. Comparación de absorción del ARM y AN. ....	62
Figura 05. Comparación de PVSS del ARM y AN.....	64
Figura 06. Comparación de PVSC del ARM y AN. ....	65
Figura 07. Comparación de % que pasa la malla N° 200 del ARM y AN.....	67
Figura 08. Comparación del diseño de mezcla con ARM y AN. ....	69
Figura 09. Resistencia de concreto con ARM y AN. por cemento .....	71
Figura 10. Resistencia de concreto con ARM y AN. por curado.....	71
Figura 11. Peso volumétrico del concreto con ARM y AN. por cemento.....	73
Figura 12. Control de contaminante por concreto con ARM .....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Formato de Cálculo para el Análisis Granulométrico A.F.....	19
Tabla 02. Formato de Cálculo para Análisis Granulométrico del AG. ....	19
Tabla 03. Requerimiento de graduación para agregado grueso.....	20
Tabla 04. Resistencia a la compresión promedio.....	41
Tabla 05. Asentamiento recomendado según consistencia.....	41
Tabla 06. Contenido de aire atrapado.....	43
Tabla 07. Volumen unitario de agua.....	43
Tabla 08. Relación agua/cemento por resistencia.....	44
Tabla 09. Relación a/c por durabilidad.....	45
Tabla 10. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	46
Tabla 11. Resumen del análisis granulométrico.....	53
Tabla 12. Resumen de los TN y TMN de los agregados.....	54
Tabla 13. Peso específico y absorción del agregado fino.....	54
Tabla 14. Peso específico y absorción del agregado grueso.....	54
Tabla 15. Peso Volumétrico Seco Suelto.....	55
Tabla 16. Peso Volumétrico Seco compactado.....	55
Tabla 17. Porcentaje que pasa la malla N° 200.....	55
Tabla 18. Resumen de proporciones de diseño de mezcla.....	56
Tabla 19. Resumen de resultados de prueba a la compresión ARM.....	57
Tabla 20. Resumen de resultados de prueba a la compresión AN.....	57
Tabla 21. Resumen de resultados de análisis de agua.....	58
Tabla 22. Resumen Estadístico comparación granulométrica del AF.....	58
Tabla 23. Resumen Estadístico comparación granulométrica del AG.....	59
Tabla 24. Resumen Estadístico comparación peso específico del AF.....	60
Tabla 25. Resumen Estadístico comparación peso específico del AG.....	61
Tabla 26. Resumen Estadístico comparación de Absorción del AF.....	62
Tabla 27. Resumen Estadístico comparación de Absorción del AG.....	63
Tabla 28. Resumen Estadístico comparación de PVSS del AF.....	64
Tabla 29. Resumen Estadístico comparación de PVSS del AG.....	65
Tabla 30. Resumen Estadístico comparación de PVSC del AF.....	66
Tabla 31. Resumen Estadístico comparación de PVSC del AG.....	66
Tabla 32. Estadístico de material más fino que la malla N° 200 del AF.....	67

Tabla 33. Estadístico de material más fino que la malla N° 200 del AG. ....	68
Tabla 34. Resumen Estadístico comparación del diseño de mezcla. ....	69
Tabla 35. Diseño experimental por resistencia .....	70
Tabla 36. Resumen Estadístico comparación de resistencia.....	70
Tabla 37. Diseño experimental por peso volumétrico.....	72
Tabla 38. Resumen estadístico diseño experimental por peso volumétrico .....	72
Tabla 39. Resumen Estadístico control de contaminante .....	74
Tabla 40. Comparación de Desviaciones Estándar control de contaminante .....	74

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

<b>a/c</b>	: Relación agua/cemento
<b>ABS</b>	: absorción
<b>ACI</b>	: American Concrete Institute
<b>AF</b>	: Agregado fino
<b>AFN</b>	: Agregado fino natural
<b>AFRM</b>	: Agregado fino de residuo minero
<b>AG</b>	: Agregado grueso
<b>AGN</b>	: Agregado grueso natural
<b>AGRM</b>	: Agregado grueso de residuo minero
<b>Alt</b>	: Alterna
<b>AN</b>	: Agregado natural
<b>ARM</b>	: Agregado de residuo minero
<b>ASTM</b>	: American Society for Testing and Materials
<b>D.S.</b>	: Decreto supremo
<b>D.s.</b>	: Desviación estándar
<b>f'cr</b>	: Resistencia requerida del concreto a la compresión
<b>G.L.</b>	: Grado de libertad
<b>ITINTEC</b>	: Instituto Nacional de Investigación Tecnológica y Normas Técnicas
<b>NTP</b>	: Norma técnica peruana
<b>PAMA</b>	: programa de adecuación y manejo ambiental
<b>P.e.</b>	: Peso específico
<b>PVSC</b>	: Peso volumétrico seco compactado
<b>PVSS</b>	: Peso volumétrico seco suelto
<b>RNE</b>	: Reglamento nacional de edificaciones
<b>TMN</b>	: Tamaño máximo nominal

## RESUMEN

La presente investigación se ha realizado en el Centro de Investigación y Producción Minas Carolina de la Universidad Nacional del Altiplano, ubicada en el km 7 de la carretera Puno – Moquegua, entre las coordenadas UTM: (389722.80 E, 8241294.51 N), zona 19 S, que cuenta con una mina inoperativa con material abandonado, ocasionando pasivos y efectos ambientales negativos, principalmente en épocas de lluvia que al entrar en contacto con el agua y el oxígeno generan soluciones ácidas sulfuradas, y a través de procesos de segregación y lixiviación generan contaminantes al suelo y a los cuerpos de agua. La investigación tiene por objetivo determinar la factibilidad de utilizar los residuos mineros como parte de los materiales en la preparación de concretos y conseguir una resistencia a la compresión para este caso con un  $f'c$  de 280 kg/cm<sup>2</sup>, y la posible confinación de los principales contaminantes. Para ello se ha utilizado el análisis de contenido de contaminantes, y propiedades físicas de los agregados. Se ha realizado el diseño de mezcla por el método del ACI para la obtención de las proporciones de mezclado. Se ha elaborado concretos con contenidos de agregados naturales (AN) y de procedencia de residuos mineros (ARM). Se ha realizado ensayos de resistencia a la compresión. Inicialmente los concretos con ARM presentan una resistencia superior al concreto AN, sin embargo esta cambia con la adición de cemento a un 10% y 20% del diseño original, teniendo como diferencia de resistencia 16.5%, -7.8% y -34.06%. También se observa, que el concreto con ARM, por más que se adicione más del 20% de cemento su tendencia a la máxima resistencia es de 226 kg/cm<sup>2</sup>, inferior en 20% a la  $f'c_r$  (280 kg/cm<sup>2</sup>), lo que no sucede con el concreto con AN, cuya tendencia es adicionar más o menos la cantidad de 17% de cemento del diseño original. Que los concreto con ARM presenta la cualidad de control de segregación a un 80% de los principales contaminantes, con un F calculado de 93.5272 con una diferencia estadística significativa de comparación entre las aguas iniciales contaminadas y las aguas de curado del concreto utilizado para el confinamiento.

**Palabras Clave:** Confinamiento de residuos mineros, concretos, diseño y curado de concretos.

**ABSTRACT**

The present investigation has been carried out at the Carolina Mines Research and Production Center, located at the National University of the Altiplano, at km 6 of the Puno - Moquegua highway, located at the UTM coordinates: 389722.80 E, 8241294.51 N, zone 19 S, which has an inoperative mine with abandoned material, causing passive and negative environmental effects, mainly in rainy seasons that when coming into contact with water and oxygen generate sulfuric acid solutions, and through segregation and leaching processes generate pollutants to the ground and bodies of water. The objective of the research is to determine the feasibility of using the mining waste as part of the materials in the preparation of concrete and to achieve a compressive strength for this case with a  $f_c$  of 280 kg / cm<sup>2</sup>, and the possible confining of the main contaminants. To this end, the analysis of pollutant content and physical properties of the aggregates has been used. The mixing design was carried out by the ACI method to obtain the mixing proportions. Concrete has been prepared with contents of natural aggregates (AN) and origin of mining waste (MRA). Compression resistance tests have been carried out. Initially the concrete with ARM presents a superior resistance to the concrete AN, however this changes with the addition of cement to 10% and 20% of the original design, having as difference of resistance 16.5%, -7.8% and -34.06%. It is also observed that the concrete with ARM, no matter how much more than 20% of cement is added, its tendency to maximum resistance is 226 kg / cm<sup>2</sup>, lower by 20% at  $f_{cr}$  (280 kg / cm<sup>2</sup>), what does not happen with concrete with AN, whose tendency is to add more or less the amount of 17% cement of the original design. That the concrete with ARM presents the quality of control of segregation to 80% of the main pollutants, with a calculated F of 93.5272 with a statistically significant difference of comparison between the initial polluted waters and the curing waters of the concrete used for the confinement.

**Keywords:** Confinement of mining waste, concrete, design and curing of concrete.

## I. INTRODUCCIÓN

La actividad minera utiliza cerca del 0,2% de toda la superficie terrestre estimándose entre 1976 y 2000 en 37.000 km<sup>2</sup>; esto es en los países desarrollados que tienen una mayor proporción de terrenos perturbados por la actividad minera que los menos desarrollados. (Maksaev, 2012)

La minería es uno de los sectores más importantes de la economía peruana y representa el 59.2% del valor total de nuestras exportaciones haciendo un total de 18,657 millones de dólares al año. En los últimos 10 años, el sector, ha incrementado sus exportaciones llegando en algunos casos hasta el 62%. La minería representa también un 4.78% del PBI de nuestro país y a lo largo de los últimos 10 años ha permanecido en un promedio de 5.42%. (MACROCONSULT, 2012)

Así mismo es una industria que traslada muchos recursos económicos a zonas rurales alejadas, para construir carreteras, viviendas, instalaciones eléctricas, redes de agua y desagüe, postas de salud, etc. La realización de esta gran cantidad de obras genera empleo para los pobladores del lugar, y beneficios directos e indirectos para las comunidades cercanas a las minas y también para los pobladores de la región y el país.

Viendo el impacto económico que tiene el sector minero en nuestra sociedad, apostar por tecnologías nuevas y limpias que reduzcan posibles consecuencias negativas en el medio ambiente nos favorece a todos.

Con respecto a los relaves y desechos mineros, éstos son variados y sus características dependen del mineral específico que se extrae. Los relaves son los residuos resultantes del proceso de recuperación selectivo de ciertos minerales. Una vez que las rocas con contenido mineral han sido chancadas y molidas, éstas pasan a través de un conjunto de procesos físicos y químicos conocidos como concentración o beneficio para recuperar dichos elementos minerales útiles para la industria y el hombre. Una vez finalizado el mismo, se obtiene el componente con valor que es el concentrado y por otro lado lo que queda es el relave o desecho.

Debido a que la industria minera genera gran cantidad de relaves, y necesita mucho espacio para su disposición y almacenaje, sería de mucha utilidad encontrar una tecnología que recicle o reutilice el relave minero sin afectar con su uso al medio ambiente, así podría generar menos contaminación, mayor tiempo de vida útil a las presas de relaves y depósitos mineros; y menores costos en las operaciones mineras en general. Partimos de lo anterior y proponemos el uso controlado de relaves como adición mineral para que formen parte de una mezcla de concreto.

Para ello se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Determinar a través de ensayos experimentales el uso de residuos mineros en concreto.
- Determinar el posible confinamiento de los principales contaminantes en el concreto endurecido.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. REFERENCIAS TEÓRICAS

#### 2.1.1. LOS AGREGADOS

Según (Rivvas lopez, 2014) Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en las normas NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto. Ellos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan entre el 62% y el 78% de la unidad cubica del concreto.

Los agregados en el concreto restringen la retracción inherente de la pasta de cemento, por lo que la capacidad de deformación de los mismos y su adherencia con la pasta de cemento son las propiedades físicas que tienen importancia fundamental en la contracción del concreto. Dependiendo de las características de los agregados y su cantidad en el concreto, la contracción será sólo una fracción de la pasta sola, estimándose un orden.

##### 2.1.1.1. Clasificación

Según (Rivvas lopez, 2014), El agregado empleado en la preparación del concreto se clasifica en agregado fino, agregado grueso y hormigón, conocido este último como agregado integral.

Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el Tamiz de 3/8" y queda retenido en el tamiz N° 200. El más usual de los agregados finos es la arena, definida como el producto resultante de la desintegración natural de las rocas.

Se define como agregado grueso a aquel que queda retenido en el Tamiz N° 4 y es proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas. El agregado grueso suele clasificarse en grava y piedra triturada o chancada. La grava es el agregado grueso proveniente de la disgregación y abrasión natural de materiales pétreos. Se le encuentra generalmente en canteras y lechos de ríos depositado en forma natural. La piedra chancada, o piedra triturada, es el agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas y gravas.

Se define como hormigón, o agregado integral, al material conformado por una mezcla de arena y grava. Este material, mezclado en proporciones arbitrarias se da en forma natural en la corteza terrestre y se le emplea tal como se le extrae de la cantera.

## **2.1.2. ANÁLISIS FÍSICOS EN EL AGREGADO**

### **2.1.2.1. Forma y textura superficial de las partículas**

(MTC, 2016), menciona que la forma de las partículas de superficie rugosa o las planas y alargadas requieren más agua para producir concreto manejable que los agregados redondeados o con partículas cuboides. Por tanto, las partículas del agregado que son angulares requieren más cemento para mantener la misma relación agua-cemento. Sin embargo, cuando la gradación es buena, tanto los agregados triturados como los no triturados generalmente dan la misma resistencia, siempre que la dosificación del cemento sea la misma.

Las partículas de los agregados deben ser cortas y gruesas y libres de cantidades excesivas de piezas y en forma de placas o alargadas. Las piezas en forma de astillas, largas, en los agregados se deben evitar, o cuando menos limitarse a un máximo del 15% en peso del agregado total.

Este requisito es igualmente importante para agregado fino triturado, ya que la piedra triturada con frecuencia contiene más partículas planas y alargadas.

### **2.1.2.2. Pesos unitarios seco sueltos y compacto de los agregados gruesos y finos**

(Padilla, 2015), indica que el peso unitario de un agregado (árido) es la relación entre el peso de una determinada cantidad de este material y el volumen ocupado por el mismo, considerando como volumen al que ocupan las partículas del agregado y sus correspondientes espacios ínter granulares.

Hay dos valores para esta relación, dependiendo del sistema de acomodamiento que se le haya dado al material inmediatamente antes de la prueba; la denominación que se le dará a cada uno de ellos será Peso Unitario Seco Suelto (PVSS) y Peso Unitario Seco Compacto (PVSC). Ambos sirven para establecer relaciones entre volúmenes y pesos de estos materiales.

También los Pesos Unitarios nos sirven para determinar el porcentaje de huecos existente en el árido.

Calcule el Peso Volumétrico con la formula siguiente:

$$PVSS = \frac{\text{Peso del material suelto/compactado}}{\text{Volumen de recipiente}}$$

### 2.1.2.3. Contenido de humedad de los agregados

(Padilla, 2015), dice que el contenido de humedad se puede definir como la cantidad de agua presente en los materiales, al momento del ensaye, expresada en porciento del peso seco de su fase sólida. Se calcula el contenido de humedad del agregado con la formula siguiente:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso de la muestra humeda} - \text{peso de la muestra seca}}{\text{peso de la muestra seca}} \times 100$$

### 2.1.2.4. Gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado

(Padilla, 2015), define como peso específico relativo ó gravedad específica a la relación en peso entre una determinada cantidad de árido seco y el peso de un volumen igual de agua; considerando como volumen de los áridos a la suma de los volúmenes de la parte sólida y poros.

Este método determina (después de 24 horas de inmersión del agregado en agua) la gravedad específica corriente (GE), la gravedad específica saturada superficialmente seca (GE<sub>ss</sub>), la gravedad específica aparente (GE<sub>a</sub>).

Las GE y GE<sub>ss</sub> se utilizan en el cálculo de las dosificaciones de las mezclas de mortero y concreto que contengan dichos agregados, para las relaciones de volumen a peso o de peso a volumen. También la GE se utiliza para el cálculo del porcentaje de huecos de los áridos.

La importancia de la absorción radica en que nos indica la cantidad de agua que puede penetrar en los poros permeables de los agregados (áridos) en 24 horas, cuando estos se encuentran sumergidos en agua.

Determine la gravedad específica con las fórmulas siguientes:

$$G.E. = \frac{A}{V - W}$$

$$W = d - (B + C)$$

Dónde:

$A$  = Peso de la muestra seca.

$B$  = Peso de la muestra en la condición de saturada superficialmente seca.

$C$  = Peso del frasco seco y limpio.

$D$  = Peso del frasco más Peso del Material más Peso Agua añadida.

$V$  = Capacidad del Frasco.

$W$  = Agua Añadida al Frasco.

- Se determina el porcentaje de absorción del agregado fino con la siguiente fórmula.

$$\text{Absorción \%} = \frac{\text{Peso } MSSS - \text{Peso } MS}{\text{Peso } MS} \times 100$$

Dónde:

$MSSS$  = Muestra saturada seca superficialmente

$MS$  = Peso de la muestra seca.

#### **2.1.2.5. Análisis granulométrico de los agregados gruesos y finos**

(Padilla, 2015), dice que este ensayo consiste en determinar la distribución del tamaño de las partículas que contiene una muestra de agregado, los cuales desempeñan un papel muy importante en las propiedades de los concretos que lo contienen. Así como la comparación de sus resultados con especificaciones estandarizadas.

Calcule los porcentajes retenidos parciales, porcentajes retenidos acumulados y porcentajes que pasan del fino.

$$\% \text{ Retenido Parcial} = \frac{\text{Peso retenido parcial por tamiz}}{100} \times 100$$

Grafique los resultados que pasan del material ensayado y compárelo con las normas de la ASTM.

**Tabla 01: Formato de Cálculo para el Análisis Granulométrico A.F.**

Tamiz	Peso Retenido	% Retenido parcial	Porcentaje retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones
					% que pasa
3/8"					100
No. 4					95 – 100
No. 8					80 – 100
No. 16					50 – 85
No. 30					25 – 60
No. 50					10 – 30
No. 100					2 – 10
No. 200					0 - 2
Pasa No. 200					
Suma					

Fuente: (Padilla, 2015).

**Módulo de finura.**

El módulo de finura es un índice del tamaño medio de las partículas que componen una muestra de árido y se calcula con la formula siguiente:

MF = Sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados desde el tamiz 3/8" hasta el tamiz No. 100 dividido entre 100.

Calcule los porcentajes retenidos parcial, retenido acumulado y porcentaje que pasa del grueso.

**Tabla 02: Formato de Cálculo para Análisis Granulométrico del AG.**

Tamiz	Peso Retenido en cada tamiz	% Retenido parcial	Porcentaje retenido acumulado	% que pasa
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
1/4"				
No. 4				
N0. 8				
Pasa No. 8				
Suma				

Fuente: (Padilla, 2015)

Compare la grava ensayada con las especificaciones de la ASTM C 33, según tabla.

**Tabla 03: Requerimiento de graduación para agregado grueso**

Tamaño Nominal	Valores más finos que las mallas de laboratorio, porcentaje que pasa								
	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	3/8"	No.4	No.8	No. 16
1 ½" a No. 4	100	90 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	0 a 5		
1" a No. 4		100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
¾" a No. 4				90 a 100	--	20 a 55	0 a 10	0 a 5	
½" a No. 4				100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
3/8" No. 4					100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: (Padilla, 2015)

**2.1.2.6. Material fino que pasa el tamiz de 75 µm (N° 200) por lavado**

(MTC, 2016), describe el procedimiento para determinar, por lavado con agua, la cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 µm (N° 200) en un agregado. Durante el ensayo se separan de la superficie del agregado, por lavado, las partículas que pasan el tamiz de 75 µm (N° 200), tales como: arcillas, agregados muy finos, y materiales solubles en el agua.

El material más fino que el tamiz de 75 µm (N° 200) puede ser separado de las partículas mayores de manera más eficiente y completa por el tamizado en húmedo que por el uso de tamizado en seco. Por ello, cuando se desea determinaciones exactas del material más fino que el tamiz de 75 µm (N° 200) en un agregado grueso o fino, este ensayo es usado sobre la muestra antes del tamizado en seco de acuerdo con el ensayo MTC E204. Los resultados de este ensayo son incluidos en el cálculo del ensayo MTC E204 y la cantidad total del material más fino que el tamiz de 75 µm (N° 200) además del obtenido por tamizado en seco en la misma muestra es reportado con los resultados de MTC E 204. Usualmente, la cantidad adicional del material más fino que 75 µm obtenido en el proceso de tamizado en seco es una cantidad pequeña. Si ésta es muy grande, la eficiencia de la operación de lavado debe ser chequeada. Esto también puede ser indicativo de degradación del agregado. Este ensayo se aplica para determinar la aceptabilidad de agregados finos en lo relacionado al material pasante el tamiz de 75 µm (N° 200), empleando las recomendaciones de la NTP 400.018 Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado Cantidad de 75um (N° 200) por lavado en agregados.

Calcular la cantidad de material que pasa el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) por lavado con agua, como sigue:

$$A = \frac{B - C}{B} \cdot 100$$

Dónde:

A = Porcentaje del material fino que pasa el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) por lavado.

B = Peso seco de la muestra original, en gramos.

C = Peso seco de la muestra después de lavado, en gramos.

## 2.2. CEMENTO

Según el (RNE, 2016), es el material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos. NORMA ITINTEC 334.001.

### 2.2.1. Cemento Portland

El (RNE, 2016), determina que es el producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker. NORMA ITINTEC 334.001.

### 2.2.2. Componentes Químicos del Cemento

El (MTC, 2016) menciona que los componentes básicos para el cemento Portland son: CaO, obtenida de materiales ricos en cal, como la piedra caliza rica en  $\text{CaCO}_3$ , con impurezas de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{MgCO}_3$ , de Margas, que son calizas acompañadas de sílice y productos arcillosos, conchas marinas, arcilla calcárea, greda, etc.

$\text{SiO}_2$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , obtenidos de Arcilla, arcilla esquistosa, pizarra, ceniza muy fina o arena para proporcionar sílice y alúmina.

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ , que se obtiene de mineral de hierro, costras de laminado o algún material semejante para suministrar el hierro o componente ferrífero.

### 2.2.3. Tipos de Cemento Portland.

- Tipo I: Uso general, alto calor, fe rápido
- Tipo II: Mediana resistencia a sulfatos, calor moderado, fe lento.

- Tipo III: Alto calor, fe muy rápido, baja resistencia a sulfatos.
- Tipo IV: Muy bajo calor, fe muy lento.
- Tipo V: Muy resistente a los sulfatos bajo calor, fe muy lento.

### **2.3. AGUA**

Según el (RNE, 2016), el agua es un componente esencial en las mezclas de concreto y morteros, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante.

El agua utilizada en la elaboración del concreto y mortero debe ser apta para el consumo humano, libre de impurezas o sustancias como aceites, ácidos, sustancias alcalinas, sedimentos y materias orgánicas pues pueden interferir en la hidratación del cemento, modificar en el tiempo de fraguado, reducir la resistencia mecánica, causar manchas en la superficie del concreto y aumentar la corrosión de las armaduras.

#### **2.3.1. Agua de mezclado**

Cantidad de agua que requiere el concreto por unidad de volumen para que se hidraten las partículas del cemento y para proporcionar las condiciones de manejabilidad adecuada que permitan la aplicación y el acabado del mismo en el lugar de la colocación en el estado fresco (Norma: NTP 339.088-RNE E 060).

#### **Funciones:**

- Contribuir a la trabajabilidad de la mezcla actuando como lubricante.
- Reaccionar con el cemento produciendo su calor de hidratación.
- Asegura el espacio de la pasta para el desarrollo de los productos.

### **2.4. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO**

(Padilla, 2015), indica que el concreto consiste en una mezcla de cemento, arena, agregado grueso (grava o pedrín), y agua; y para que sea de buena calidad debe ser diseñado apropiadamente y contener la cantidad correcta de cada material. El cemento, la arena, y el agregado grueso se dosifican por peso.

Esta práctica tiene como finalidad reproducir en el laboratorio la mezcla de prueba que refleja la información obtenida del diseño teórico desarrollado por los estudiantes, donde se aplicó las propiedades físicas y mecánicas de los materiales a utilizar.

En la elaboración de la mezcla de prueba se observará la manejabilidad (cantidad de lechada), así como la distribución de las partículas para poder corregir la mezcla en caso que sea necesario. Después de elaborar la mezcla de prueba se fabricarán especímenes

(cilindros) de concreto, los cuales serán ensayados a compresión a distintas edades, para observar si cumple con la resistencia de diseño y recomendar su utilización.

#### **2.4.1. Pasos para el proporcionamiento**

Podemos resumir la secuencia del diseño de mezclas de la siguiente manera:

- Estudio detallado de los planos y especificaciones técnicas de obra.
- Elección de la resistencia promedio (f.cr).
- Elección del Asentamiento (Slump).
- Selección del tamaño máximo del agregado grueso.
- Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.
- Selección de la relación agua/cemento (a/c).
- Cálculo del contenido de cemento.
- Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.
- Ajustes por humedad y absorción.
- Cálculo de proporciones en peso.
- Cálculo de proporciones en volumen.
- Cálculo de cantidades por tanda.

### **2.5. ENSAYOS EN EL CONCRETO**

#### **2.5.1. Consistencia del concreto basándose en el asentamiento (SLUMP)**

(Padilla, 2015), dice que este ensayo tiene como finalidad la descripción de un método para determinar la consistencia del concreto en el laboratorio y/o en el terreno, basándose en el asentamiento de las mezcla. Si el agregado grueso de la mezcla contiene un porcentaje apreciable de partículas cuyo diámetro es mayor de 2” este método de ensayo no es válido.

#### **2.5.2. Peso unitario del concreto**

(Padilla, 2015), en este ensayo se describe un método para obtener el peso unitario del concreto recién mezclado y se dan fórmulas para calcular el rendimiento, el volumen de concreto producido por unidad de volumen de cemento.

El peso neto del concreto se obtiene restando el peso del molde del peso total, luego se multiplica este peso neto expresado en libras por el inverso del volumen, el molde obteniendo la calibración expresado en pies cúbicos y el resultado de este producto es el peso unitario.

### Volumen de Concreto

$$VC = \frac{(NxP) + Wf + Wc + Ww}{W};$$

Dónde:

VC = Volumen de concreto producido pro mezclada en pies cúbicos

N = Número de sacos de cemento usado por mezclada

P = Peso neto en lbs. de un saco de cemento

Wf = Peso total de agregado fino en lbs., bajo las condiciones de humedad pesadas

Wc = Peso total de agregado grueso en lbs., bajo las condiciones de Humedad pesadas

Ww = Peso total de agua usada en la mezclada, en lbs.

W = Peso unitario del concreto en lbs., por pie cúbico.

#### 2.5.3. Determinación de la resistencia la compresión de cilindros de concreto.

(Padilla, 2015), menciona que la resistencia a la compresión se obtiene dividiendo la carga máxima aplicada por el área del cilindro, calculada con el diámetro obtenido antes de aplicar la carga.

- Se coloca el cilindro en la máquina y se centra con relación a la placa superior. Se pone la placa superior en contacto con el espécimen.
- Se aplica la carga de una rata de aumento constante y uniforme más o menos entre 20 y 50 libras por pulgada cuadrada por segundo.
- Se aumenta la carga hasta que el espécimen falle. Se debe anotar esta carga máxima aplicada, lo mismo que el tipo de fractura del cilindro.

## 2.6. LA MINERÍA

Es la actividad productiva mediante la cual se identifica zonas con presencia de minerales, los extraen y procesan de forma que podamos contar con los metales que usamos en nuestra actividad diaria (cobre, oro, plata, etc.).

### 2.6.1. Exploración.

Se realiza con el fin de demostrar las dimensiones, posición, características mineras, reservas y valores de los yacimientos minerales. Antes de iniciar las actividades de exploración, es necesario contar con los estudios ambientales correspondientes, entre ellos Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o un estudio de Impacto Ambiental Semi-detallado (EIASd).

### **2.6.2. Explotación.**

Etapa en la que se extraen los minerales contenidos en un yacimiento. En el caso de la minería subterránea, es común la perforación, voladura, acarreo y transporte fuera de la mina (rieles o ruedas). Cuando se trata de minas superficiales, el proceso comprende la perforación, voladura, carguío y transporte. Esta etapa se desarrolla en forma subterránea o a tajo abierto.

### **2.6.3. Plan de cierre**

El plan de cierre de minas, es un estudio ambiental que contiene las acciones técnicas y legales que todo minero debe realizar antes, durante y después del cese de operaciones con la finalidad de rehabilitar el área. Es exigible para todos los PPM y PMA que se encuentren en operación sea en fase de desarrollo o de producción, asimismo para los que realicen exploración minera con labores subterráneas que implique la remoción de más de 10 000 toneladas de material o más de 1000 toneladas de material PN/PA<3.

## **2.7. IMPACTOS AMBIENTALES DE PASIVOS MINEROS**

El impacto negativo y acumulativo de las actividades mineras constituye un serio problema para la salud. La inadecuada disposición de relaves, aguas residuales y desmontes ha causado graves filtraciones de drenaje ácido y contaminación de cuerpos acuíferos, así como otros efectos negativos en la biodiversidad y los ecosistemas. En consecuencia, algunas cuencas fluviales como las del Rímac, Mantaro, Pisco, Madre de Dios, Llaucano y Santa han sido afectadas por la contaminación de pasivos ambientales mineros (Banco Mundial 2005, 6-7). De acuerdo con el Inventario de Pasivos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), en la actualidad, existen 8 571 (Ministerio de Energía y Minas 2014). Además, se sabe que más de la mitad de las 5 818 comunidades campesinas existentes, ubicadas principalmente en la sierra del Perú, coexisten con actividades mineras, lo cual constituye un riesgo ambiental al modo de vida rural porque dependen de actividades agropecuarias como medios de sustento (Bebbington y Williams 2008, 191, Gil 2009, 54, Haslam 2009, 113, Kitula 2006, 406).

### **2.7.1. Límites máximos permisibles**

(YATACO, 2010) El Límite Máximo Permisible (LMP) es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio

del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción son establecidos por dicho Ministerio.

El LMP guarda coherencia entre el nivel de protección ambiental establecido para una fuente determinada y los niveles generales que se establecen en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). La implementación de estos instrumentos debe asegurar que no se exceda la capacidad de carga de los ecosistemas, de acuerdo con las normas sobre la materia.

Los LMP sirven para el control y fiscalización de los agentes que producen efluentes y emisiones, a efectos de establecer si se encuentran dentro de los parámetros considerados inocuos para la salud, el bienestar humano y el ambiente. Excederlos acarrea responsabilidad administrativa, civil o penal, según el caso.

Resulta fundamental al momento de elaborar los Estudios de Impacto Ambiental o PAMA porque los impactos ambientales provocados sin exceder los LMP se consideran, en principio, social y ambientalmente tolerables.

La falta de LMP es realmente preocupante, sólo el Subsector Minería cuenta con dos de tres LMP aplicables a dicha actividad, correspondientes a calidad de agua y de aire. Los demás sectores no cuentan a la fecha con parámetros de medición y control de emisiones, efluentes y ruidos. La consecuencia es la pérdida de eficacia del marco jurídico y administrativo fiscalizador y represivo ambiental, ya que las sanciones administrativas y penales a los potenciales infractores están generalmente referenciados a los parámetros de medición de contaminantes. Es por ello fundamental acometer con urgencia la tarea de aprobación de los LMP correspondientes a todos los sectores productivos.

## **2.8. Mina Pomperia**

(Marin & Escobar, 2014), indica que la Mina Carolina (Pomperia) está ubicado en el distrito de puno, provincia de Puno, departamento de Puno a una altitud promedio de 3990 – 4000 msnm, en el cuadrángulo geológico de puno 32-v. se encuentra en la parte sur oriental del cerro Caracollo, de puno. La distancia aproximada entre puno y la mina es de 7 km. esta unidad minera, Llamada también mina escuela. Sus coordenadas geográficas son: 15° 50'20" S, 70° 01' 43" O. y la zona de exploración está ubicada en la carretera puno – Moquegua kilómetro 07 minas pompearía o mina escuela que

pertenece a la universidad nacional del altiplano y por antecedentes históricos se presume que fue las minas de salcedo de los hermanos Salcedo que fueron explotados en la colonia.

(Marin & Escobar, 2014), menciona el debate sobre las actividades mineras activas o inactivas ha traído consigo muchas vicisitudes sobre su efecto contaminante al medio ambiente, una de ellas, es la calidad de aguas del entorno minero. Esta investigación, pretendió explorar las incidencias de explotación minera del pasado de la mina pompería, explotada en la colonia española entre los años de 1600 a 1977. Respecto a la variación de las aguas por drenaje ácido proveniente del antiguo socavón, en contacto con los escombros compuestos de materiales y rocas mineralizadas en volúmenes, constituyen elementos de pasivos ambientales. En particular el agua que fluye del antiguo socavón, las muestras fueron sometidas a pruebas fisicoquímicas para aseverar la percepción de la contaminación. Los resultados nos indican que las aguas que discurren contienen grado de acidez derivado de la meteorización y oxidación de los sulfatos metálicos, si bien es leve, los niveles de toxicidad que drenan hacia las pasturas debajo, es de consumo directo de ganado.

## 2.9. ANTECEDENTES

(Curo & Rashuamán, 2015), en su investigación "Diseño de mezcla de concreto  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  adicionando relave de la relavera no 09- Acchilla- Ccochaccasa, para tránsito ligero (método ACI), en el distrito de Lircay provincia de Angaraes - Huancavelica", nace del pensamiento en el actual contexto, de generar concreto de  $f'c=175\text{ kg/cm}^2$ , donde se optimicé el costo económico de producción y a través de ello, la ejecución de infraestructuras de bajo tránsito.

Del mismo modo colaborando el contexto "ecológico" de la minería. Dándole uso al desecho minero comúnmente denominado "relave", como parte de los materiales que se usan; para elaborar un concreto (cemento, agregado fino, agregado grueso, agua). Tales fueron sometidos a estudio de laboratorio de tecnología de concreto (contenido de humedad, peso específico, peso unitario, análisis granulométrico, etc.), incluyendo al estudio también del relave minero. De allí se procede a realizar el diseño de mezcla, a través del método A.C.I..

Los ensayos realizados en el presente estudio contemplan ensayos a los materiales involucrados (agregados, cemento, relaves), ensayos al concreto en estado fresco y ensayos al concreto en estado endurecido. Siendo los principales y más importantes los

ensayos de resistencia a la compresión (ASTM C39 C39M). En un primer diseño de mezcla de concreto, se elabora utilizando los materiales como: cemento, agregado fino, agregado grueso y agua, para obtener muestras de concreto, de acuerdo a sus respectivas presentaciones en peso y volumen. Identificando como diseño patrón. En un segundo diseño de mezcla de concreto, se elabora utilizando los materiales como: cemento, relave minero, agregado fino, agregado grueso y agua, para obtener muestras de concreto, de acuerdo a sus respectivas presentaciones en peso y volumen. Identificando como diseño de mezcla adicionado relave minero.

Nuestra investigación nos lleva a la metodología para el uso del relave como adicionado puzolánico, que consistió en preparar mezclas de concreto con diferentes porcentajes de reemplazo de cemento por relave (se han propuesto reemplazos de acuerdo al resultado de diseño de mezcla: 16.08% y porcentajes de: 15% y 20%). Se evaluó la resistencia a compresión a 7, 14, 21 Y 28 días. Para la muestra de resultados. El resultado de este proceso es la optimización del uso del cemento con esta adición del material arriba mencionado. en un porcentaje de 16.08%, de acuerdo al módulo de fineza que contiene. Este tipo de elaboración de concreto comúnmente no se ha experimentado, sin embargo los resultados del estudio que se realizaron, proporcionan buena conducta a la aplicación de la fuerzas de compresión, manteniendo el intervalo de 10% por encima y 10% debajo de resistencia promedio que debe diseñar la Mezcla de concreto.

La capacidad de diseño a la que se elabora es de  $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$ , que tiene como uso principal, en concreto de bajo tránsito (pistas, veredas, falsos pisos, etc.)~ y/o otras aplicaciones de concreto, manteniendo las especificaciones que se proporcionan. Se propone también investigar la aplicabilidad de los relaves mineros como morteros para asentado de muros de albañilería, bloques de concreto vibrado, cimientos corridos, falsas zapatas y presas de concreto rolado; para intentar así tener un abanico más amplio de aplicaciones de estos materiales.

(Anicama, 2016), en su trabajo de tesis “Estudio experimental del empleo de materiales de desecho de procesos mineros en aplicaciones prácticas con productos cementicios, La metodología para el uso del relave como adicionado puzolánico consistió en preparar mezclas de concreto con diferentes porcentajes de reemplazo de cemento por relave (se han propuesto reemplazos del orden del 10%, 15% y para algunos casos reemplazos de 20% y 25%). Se evaluó la resistencia a compresión a 3, 7 y 28 días; y para los ensayos de

tracción por compresión diametral y abrasión se evaluaron sólo a 28 días de edad. En base a los resultados obtenidos se propone usar concretos con relave incorporado para construir losas con poco tránsito y veredas.

Se propone también investigar la aplicabilidad de los relaves mineros como morteros para asentado de muros de albañilería, bloques de concreto vibrado, cimientos corridos, falsas zapatas, shotcrete y presas de concreto rolado; para intentar así tener un abanico más amplio de aplicaciones de estos materiales. Los relaves trabajados fueron materiales muy finos con módulos de fineza que estaban alrededor de 0.61 en promedio y contenían además altos porcentajes de material pasante de la malla 200. Lo cual quiere decir que si bien rellenan los espacios vacíos del concreto preparado, mejorando la compacidad de la mezcla, en exceso podrían requerir mayor cantidad de aditivo o agua para que la mezcla resulte trabajable. En el concreto patrón se encontraron contenidos de aire atrapado mayores con respecto al diseño teórico. Con el método ACI 211 esperábamos contenidos de 1.5%, sin embargo realmente se obtuvo contenidos de aire promedio de 3.7%.

Uno de los principales factores fue el de usar un aditivo plastificante que incorporó aire adicional. Cabe resaltar que el método ACI 211 no considera aditivos en su composición, con lo cual es razonable pensar que algún parámetro estimado puede verse afectado por la adición de aditivos. Ya que el contenido de aire no fue limitante para los objetivos planteados inicialmente, se aceptó el concreto patrón encontrado. El concreto patrón obtuvo valores de rendimiento mayores a la unidad. En promedio se obtuvo un valor de 1.023 debido fundamentalmente al contenido de aire incorporado por el aditivo. La consistencia, trabajabilidad y el slump fueron aceptables y satisfactorios para este propósito. El slump no se ve afectado en gran medida por la adición de relave en proporciones pequeñas (10%-25%) como reemplazo de cemento. En los casos de los relaves MWH y Andaychagua, el slump aumenta en 1" cuando se agregan dichos relaves en un porcentaje de 10%. Sin embargo en general el slump bajó al seguir adicionando relave.

Con respecto a la resistencia a la compresión axial del concreto, ningún diseño llegó por lo menos a igualar la resistencia del concreto patrón. Los concretos que se acercaron más fueron los concebidos con los diseños MWH al 10% (88.17%) y Andaychagua al 10% (86.31%) (Ver Tabla 29). Estos valores están muy cercanos al concreto patrón, puede decirse que en ambos casos se llegó al 90% de la resistencia del concreto Patrón.

(Ames, Mendieta, & Peñaranda, 2015), en su investigación “Sistema de relleno con mortero de relave para mejorar la confiabilidad del sostenimiento en la minería subterránea”, Se evaluaron las propiedades físicas y de resistencia del relave basados en la información disponible del mapeo geotécnico de testigos rocosos de los sondajes diamantinos, realizado por el personal del Departamento de Geología de ICM Pachapaqui S.A.C. y en base al mapeo geotécnico de las labores mineras subterráneas realizado y las normas ISRM (International Society for Rock Mechanics). La evaluación se realizó mediante ensayos normalizados aplicados a ingeniería de suelos y de construcción tales como el ACI (*American Concrete Institute*), ASTM (*American Society for Testing and Materials*) y NTP (Normas Técnicas Peruanas).

La presente investigación demuestra una mejora consistente en la confiabilidad del sostenimiento de las minas subterráneas con la aplicación del sistema de relleno con mortero de relave, generándose un valor agregado ambiental que mejora los resultados de la organización. Como se aprecia, donde se aplica el sistema de relleno con mortero en comparación con aquellas en las cuales el sistema no se aplica. Se ha demostrado que la aplicación de sistemas de sostenimiento basados en el método de relleno con mortero de relave mejora la confiabilidad del sostenimiento. La utilización de métodos de relleno con mortero de relave permite mejorar la capacidad operativa del ciclo de minado, reducir los tiempos del ciclo, incrementar la productividad, mejorar los márgenes, en beneficio de la organización y el ambiente. Las conclusiones pueden ser aplicadas por los productores mineros subterráneos que actualmente cuentan con el problema.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

##### 3.1.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La mina Carolina también conocida como Mina Pompería, está ubicada en el distrito de Puno, provincia de Puno, departamento de Puno entre las altitudes de 3990 – 4000 m.s.n.m., en el cuadrángulo geológico de Puno 32-v. se encuentra en la parte sur oriental del cerro Caracollo de Puno. La distancia aproximada entre Puno y la mina es de 7 km. esta unidad minera, llamada también Mina Escuela. Entre las coordenadas UTM: (389722.80 E, 8241294.51 N), zona 19 S, y la zona de exploración está ubicada en la carretera Puno – Moquegua kilómetro 07 Minas Pompearía o mina escuela que pertenece a la Universidad Nacional del Altiplano y por antecedentes históricos se presume que fue las minas de Salcedo de los hermanos Salcedo que fueron explotados en la colonia.

##### 3.1.2. ACCESIBILIDAD A LA ZONA DE ESTUDIO

La principal ruta de acceso es por la vía terrestre, la carretera PUNO - MOQUEGUA viajando así entre 10 minutos, a 07 Km. Puno - Laraqueri. La ruta está en perfectas condiciones y además con una libre accesibilidad. La vía de acceso es por vía terrestre, carretera asfaltada de Puno a Pompería, pero al lugar mismo es trocha, a unos 150 metros de la carretera.

##### 3.1.3. ASPECTOS CLIMÁTICOS

###### 3.1.3.1. Temperatura

En general el clima de Puno es frío y seco, al ubicarse a orillas del lago el clima es temperado por la influencia del lago. Las precipitaciones pluviales son anuales y duran generalmente entre los meses de diciembre a abril, aunque suelen variar en ciclos anuales, originando inundaciones y sequías, generalmente las precipitaciones son menores a 700 mm. La temperatura es muy variable, con marcadas diferencias entre los meses de junio y noviembre y con oscilaciones entre una temperatura promedio máxima de 21 °C y una mínima de -15 °C.

###### 3.1.3.2. Precipitación

El número de días lluvia más altos en promedio, para todo el año, se da en las zonas con 151 y 131 días de lluvia respectivamente, es decir que durante el periodo de los meses de noviembre y febrero. Prácticamente llueve todos los días. Su precipitación máxima se presenta entre los meses de diciembre a marzo registrándose aproximadamente valores

de 118.8 mm en el mes de Enero y los meses de estiaje son de Junio a Agosto registrándose valores de 1.1 mm en el mes de Junio, con precipitaciones pluviales en promedio de 700-800 mm. anual según SENAMHI.

#### **3.1.4. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA**

Descripción del yacimiento: El yacimiento es del tipo epitelial, de baja sulfuración localizado la explotación al nivel de la zona de óxidos, el cuerpo mineralizado es de “stock borck” en su estructura mineraliza donde la roca caja es la andesita brechada. En el área de la mina afloran calizas, areniscas del Cretáceo y también el 'intrusivo granítico, la veta principal tiene un rumbo N320°E con Buzamiento de 85' - 88' este y una potencia aproximada de 0.30 m. Entre los minerales de mena, se encuentran la chalcopirita con contenido de oro, bornita, esfalerita, tetraedrita y la baritina de origen mesotermal a epitermal. La piritita, especularita, dolomita, calcita y el cuarzo son los principales minerales de ganga. La primera fundición de plata en esta mina fue 20 onzas por tonelada. Esta mina esta concesionada por una institución canadiense y ha sido paralizada por que es difícil separar la plata del manganeso.

En el trayecto recorrido hasta la zona de visita se tuvo características del espacio físico y relieve de la localidad minas pompearía por la presencia de Relieve accidentados (Rocas y pendientes). Las características del espacio físico y relieve de la localidad de Cutimbo y todo el trayecto recorrido hasta Salcedo - Puno ha tiene una influencia determinante hacia sus comunidades campesinas vecinas, fundamentalmente por la presencia de Relieve accidentados (Rocas y pendientes). El espacio Físico de la comunidad de Cutimbo, se caracteriza por presentar un Relieve muy variado, las características topográficas condicionan en términos generales la presencia de derrames lávicos, tufos volcánicos y afloramientos de rocas volcánicas, originándose partes elevadas y bajas. Por ubicarse en la parte sur del Perú y en el departamento de puno se ubica o clasifica dentro de la región suní ya sea por su mismo clima que presenta, vegetación, etc.

### **3.2. MATERIALES**

#### **3.2.1. AGREGADOS NATURALES**

En la presente investigación se ha utilizado agregados naturales finos y gruesos de la cantera de Cutimbo, ubicado en la carretera Puno – Laraqueri, exactamente el km. 26.00.

### **3.2.2. AGREGADOS DE RESIDUOS MINEROS**

Las muestras solidas de los residuos mineros se obtuvo a través de los siguientes procesos: Muestreo, limpieza preliminar, y la conversión a agregado por: reducción de tamaño, trituración primaria, separación manual de fragmentos mayores a 1.5", selección de impurezas ligeras. Los materiales que no cumplieron con el tamaño se aplicaron una segunda trituración.

A continuación se describen los procesos ejecutados.

#### **3.2.2.1. Muestreo**

Las muestras han sido bloques solidos de residuos mineros que han sido seleccionada en forma aleatoria, acopiando el material de distintos lugares acumulando un volumen aproximado de 1.00 m<sup>3</sup>.

Se cargó el material al vehículo de forma manual, verificando que la materia prima estuviera libre de otros materiales, como limos, arcillas, pastos entre otros.

Las muestras han sido conducidas al laboratorio de Materiales y Ensayos de la EPITA, tapando el material para prevenir polvos.

#### **3.2.2.2. Limpieza preliminar y reducción de tamaño**

Se realizó una limpieza preliminar de aquellos bloques que tuvieran adheridos algunas impurezas en las caras de los bloques la que es perjudicial para el nuevo concreto.

Se hizo necesaria la reducción del tamaño de los bloques grandes con el fin de que puedan ser fácilmente manejables, esto fue logrado con la utilización de combas y martillos.

#### **3.2.2.3. Trituración primaria**

Los bloques que previamente han sido reducidos de tamaño han sido triturados manualmente con la ayuda de un martillo. Se ha utilizado la malla 1" para la selección del tamaño máximo, dándose lugar a una tamización primaria.

#### **3.2.2.4. Trituración secundaria**

El material retenido en la malla 1" son agregados de partículas grandes para ser utilizados en la investigación, por lo que es nuevamente triturado para su fragmentación y se hace pasar nuevamente el agregado por la malla.

### 3.3. MÉTODOS

#### 3.3.1. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

##### a. Materiales

Se ha utilizado los siguientes materiales

- Agregado fino y grueso proveniente de la trituración de residuos mineros.
- Agregado fino y grueso de la cantera del río Cutimbo.
- Agua potable (Ciudad Universitaria UNA - Puno).

##### b. Equipo

- Juego de tamices conformados por: No 100, No 50, No 30, No 16, No 8, No 4, 3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 3 1/2", y 4".
- Estufa a temperatura constante de 110°C±5°C.
- Balanza con sensibilidad de 0.5gr y capacidad no menor de 5kg.
- Cesta de malla de alambre, con abertura no mayor de 3 mm.
- Deposito adecuado para sumergir la cesta de alambre en agua.
- Termómetro con aproximación de 0.5°C.
- Barra compactadora de acero, circular, recta, de 5/8" de diámetro y 60cm de largo con un extremo redondeado.
- Recipiente cilíndrico y de metal, suficientemente rígido para condiciones duras de trabajo.

##### c. Procedimiento

Cada ensayo realizado para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, siguieron el procedimiento dado en las especificaciones dadas en las siguientes normas.

- Granulometría (ASTM C-33)
- Método de ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso. (ASTM C127)
- Método de ensayo para peso específico y absorción del agregado fino. (ASTM C128)
- Contenido de Humedad (ASTM C566)
- Método para determinar el peso unitario del agregado. (ASTM C29)

- Material más fino que pasan por el tamiz 75um (No 200) por lavado en agregados. (ASTM C117).

### 3.3.1.1. Método de ensayo para peso específico y absorción del agregado fino. (ASTM C128, NTP 400.022)

#### a. Equipos utilizados

- Balanza con capacidad de 30 Kg, por de 1 gramos de precisión.
- Frasco Volumétrico (pignometro).
- Molde cónico de metal.
- Un pisón metálico.
- Horno de temperatura constante de  $110 \pm 5$  °C.
- 01 Cocina para el secado del agregado.

Se determinó el peso específico utilizado la siguiente formula:

$$\text{Peso Especifico Seco} = \frac{W_s}{W_{sss}(a) - W_{sss}(w)}$$

Dónde:

$W_s$  = Peso de muestra seca

$W_{sss}(a)$  = Peso de muestra saturado superficialmente seco (al aire)

$W_{sss}(w)$  = Peso de muestra saturado superficialmente seco (sumergido en agua)

Con los datos obtenidos también se pudo obtener el porcentaje de absorción aplicando la siguiente formula:

$$\text{Porcentaje de Absorción} = \frac{W_{sss}(a) - W_s}{W_s} 100$$

Dónde:

$W_s$  = Peso de muestra seca

$W_{sss}(a)$  = Peso de muestra saturado superficialmente seco (al aire)

$W_{sss}(w)$  = Peso de muestra saturado superficialmente seco (sumergido en agua)

### 3.3.1.2. Método para la determinación del peso específico y absorción del agregado grueso (ASTM c-127, NTP 400.021)

#### Equipo utilizados

- 01 Balanza, con capacidad igual a 30,000 gr a 1 gr., con dispositivos de suspensión.
- Canastilla metálica, como recipientes para la muestras en las pesadas sumergidas.

#### Procedimiento

- Se comenzó por mezclar completamente los agregados, cuarteándolos a continuación, hasta obtener la cantidad mínima necesario para el ensayo.
- Se lavó el material para eliminar los residuos de polvo y arcilla, para luego sumergirlo en agua durante 24 horas para que el agregado este en condición saturada.
- Se ha secado las muestras haciéndolo rodar los agregados sobre un paño grande absorbente para el secado superficial de la humedad.
- Se colocó inmediatamente la muestra saturada con la superficie seca en el cesto, y se determinó los pesos requeridos. Antes de su pesado se ha realizado movimientos verticales al cesto para eliminar todo el aire atrapado.
- Se introdujo la muestra en el horno a una temperatura comprendida entre 100 y 110° C, hasta que su peso sea constante, dejándole enfriar al aire a temperatura ambiente durante 3 horas y se determinó su peso.

### 3.3.1.3. Contenido de Humedad (ASTM C566)

Los agregados pueden tener algún grado de humedad lo cual está directamente relacionado con la porosidad de las partículas. La porosidad depende a su vez del tamaño de los poros, su permeabilidad y la cantidad o volumen total de poros.

Las partículas de agregado pueden pasar por cuatro estados, los cuales se describen a continuación:

- Totalmente seco. Se logra mediante un secado al horno a 110°C hasta que los agregados tengan un peso constante. (generalmente 24 horas).
- Parcialmente seco. Se logra mediante exposición al aire libre.
- Saturado y Superficialmente seco. (SSS). En un estado límite en el que los agregados tienen todos sus poros llenos de agua pero superficialmente se encuentran secos. Este estado sólo se logra en el laboratorio.

- Totalmente Húmedo. Todos los agregados están llenos de agua y además existe agua libre superficial.

El contenido de humedad en los agregados se puede calcular mediante la utilización de la siguiente fórmula:

$$P = [(W - D) / D] * 100$$

Donde,

$P$  : es el contenido de humedad [%]

$W$  : es la masa inicial de la muestra [g]

$D$  : es la masa de la muestra seca [g]

### 3.3.1.4. Método para determinar el peso unitario del agregado. (ASTM C29)

#### a. Equipos utilizados

- 01 Balanzas con precisión de 1 a 30,000 gr.
- Varilla de acero de 5/8 pulgadas (16 mm) de diámetro, por 24 pulgadas (600 mm) de longitud, con extremo acabado en forma de bala.
- 01 recipiente cilíndrico.
- 01 Cucharón grande para llenar el recipiente.
- 01 Placa de vidrio de ¼ pulgada de diámetro, un termómetro, una probeta graduada (equipo para la calibración del recipiente).
- Horno, que mantiene una temperatura constante de  $110 \pm 5$  °C.
- Charolas.

#### a. Determinación del Peso Volumétrico Seco Suelto (PVSS)

- Se Seleccionó una muestra representativa por cuarteo del agregado a ensayar.
- Se obtuvo el volumen del recipiente y se pesó.
- Se Depositó el material en el recipiente, procurando efectuar esta operación con ayuda de un cucharón utilizando una altura constante sobre la parte superior del molde que no exceda de cinco centímetros (el puño de la mano). Se repitió el procedimiento tres veces. Una vez llenado el recipiente se enrazó.
- Se Calculó el Peso Volumétrico Seco Suelto con la formula siguiente:

$$PVSS \left( \frac{kg}{m^3} \right) = \frac{\text{Peso del material suelto (kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}}$$

### b. Determinación del Peso Volumétrico Seco Compactado (PVSC)

- Se Seleccionó una muestra por cuarteo.
- La muestra se secado en horno a temperatura constante.
- Se obtuvo el volumen y el peso del recipiente.
- Se depositó el material en el recipiente, en tres capas con la ayuda de un cucharón a una altura constante sobre la parte superior del molde, y que no excedió de cinco centímetros (el puño de la mano), para posteriormente aplicándole veinticinco golpes con ayuda de la varilla, luego se llenó completamente el recipiente y se vuelve a golpear 25 veces con la varilla, luego se enraza el material.
- Se pesó el recipiente con el material contenido.
- Se Calculó el Peso Volumétrico Seco Compacto con la formula siguiente:

$$PVSC \left( \frac{kg}{m^3} \right) = \frac{\text{Peso del material compactado (kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}}$$

### 3.3.1.5. Material más fino que pasan por el tamiz 75um (No 200) por lavado en agregados. (ASTM C117).

#### a. Equipos

- Balanza con sensibilidad de 30 kg a 1 gr.
- Dos tamices, 0.075 mm (N° 200) y 1.18 mm (N° 16).
- Recipientes y/o charolas.
- Horno que mantiene una temperatura constante y uniforme de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

#### b. Procedimiento

Un espécimen de agregado seco es lavado en un recipiente por medio de agitación manual, utilizando agua corriente. El agua del lavado (que contiene material suspendido y disuelto) es decantada y se pasa a través de la malla de 0,075 mm (N° 200), hasta que el agua que pasa por la malla sea clara. La pérdida en masa que resulta del tratamiento de lavado se calcula como un porcentaje de masa de espécimen original y se reporta como el porcentaje de material más fino que la malla de 0,075 mm (No.200) por lavado, tal como se muestra en la siguiente tabla.

### 3.3.2. DISEÑO DE MEZCLAS

#### a. Materiales

- Cemento RUMI IP.
- Agregado fino y grueso proveniente de la trituración de residuos mineros.
- Agregado fino y grueso de la cantera del río Cutimbo.
- Agua potable (Ciudad Universitaria UNA - Puno).

#### b. Equipo

- Balanza con capacidad apropiada 30 kg.
- Recipiente para pesar los materiales
- Probeta (moldes de bliquetas)

#### c. Herramientas

- Badilejo, baldes, cucharón, enrasador.
- Cono de Abrhams.
- Varilla de Acero Lizo de 60 cm. de largo y 5/8" de diámetro, semi- redondeado.
- Aceite o petróleo para moldes.
- Mezcladora de 2.5 pie<sup>3</sup>
- Comba de goma

#### 3.3.2.1. Especificaciones técnicas

Antes de diseñar una mezcla de concreto debemos tener en mente, primero, el revisar los planos y las especificaciones técnicas de obra, donde podremos encontrar todos los requisitos que fijó el ingeniero proyectista para que la obra pueda cumplir ciertos requisitos durante su vida útil.

#### 3.3.2.2. Elección de la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ )

##### a. Cálculo de la desviación estándar

##### Método 1

Si se posee un registro de resultados de ensayos de obras anteriores deberá calcularse la desviación estándar. El registro deberá:

Representar materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones similares a aquellos que se espera en la obra que se va a iniciar.

Representar a concretos preparados para alcanzar una resistencia de diseño  $f'_c$  que este dentro del rango de  $\pm 70$  kg/cm<sup>2</sup> de la especificada para el trabajo a iniciar.

Si se posee un registro de 3 ensayos consecutivos la desviación estándar se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i + \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Dónde:

$S$  = Desviación estándar, en Kg/ cm<sup>2</sup>

$x_i$  = Resistencia de la probeta de concreto, en Kg/ cm<sup>2</sup>

$\bar{x}$  = Resistencia promedio de  $n$  probetas, en Kg/ cm<sup>2</sup>

$n$  = Número de ensayos consecutivos de resistencia.

Consistir de por lo menos 30 ensayos consecutivos o dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos 30 ensayos.

Si se posee dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos un registro de 30 ensayos consecutivos, la desviación estándar promedio se calculará con la siguiente fórmula:

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{\sum(n_1 - 1)^2(s_1)^2 + (n_2 - 1)^2(s_2)^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Dónde:

$S$  = Desviación estándar promedio en kg/cm<sup>2</sup>.

$s_1$  y  $s_2$  = Desviación estándar calculada para los grupos 1 y 2 respectivamente en kg/cm<sup>2</sup>.

$n_1 + n_2$  = Número de ensayos en cada grupos, respectivamente.

### b. Cálculo de la resistencia promedio requerida

Una vez que la desviación estándar ha sido calculada, la resistencia a compresión promedio requerida  $f_{cr}$  se obtiene como el mayor valor de las ecuaciones (1) y (2). La ecuación (1) proporciona una probabilidad de 1 en 100 que el promedio de tres ensayos consecutivos estará por debajo de la resistencia especificada  $f_c$ . La ecuación (2) proporciona una probabilidad de similar de que ensayos individuales estén 35 Kg/cm<sup>2</sup> por debajo de la resistencia especificada  $f_c$ .

- Si la desviación estándar se ha calculado de acuerdo a lo indicado en el Método 1 o el Método 2, la resistencia promedio requerida será el mayor de los valores

determinados por las formulas siguientes usando la desviación estándar "S" calculada.

$$f'_{cr} = f'_r + 1.34 \cdot S$$

$$f'_{cr} = f'_r + 2.33 \cdot S - 35$$

Dónde:

S = Desviación estándar, en kg/cm<sup>2</sup>

Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizara la Tabla siguiente para la determinación de la resistencia promedio requerida (ver Tabla 04).

**Tabla 04: Resistencia a la compresión promedio**

$f'_c$	$f'_{cr}$
Menor de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Sobre 350	$f'_c + 98$

Fuente: Enrique Rivva López (1992)

**3.3.2.3. Elección del Asentamiento (Slump).**

Si las especificaciones técnicas de obra requieren que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento. puede ser elegido de la siguiente tabla 05:

**Tabla 05: Asentamiento recomendado según consistencia**

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0 mm) a 2" (50 mm)
Plástica	3" (75 mm) 0 4" (100 mm)
Fluida	$\geq 5"$ (125 mm)

Fuente: Enrique Rivva López (1992)

Si las especificaciones de obra no indican la consistencia, ni asentamiento requeridos para la mezcla a ser diseñada, utilizando la tabla siguiente podemos seleccionar un valor adecuado para un determinado trabajo que se va a realizar.

Se deberán usar las mezclas de la consistencia más densa que puedan ser colocadas eficientemente.

#### **3.3.2.4. Selección del tamaño máximo del agregado grueso.**

Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea el mayor que sea económicamente disponible, siempre que sea compatible con las dimensiones y características de la estructura.

La Norma Técnica de Edificación E. 060 prescribe que el agregado grueso no deberá ser mayor de:

- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados; o
- 1/3 del peralte de la losa; o
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o duetos de presfuerzo.

El tamaño máximo nominal determinado aquí, será usado también como tamaño máximo simplemente.

Se considera que, cuando se incrementa el tamaño máximo del agregado, se reducen los requerimientos del agua de mezcla, incrementándose la resistencia del concreto. En general este principio es válido con agregados hasta 40mm (1"). En tamaños mayores, sólo es aplicable a concretos con bajo contenido de cemento.

El RNE, establece como tamaño máximo nominal aquel que queda retenido en el primer tamiz del análisis granulométrico del AG.

#### **3.3.2.5. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.**

La tabla siguiente, preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado.

Los valores del asentamiento para concreto con agregado más grande que 40mm (1 1/2") se basan en las pruebas de Slump hechas después de retirar las partículas mayores de 40mm (1 1/2') por tamizado húmedo.

Estos contenidos de agua de mezclado son valores máximos para agregado grueso angular y bien formado, y cuya granulometría está dentro de las especificaciones aceptadas (ASTM C 33 o NTP 400.037).

\* Para concreto que contiene agregado grande será tamizado húmedo por una malla de 40mm (1 1/2") antes de evaluar el contenido de aire, el porcentaje de aire esperado en material más pequeño que 40mm (1 1/2") debe ser el tabulado en la columna

de 40mm (1 1/2"). Sin embargo, los cálculos iniciales de las proporciones deben basarse en el contenido de aire como un porcentaje de la mezcla completa.

\*\* Estos valores se basan en el criterio de que se necesita un 9% del contenido de aire en la fase de mortero del concreto.

Como se observa, la tabla anterior no toma en cuenta para la estimación del agua de mezclado las incidencias del perfil, textura y granulometría de los agregados. Debemos hacer presente que estos valores tabulados son lo suficientemente aproximados para una primera estimación y que dependiendo del perfil, textura y granulometría de los agregados, los valores requeridos de agua de mezclado pueden estar algo por encima o por debajo de dichos valores.

Al mismo tiempo, podemos usar la tabla 07 para calcular la cantidad de agua de mezcla tomando en consideración, además de la consistencia y tamaño máximo del agregado, el perfil del mismo. Los valores de la tabla siguiente corresponden a mezclas sin aire incorporado.

**Tabla 06: Contenido de aire atrapado**

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado (%)
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
6"	0.2

Fuente: Enrique Rivva López (1992)

**Tabla 07: Volumen unitario de agua**

Asentamiento	Agua, en lt/m <sup>3</sup> para los tamaños máximo nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concreto sin aire incorporado</b>								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	1045	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
<b>Concreto con aire incorporado</b>								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---

Fuente: Enrique Rivva López (1992)

### 3.3.2.6. Selección de la relación agua/cemento (a/c)

Existen dos criterios (por resistencia, y por durabilidad) para la selección de la relación a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones. Es importante que la relación a/c seleccionada con base en la resistencia satisfaga también los requerimientos de durabilidad.

#### a. Por resistencia

Para concretos preparados con cemento Pórtland tipo 1 o cementos comunes, puede tomarse la relación a/c de la tabla 08.

Los valores corresponden a resistencias promedio estimadas para concretos que no contengan más del porcentaje de aire mostrado en la tabla 06. Para una relación agua/cemento constante, la resistencia del concreto se reduce conforme aumenta el contenido de aire.

**Tabla 08: Relación agua/cemento por resistencia**

Resistencia a la compresión a los 28 días ( $f'_{cr}$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Enrique Rivva López (1992)

#### b. Por durabilidad

La Norma Técnica de Edificación E.060 prescribe que si se desea un concreto de baja permeabilidad, o el concreto ha de estar sometido a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda. Se deberá cumplir con los requisitos indicados en la tabla 09.

**Tabla 09: Relación a/c por durabilidad**

CONDICIONES DE EXPOSICIÓN	RELACIÓN a/c MÁXIMA
concreto de baja permeabilidad:	
a) Expuesto a agua dulce:	0.50
b) Expuesto a agua de mar o aguas salobres:	0.45
c) expuesto a la acción de aguas cloacales (*):	0.45
Concreto expuesto a procesos de a congelación y deshielo en condición húmeda:	
a) Sardineles, cunetas, secciones delgadas:	0.45
b) Otros elementos:	0.50
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres o neblina o ricio de esta agua:	0.40
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm.	0.45

Fuente: (RNE, 2016)

**3.3.2.7. Cálculo del contenido de cemento.**

Una vez que la cantidad de agua y la relación a/c han sido estimadas, la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo la cantidad de agua por la relación a/c. Sin embargo es posible que las especificaciones del proyecto establezcan una cantidad de cemento mínima. Tales requerimientos podrían ser especificados para asegurar un acabado satisfactorio, determinada calidad de la superficie vertical de los elementos o trabajabilidad.

$$Contenido\ de\ cemento = \frac{Contenido\ de\ agua\ de\ mezclado}{Relacion\ a/c}$$

**3.3.2.8. Contenido de agregado grueso**

Se determina el contenido de agregado grueso mediante la tabla 10, elaborada por el Comité 211 del ACI, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino.

La tabla 10 permite obtener un coeficiente b/b<sub>o</sub> resultante de la división del peso seco del agregado grueso entre el peso unitario seco y compactado del agregado grueso expresado en kg/m<sup>3</sup>.

**Tabla 10: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto**

Tamaño máximo del agregado grueso		Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino.			
		Módulo de fineza del agregado fino			
mm.	Pulg.	2.40	2.60	2.80	3.00
10	3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
20	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
25	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
40	1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
70	3"	0.81	0.79	0.77	0.75
150	6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Enrique Rivva López (1992)

Los volúmenes de agregado grueso mostrados, está en condición seca y compactada, tal como se describe en la norma ASTM C29.

Estos volúmenes han sido seleccionados a partir de relaciones empíricas para producir concretos con un grado adecuado de trabajabilidad para construcciones armadas usuales. Para concretos menos trabajables, tales como el requerido en la construcción de pavimentos, pueden incrementarse los valores en 10% aprox. Para concretos más trabajables, tales como los que pueden requerirse cuando la colocación es hecha por bombeo, los valores pueden reducirse hasta en un 10%.

Obtenido  $b/b_0$  procedemos a calcular la cantidad de agregado grueso necesario para un metro cúbico de concreto, de la siguiente manera:

$$\text{Peso seco del A. G.} = \frac{b}{b_0}$$

$$\text{Vol. agregado grueso} = \frac{\text{peso seco del agregado grueso}}{\text{peso específico del agregado grueso}}$$

$$\text{Vol. agregado fino} = 1 - (\text{vol. agua} + \text{vol. aire} + \text{vol. cemento} + \text{vol. AG})$$

**3.3.2.9. Ajustes por humedad y absorción.**

El contenido de agua añadida para formar la pasta será afectada por el contenido de humedad de los agregados. Si ellos están secos al aire absorberán agua y disminuirán la relación a/c y la trabajabilidad. Por otro lado si ellos tienen humedad libre en su superficie (agregados mojados) aportarán algo de esta agua a la pasta aumentando la relación a/c, la

trabajabilidad y disminuyendo la resistencia a compresión. Por lo tanto estos efectos deben ser tomados estimados y la mezcla debe ser ajustada tomándolos en cuenta.

Por lo tanto:

$$\text{Agregado grueso} \begin{cases} \text{Humedad} = \%W_g \\ \% \text{Absorción} = \%a_g \end{cases}$$

$$\text{Agregado fino} \begin{cases} \text{Humedad} = \%W_f \\ \% \text{Absorción} = \%a_f \end{cases}$$

**a. Peso de agregados húmedos**

$$\text{Peso A. grueso húmedo} = (\text{peso A. grueso seco}) * (1 + \frac{\%W_g}{100})$$

$$\text{Peso A. fino húmedo} = (\text{peso A. grueso seco}) * (1 + \frac{\%W_f}{100})$$

**b. Agua efectiva**

$$\text{Agua en agregado grueso} = (\text{peso A. grueso seco}) * (\frac{\%W_g - \%a_g}{100}) = X$$

$$\text{Agua en agregado fino} = (\text{peso A. fino seco}) * (\frac{\%W_f - \%a_f}{100}) = Y$$

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua de diseño} - (X+Y)$$

**c. Cálculo de proporciones en peso.**

$$\text{Cemento} : \text{Agregado fino} : \text{Agregado grueso} : \text{Agua}$$

$$\frac{\text{Peso cemento}}{\text{Peso cemento}} : \frac{\text{Peso A. Fino humedo}}{\text{Peso cemento}} : \frac{\text{Peso A. Grueso humedo}}{\text{Peso cemento}} : \frac{\text{Peso Agua Efectiva}}{\text{Peso cemento}}$$

**d. Cálculo de proporciones en volumen.**

$$\text{Cemento} : \text{Agregado fino} : \text{Agregado grueso} : \text{Agua}$$

$$\frac{\text{Volumen cemento}}{\text{Volumen cemento}} : \frac{\text{Volumen A.F. humedo}}{\text{Volumen cemento}} : \frac{\text{Volumen A.G. humedo}}{\text{Volumen cemento}} : \frac{\text{Volumen Agua Efectiva}}{\text{Volumen cemento}}$$

**3.3.3. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO PARA PRUEBA  
(NTP 339.183)**

(Padilla, 2015), a continuación se describe cómo se preparan y curan los especímenes en el terreno para que los ensayos de compresión y de flexión. Los especímenes que se preparan en el terreno tienen dos finalidades: La verificación de la resistencia del

hormigón para la cual se diseñó y la determinación del número de días al cabo de los cuales se puede dar a servicio la estructura.

**a. Equipos**

- Moldes metálicos de 15 cm. diámetro, 30 altura cm.
- Cuchara

**b. Procedimiento.**

El concreto se deposita en el molde, en tres capas, aplicando 25 varillas con la varilla punta de bala en tres capas, distribuidas uniformemente en la sección en planta del molde. Las muestras se toman del concreto que va a ser usado en la obra, teniendo cuidado de que tales muestras sean representativas. Después de aplicar los varillas a la última capa y antes de enrazar, se golpea con la varilla punta de bala de 5 a 10 veces en dos costados opuestos del molde.

**3.3.4. CURADO DE ESPECÍMENES EN EL LABORATORIO (NTP 339.183).**

Para realizar el curado de los especímenes, se siguieron las especificaciones dadas en las siguientes normas. NTP 339.183: Curado de Probetas de Concreto.

**a. Equipo**

- Cilindros de plástico de capacidad de 300 litros en Laboratorio.

**b. Procedimiento**

- Durante las primeras 24 horas los especímenes se deben guardar en una caja de madera, la cual debe conservarse a una temperatura que puede variar entre 16° C y 27° C.
- Los especímenes que se fabriquen con el fin de verificar la resistencia del hormigón usado en la obra, se deberán sacar de los moldes al cabo de 24 horas y almacenar en un sitio húmedo en donde la superficie de los especímenes esté constantemente expuesta a la humedad. La temperatura debe permanecer entre 18° C y 24° C.
- Los especímenes que se fabriquen con el fin de determinar cuándo se puede dar servicio a una estructura, se sacan de los moldes al cabo de 24 horas y se colocan tan cerca al sitio de donde se obtuvo la muestra, como sea posible.

- Los especímenes se deben curar empleando los mismos moldes que se usan para curar el concreto en sitio. Los especímenes que van a ser ensayados al cabo de 28 días, no se deben enviar al laboratorio sino siete días antes de ser ensayados.

### **3.3.5. PESO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO (ASTM C138).**

#### **a. Equipos**

- Cinta métrica
- Balanza de precisión de capacidad de 1 gr a 30 kg.

#### **b. Materiales**

- Especímenes secos de concreto.

#### **c. Procedimiento.**

- Se pesa la muestra de concreto.
- Se mide las dimensiones del diámetro y altura de la muestra de concreto.
- Se calcula del volumen del espécimen.
- Se calcula el peso volumétrico dividiendo el peso entre el volumen.

### **3.3.6. PRUEBA DE ESPECÍMENES A COMPRESIÓN (ASTM C39)**

#### **a. Equipo**

- Prensa Hidráulica de 200 Tn.

#### **b. Procedimiento**

Para realizar la prueba en especímenes de concreto de las diferentes muestras elaboradas, se procedió a seguir las especificaciones dadas en las normas ASTM C39.

## **3.4. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN**

El método de la investigación es relacional, porque parte como necesidad de investigar el uso agregados triturados provenientes de pasivos ambientales y su influencia en la resistencia de concretos elaborados con ellas, así como su propiedad de confinamiento de posibles contaminantes.

### **3.4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación es aplicada – cuantitativa - experimental, porque persigue fines de aplicación directos e inmediatos, y se está determinando valores en las características

de los agregados, en el diseño de mezcla y su influencia en la resistencia última del concreto a la compresión.

#### **3.4.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

Es relacional, porque trata de explicar las propiedades importantes de los hechos y fenómenos que son sometidos a una experimentación de laboratorio o de campo.

#### **3.4.3. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

El desarrollo de la presente investigación está dividido en 4 etapas:

- Obtención de los materiales.
- Propiedades físicas de los agregados.
- Diseño de mezcla.
- Ensayos realizados en el concreto fresco y endurecido

En cada ítem se describen los resultados finales alcanzados y los procedimientos por los cuales han sido obtenidos.

#### **3.4.4. POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población de la presente investigación son los residuos existentes presentes en la mina Carolina, las mismas que presentan en temporadas de lluvias principales contaminantes en los suelos y riachuelos.

Las muestras son los elementos sólidos de estos pasivos ambientales, las mismas que han sido trituradas para obtener granulometrías de los agregados finos y gruesos. Las muestras son intencionadas representativas del lugar. Ver imagen en anexo.

#### **3.4.5. PRUEBA ESTADÍSTICA**

Para determinar que los agregados procedentes de residuos mineros presentan características físicas semejantes a los agregados naturales se ha utilizado el diseño estadístico de hipótesis la prueba  $t$ , como variables de análisis de las propiedades físicas obtenidas en laboratorio de los agregados provenientes de los residuos mineros y naturales. Se ha considerado que existe una diferencia en las propiedades cuando en el análisis estadístico presenta una diferencia significativa.

Igualmente, se ha aplicado en mismo criterio estadístico para determinar que los residuos mineros son elementos confiables como agregados en la elaboración de concretos en la

provincia de Puno, y determinar el posible control de segregación de los principales contaminantes en el concreto endurecido.

El estadístico de prueba es:

$$T_c = \frac{|\bar{X}_A - \bar{X}_B|}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_A} + \frac{S_2^2}{n_B}}}$$

Dónde:

$T_c$  = valor de "T" calculado

$S_1^2$  = varianza de la muestra X1

$S_2^2$  = varianza de la muestra X2

$\bar{X}_A$  = Media de la muestra tomada X1

$\bar{X}_B$  = Media de la muestra tomada X2

$n_A$  = Tamaño de la muestra tomada X1

$n_B$  = Tamaño de la muestra tomada X2

$$S_n^2 = \frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Dónde:

$S_n^2$  = varianza combinada

$X$  = Promedio de tiempos para cada método

$\bar{X}$  = Media de coordenadas de X promedio

$n$  = número de muestras.

#### 3.4.5.1. Planteamiento de hipótesis

$$H_0 : \bar{X}_1 = \bar{X}_2$$

$$H_1 : \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2$$

$H_0$  = No hay diferencia significativa entre los datos.

$H_1$  = Hay diferencia significativa entre los datos.

**3.4.5.2. Regla de decisión utilizada**

Se tomó la decisión de acuerdo al cálculo de la T calculada ( $T_c$ ) y la T tabulada ( $T_t$ )

$$T_c = T \text{ calculada}$$

$$T_t = T \text{ tabulada o de cuadro}$$

Entonces sí:

$$T_c \leq T_t : \text{Se acepta la } H_0$$

$$T_c > T_t : \text{Se rechaza la } H_0$$

**3.4.5.3. Nivel de significancia**

La significancia para la comparación estadística es de valor del 95%.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

Los agregados naturales y agregados provenientes de desechos mineros fueron caracterizados físicamente en el laboratorio de materiales y ensayos de la EPITA, aplicando las normas y reglamentos vigentes en el Perú (ASTM, American Society for Tsting Materials, ITINTEC, NTP).

#### 4.1.1. ASPECTO VISUAL DE LOS AGREGADOS

A simple vista los agregados de desechos mineros presentan características diferentes a los agregados naturales. Poseen una superficie muy rugosa, con mucha superficie angular, color marrón oscuro, similar a las oxidaciones presentes en superficie de acero.

#### 4.1.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO ARM Y AN

Antes del tamizado la muestra ha sido secada a temperatura de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ , hasta obtener peso constante durante 24 horas.

La muestra para ensayo se obtuvo por medio de cuarteo manual.

Los certificados de los análisis se muestran en anexos.

**Tabla 11: Resumen del análisis granulométrico**

Descripción	GRUESO		FINO	
	ARM	AN	ARM	AN
Módulo de fineza	8.32	7.99	3.61	3.02
D <sub>10</sub>	9.542	8.92	0.21	0.25
D <sub>30</sub>	13.67	13.03	0.4	0.49
D <sub>60</sub>	18.83	17.08	2.6	1.07
C <sub>u</sub>	1.973	1.913	12.13	4.288
C <sub>c</sub>	1.04	1.114	1.264	0.897

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2.1. Determinación del TMN del AG

El Tamaño Máximo Nominal (TMN) es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido (ITINTEC 400.037), y el Tamaño Máximo (TM) es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso (ITINTEC 400.037).

A continuación se representa el resumen de los TMN y TN.

**Tabla 12: Resumen de los TN y TMN de los agregados**

Descripción	AGN	AGRM
TN	1 1/2"	1 1/2"
TMN	1"	1"

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, en las dos granulometrías el tamaño nominal es 1 1/2" y del TMN es de 1", por lo que se asumió dichos valores para el diseño de mezcla.

#### 4.1.3. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

El material utilizado fue el agregado fino natural y el proveniente de residuos mineros, para ser cuarteado.

El material seleccionado ha sido sometido a inmersión en agua por 24 horas para su saturación total.

Los resultados de los análisis de laboratorio se muestran en anexos.

A continuación se presenta el resumen de los resultados obtenidos laboratorio.

**Tabla 13: Peso específico y absorción del agregado fino**

Descripción	Ensayo	Muestra	
		AFRM	AFN
Peso específico (gr/cm <sup>2</sup> )	M-1	2.500	2.284
	M-2	2.476	2.364
Absorción (%)	M-1	15.200	5.253
	M-2	14.757	5.458

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14: Peso específico y absorción del agregado grueso**

Descripción	Ensayo	Muestra	
		AGRM	AGN
Peso específico (gr/cm <sup>2</sup> )	M-1	2.790	2.682
	M-2	2.742	2.724
Absorción (%)	M-1	8.219	1.633
	M-2	8.286	1.415

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.4. PESOS VOLUMÉTRICOS SUELTOS Y COMPACTOS

Hay dos valores que se han obtenido para esta relación, y dependiendo del sistema de acomodamiento que se le haya dado al material inmediatamente antes de la prueba, es

decir la denominación que se le ha dado a cada uno de ellos de Peso Volumétrico Seco Suelto (PVSS) y Peso Volumétrico Seco Compacto (PVSC).

Ambos sirven para establecer relaciones entre volúmenes y pesos de los materiales, y para determinar el porcentaje de huecos existente en el árido.

El certificado de los resultados del análisis se encuentra en anexos.

**Tabla 15: Peso Volumétrico Seco Suelto**

muestra	Material suelto			
	AFRM	AFN	AGRM	AGN
M-1	1618.736	1554.346	1440.345	1575.028
M-2	1627.729	1542.835	1444.561	1549.233

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 16: Peso Volumétrico Seco compactado**

muestra	Material compactado			
	AFRM	AFN	AGRM	AGN
M-1	1787.804	1724.134	1578.005	1701.155
M-2	1802.193	1743.918	1587.678	1693.589

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.5. PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N° 200

Este ensayo permite la determinación por lavado de la cantidad de material más fino que pasa la malla 0.075 mm (N° 200) en agregados. Las partículas de arcilla y otras partículas de agregados que se dispersan por el agua de lavado y los materiales solubles en agua, se remueven de los agregados durante el ensayo.

**Tabla 17: Porcentaje que pasa la malla N° 200**

muestra	Material			
	AFRM	AFN	AGRM	AGN
M-1	16.26	5.87	2.16	2.42
M-2	18.97	6.13	2.26	2.87

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2. DISEÑO DE MEZCLA

Se ha optado por el diseño de mezcla propuesto por el comité 211 del ACI, las que establecen tablas y gráficos para estimar cantidades de agua de amasado en función del tamaño máximo nominal, asentamiento, relación agua/cemento a usar, referidas a la resistencias en compresión determinadas experimentalmente, las proporciones en que

deben intervenir los agregados grueso y finos basándose en gradaciones y consideraciones teóricas y/o prácticas.

Hay que tener muy claro que no existe ningún método exacto del diseño de mezcla, ni que nos proporcione una receta infalible para solucionar todos los casos prácticos, por lo que las bondades de un método sobre otro residen finalmente en el criterio personal de quien los aplique, y los resultados que cada profesional con su conocimiento teórico y experiencia obtenga en obra.

Se ha realizado el diseño de mezcla con agregado grueso de residuo minero y agregado fino natural, visto que el agregado fino no cumple con las recomendaciones de las normas RNE y otros. Este diseño ha sido comparado con un concreto con agregado fino y grueso natural.

A continuación se presenta el resumen de las proporciones del diseño de mezcla con agregados de residuos mineros y agregados naturales secos.

**Tabla 18: Resumen de proporciones de diseño de mezcla**

<b>Componentes</b>	<b>ARM</b>	<b>AN</b>
Cemento (kg)	414.20	414.20
Agregado fino (kg)	673.27	589.37
Agregado grueso (kg)	1025.68	1099.90
Agua (lt)	193.00	193.00

Fuente: Elaboración propia

### 4.3. RESISTENCIA Y PESO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO

Para poder determinar la influencia de los agregados procedentes de los residuos mineros en el concreto, se ha elaborado especímenes de concreto con la utilización de agregados de dichos agregados, las mismas que han sido comparadas con concretos elaborados con agregado natural.

Los especímenes de concreto han pasado por un procedimiento de curado, la misma que consistió en sumergimiento en agua desde el momento del desencofrado hasta 02 días antes de la prueba de resistencia a la compresión.

Se determinó el peso volumétrico de los especímenes, tomando como información los diámetros, alturas y pesos de los mismos.

Se realizó la prueba de resistencia a la rotura con el uso de una compresora digital, con velocidad constante de 10 KN/s. el resumen de las pruebas se muestran en anexo.

**Tabla 19: Resumen de resultados de prueba a la compresión ARM.**

Nº	Peso (kg)	Diámetro	Área (cm <sup>2</sup> )	Altura	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Adición de cemento	Proceso de curado
		prom.		prom.					
1	12.616	15.0	176.7	30.3	5354.5	2356.2	201.7	0%	si
2	12.671	14.9	174.4	30.3	5289.1	2395.7	184.2	0%	si
3	12.256	14.8	172.0	30.4	5224.1	2346.1	101.6	0%	no
4	12.239	14.9	174.4	30.4	5294.9	2311.5	101.0	0%	no
5	12.764	15.0	175.9	30.1	5289.6	2413.0	212.1	10%	si
6	12.738	15.1	179.9	30.3	5450.1	2337.2	210.6	10%	si
7	12.059	15.1	179.9	30.3	5444.1	2215.1	105.4	10%	no
8	12.109	15.2	180.7	30.3	5468.1	2214.5	103.1	10%	no
9	12.980	14.6	168.2	30.5	5123.9	2533.2	229.1	20%	si
10	12.824	14.8	171.3	30.5	5223.4	2455.1	223.8	20%	si
11	11.771	14.8	171.3	30.4	5212.0	2258.4	111.9	20%	no
12	11.785	14.8	172.0	30.4	5229.8	2253.4	112.6	20%	no

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20: Resumen de resultados de prueba a la compresión AN.**

Nº	Peso (kg)	Diámetro prom.	Área (cm <sup>2</sup> )	Altura prom.	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso volumétrico (kg/m <sup>3</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Adición de cemento	Proceso de curado
1	11.844	15.0	176.7	30.0	5307.3	2231.6	166.0	0%	si
2	11.673	15.1	178.3	30.1	5372.4	2172.8	156.3	0%	si
3	11.605	15.2	180.7	30.1	5431.9	2136.4	85.6	0%	no
4	11.577	15.4	185.5	29.8	5520.5	2097.1	77.4	0%	no
5	11.888	15.3	183.1	30.1	5503.8	2160.0	240.0	10%	si
6	11.738	15.2	180.7	30.0	5413.9	2168.1	215.7	10%	si
7	11.336	15.0	177.5	29.9	5313.2	2133.6	101.2	10%	no
8	11.305	15.4	187.1	30.1	5637.1	2005.5	88.5	10%	no
9	12.793	15.6	191.1	30.6	5848.7	2187.3	292.3	20%	si
10	12.16	15.5	187.9	30.1	5649.0	2152.6	314.4	20%	si
11	12.166	15.5	188.7	30.5	5761.4	2111.6	134.4	20%	no
12	12.133	15.5	187.9	30.4	5717.9	2122.0	127.4	20%	no

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4. ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA

Para determinar la contaminación de las aguas por los escombros de residuos mineros, se ha sumergido una muestra del material minero en un volumen de agua mineral de mesa, con la finalidad de que se desprenda los metales contaminantes, para luego obtener una muestra denominada RMS-RWPP-1.

Igualmente, para determinar la propiedad de confinamiento del concreto a los principales contaminantes, se ha realizado el sumergimiento de los especímenes de concreto en agua mineral, para luego obtener una muestra denominada RMS-RWPP-2.

Ambas muestras han tenido un tiempo de reposo de 01 mes, para luego ser analizadas en el mega laboratorio de la UNA - Puno. Los resultados de los análisis de agua se muestran en anexo. A continuación se presenta el resumen de los análisis de agua.

**Tabla 21: Resumen de resultados de análisis de agua.**

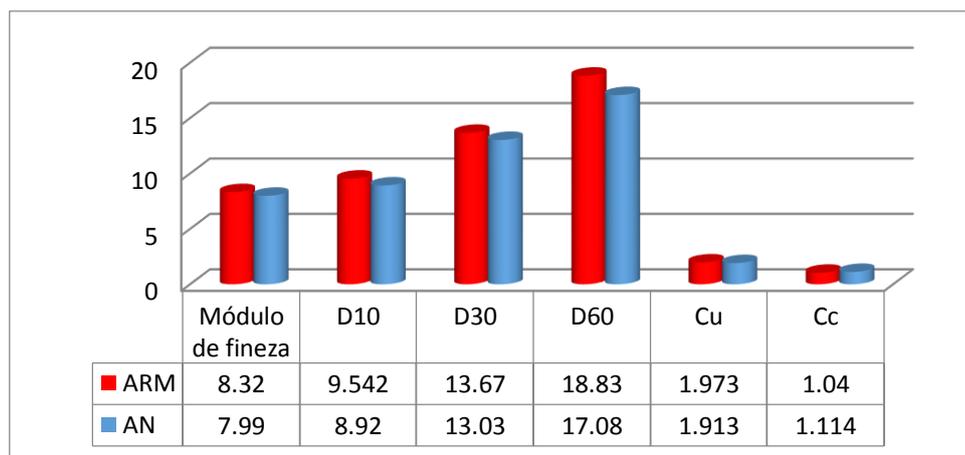
Parámetro	Nombre de la muestra		Diferencia
	RMS-RWPP-1	RMS-RWPP-2	
Aluminio (Al) mg/L	0.7190	0.0750	90%
Cobre (Cu) mg/L	0.0131	0.0006	95%
Plomo (Pb) mg/L	0.0190	0.0080	58%
Cadmio (Cd) mg/L	0.0004	0.0000	100%
Arsénico (As) mg/L	0.0130	0.0000	100%
Cromo (Cr) mg/L	0.0023	0.0014	39%

Fuente: Mega-laboratorio de la UNAP

#### 4.5. DISCUSIÓN

##### 4.5.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

###### a. Análisis granulométrico agregado grueso



**Figura 01: Comparación granulométrica del ARM y AN del AF.**

**Tabla 22: Resumen Estadístico comparación granulométrica del AF.**

Nº	AFRM	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	AFN	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$
1	8.32	-0.58	0.33158403	7.99	-0.35	0.12331803
2	9.542	0.65	0.41753136	8.92	0.58	0.33504803
3	13.67	4.77	22.7926674	13.03	4.69	21.985158
4	18.83	9.93	98.6876674	17.08	8.74	76.367208
5	1.973	-6.92	47.9256214	1.913	-6.43	41.3213267
6	1.04	-7.86	61.7141174	1.114	-7.23	52.231938
suma	53.38	suma	231.869189	50.05	suma	192.363997
prom.	8.90	D.S.-1	6.8098339	8.34	D.S.-2	6.20264455

Fuente: Elaboración propia

**Prueba t**

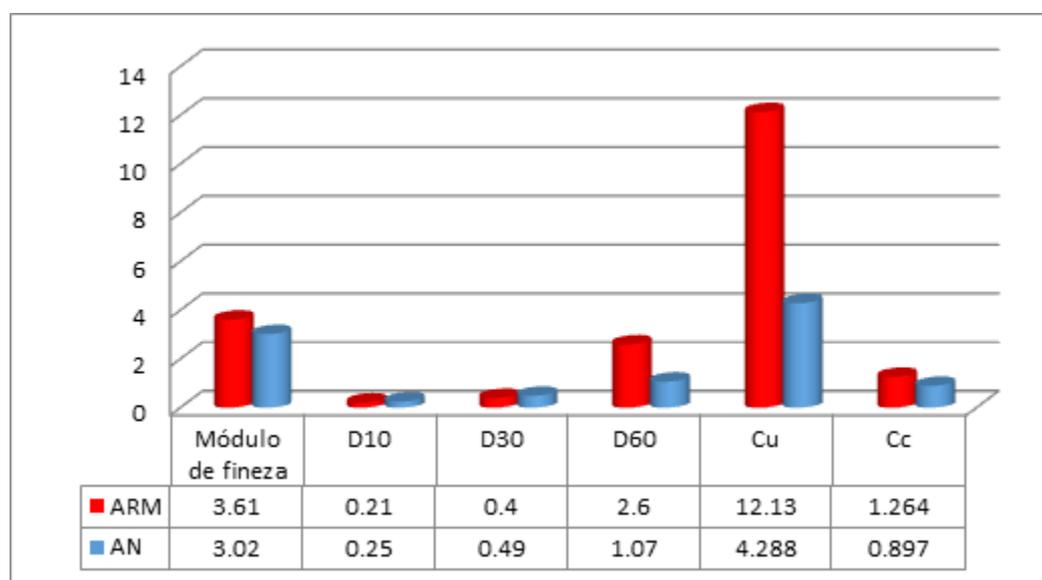
$$T_c = \frac{|8.90 - 8.34|}{\sqrt{\frac{6.81^2}{6} + \frac{6.20^2}{6}}} = 0.147$$

Se ha utilizado el anexo T, para determinar la  $T_t$  obteniéndose  $T_t = 2.228$

**Criterio de decisión:**

Como  $T_c = 0.147$  es menor que  $T_t = 2.228$ , se acepta la hipótesis de  $H_0$  para un alfa = 0.05, No hay diferencia significativa entre las propiedades granulométricas de los agregados residuos mineros y los naturales.

**b. Para el agregado fino**



**Figura 02: Comparación granulométrica del ARM y AN del AG.**

**Tabla 23: Resumen Estadístico comparación granulométrica del AG.**

Nº	AGRM	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	AGN	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$
1	3.61	0.24	0.058081	3.02	1.35	1.82475069
2	0.21	-3.16	9.979281	0.25	-1.42	2.01403403
3	0.4	-2.97	8.814961	0.49	-1.18	1.39043403
4	2.6	-0.77	0.591361	1.07	-0.60	0.35900069
5	12.13	8.76	76.755121	4.288	2.62	6.85828803
6	1.264	-2.11	4.431025	0.897	-0.77	0.59624136
suma	20.21	suma	100.62983	10.02	suma	13.0427488
prom.	3.37	D.S.-1	4.48619728	1.67	D.S.-2	1.61510054

Fuente: Elaboración propia

**Prueba t**

$$T_c = \frac{|3.37 - 1.67|}{\sqrt{\frac{4.49^2}{6} + \frac{1.62^2}{6}}} = 0.873$$

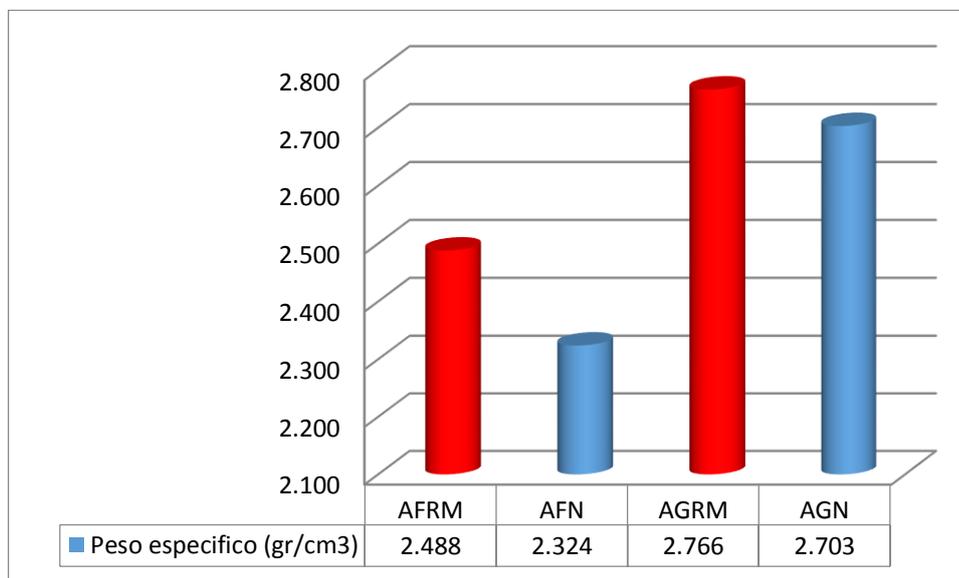
Se ha utilizado el anexo T, para determinar la  $T_t$  la misma que se presenta a continuación:

$$T_t = 2.228$$

**Criterio de decisión:**

Como  $T_c = 0.873$  es menor que  $T_t = 2.228$ , se acepta la hipótesis de  $H_0$  para un alfa = 0.05, No hay diferencia significativa entre las propiedades granulométricas de los agregados finos de residuos mineros y naturales.

**4.5.2. PESO ESPECÍFICO**



**Figura 03: Comparación peso específico del ARM y AN.**

**a. Para el agregado fino**

**Tabla 24: Resumen Estadístico comparación peso específico del AF.**

Nº	AFRM	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	AFN	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$
1	2.500	0.012	0.000	2.284	-0.040	0.002
2	2.476	-0.012	0.000	2.364	0.040	0.002
suma	4.976	suma	0.000	4.648	suma	0.003
prom.	2.488	D.s.-1	0.017	2.324	D.s.-2	0.057

Fuente: Elaboración propia

**Prueba t**

$$T_c = \frac{|2.49 - 2.32|}{\sqrt{\frac{0.017^2}{2} + \frac{0.057^2}{2}}}$$

Estadístico  $T_c = 3.927$

Se ha utilizado el anexo T, para determinar la  $T_t$  la misma que se presenta a continuación:

$$T_t = 4.303$$

Criterio de decisión:

Como  $T_c = 3.927$  es menor que  $T_t = 4.303$ , se acepta la hipótesis de  $H_0$  para un alfa = 0.05, No hay diferencia significativa entre Los pesos específicos del agregado fino de residuos mineros y el natural.

**b. Agregado grueso**

**Tabla 25: Resumen Estadístico comparación peso específico del AG.**

Nº	AGRM	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	AGN	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$
1	2.790	0.024	0.001	2.682	-0.021	0.000
2	2.742	-0.024	0.001	2.724	0.021	0.000
suma	5.532	suma	0.001	5.406	suma	0.001
prom.	2.766	D.S.-1	0.034	2.703	D.S.-2	0.030

Fuente: Elaboración propia

**Prueba t**

$$T_c = \frac{|2.77 - 2.70|}{\sqrt{\frac{0.034^2}{2} + \frac{0.030^2}{2}}}$$

Estadístico  $T_c = 1.976$

Se ha utilizado el anexo T, para determinar la  $T_t$  la misma que se presenta a continuación:

$$T_t = 4.303$$

Criterio de decisión:

Como  $T_c = 1.976$  es menor que  $T_t = 4.303$ , se acepta la hipótesis de  $H_0$  para un  $\alpha = 0.05$ , No hay diferencia significativa entre Los pesos específicos de los agregados gruesos de residuos mineros y los naturales.

### 4.5.3. ABSORCIÓN

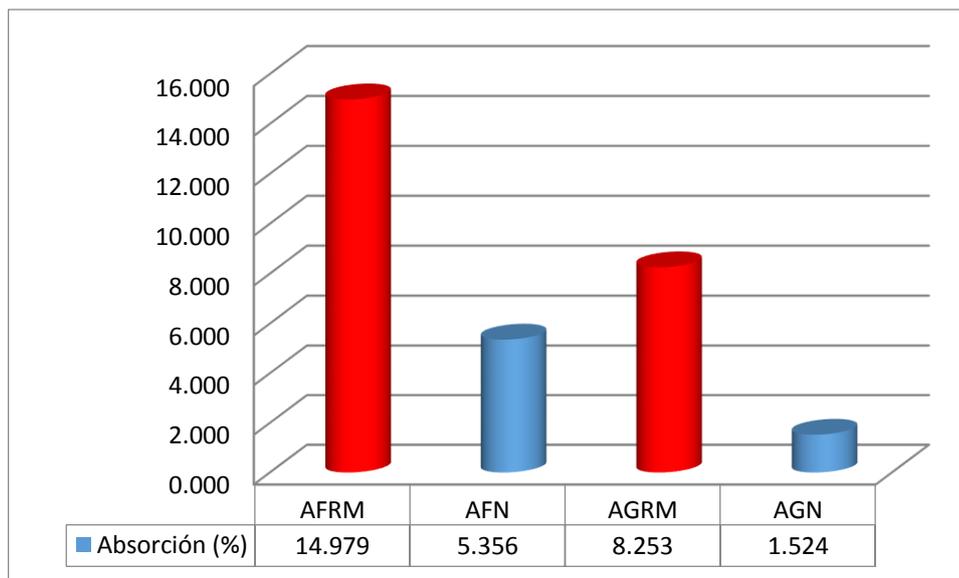


Figura 04: Comparación de absorción del ARM y AN.

#### c. Agregado fino

Tabla 26: Resumen Estadístico comparación de Absorción del AF.

Nº	AFRM	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	AFN	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$
1	15.200	0.221	0.049	5.253	-0.103	0.011
2	14.757	-0.222	0.049	5.458	0.103	0.011
suma	29.957	suma	0.098	10.711	suma	0.021
prom.	14.979	D.S.-1	0.313	5.356	D.S.-2	0.145

Fuente: Elaboración propia

#### Prueba t

$$T_c = \frac{|14.98 - 5.36|}{\sqrt{\frac{0.313^2}{2} + \frac{0.145^2}{2}}}$$

Estadístico  $T_c = 39.43$

Se ha utilizado el anexo T, para determinar la  $T_t$  la misma que se presenta a continuación:

$$T_t = 4.303$$

Criterio de decisión:

Como  $T_c = 39.43$  es mayor que  $T_t = 4.303$ , se rechaza la hipótesis de  $H_0$  para un  $\alpha = 0.05$ , Hay diferencia significativa entre el porcentaje de absorción de los agregados finos de residuos mineros y los naturales.

**d. Agregado grueso**

**Tabla 27: Resumen Estadístico comparación de Absorción del AG.**

Nº	ARM	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	AN	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$
1	8.219	-0.034	0.001	1.633	0.109	0.012
2	8.286	0.034	0.001	1.415	-0.109	0.012
suma	16.505	suma	0.002	3.048	suma	0.024
prom.	8.253	D.s.-1	0.047	1.524	D.s.-2	0.154

Fuente: Elaboración propia

**Prueba t**

$$T_c = \frac{|8.253 - 1.524|}{\sqrt{\frac{0.047^2}{2} + \frac{0.154^2}{2}}} = 59.005$$

Se ha utilizado el anexo T, para determinar la  $T_t$  la misma que se presenta a continuación:

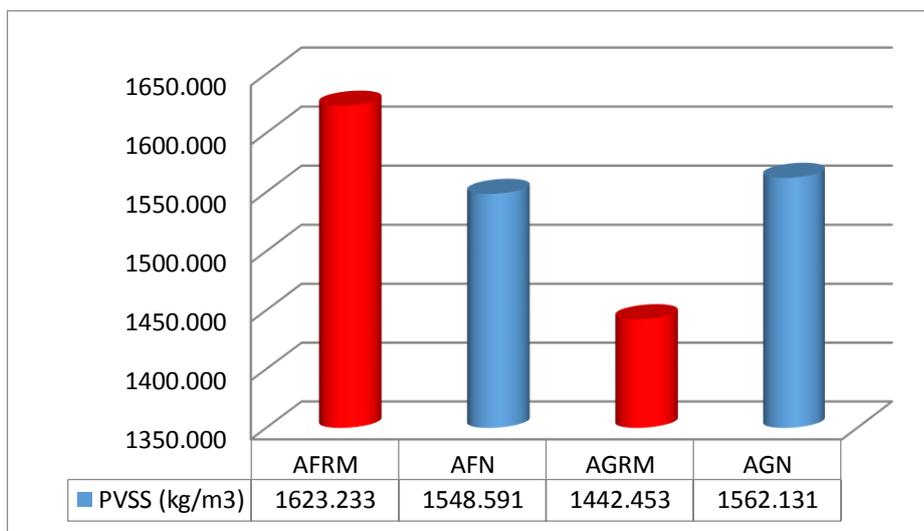
$$T_t = 4.303$$

**Criterio de decisión:**

Como  $T_c = 59.005$  es mayor que  $T_t = 4.303$ , se rechaza la hipótesis de  $H_0$  para un  $\alpha = 0.05$ , Hay diferencia significativa entre el porcentaje de absorción de los agregados grueso de residuos mineros y los naturales.

**4.5.4. PESOS VOLUMÉTRICOS**

**4.5.4.1. Peso volumétrico seco suelto**



**Figura 05: Comparación de PVSS del ARM y AN.**

**a. Agregado fino**

**Tabla 28: Resumen Estadístico comparación de PVSS del AF.**

Nº	AFRM	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	AFN	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$
1	1618.736	-4.496	20.219	1554.346	5.755	33.126
2	1627.729	4.496	20.219	1542.835	-5.755	33.126
suma	3246.465	suma	40.437	3097.181	suma	66.252
prom.	1623.233	D.s.-1	6.359	1548.591	D.s.-2	8.140

Fuente: Elaboración propia

**Prueba t**

$$T_c = \frac{|1623.23 - 1548.59|}{\sqrt{\frac{6.36^2}{2} + \frac{8.14^2}{2}}} = 10.22$$

Se ha utilizado el anexo T, para determinar la  $T_t$  la misma que se presenta a continuación:

$$T_t = 4.303$$

**Criterio de decisión:**

Como  $T_c = 10.22$  es mayor que  $T_t = 4.303$ , se rechaza la hipótesis de  $H_0$  para un alfa = 0.05, Hay diferencia significativa entre el peso volumétrico seco suelto de los agregados fino de residuo minero y el natural.

**b. Agregado grueso**

**Tabla 29: Resumen Estadístico comparación de PVSS del AG.**

Nº	AGRM	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	AGN	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$
1	1440.345	-2.108	4.444	1575.028	12.898	166.346
2	1444.561	2.108	4.444	1549.233	-12.898	166.346
suma	2884.906	suma	8.887	3124.261	suma	332.691
prom.	1442.453	D.S.-1	2.981	1562.131	D.S.-2	18.240

Fuente: Elaboración propia

**Prueba t**

$$T_c = \frac{|1442.45 - 1562.13|}{\sqrt{\frac{2.981^2}{2} + \frac{18.240^2}{2}}}$$

Estadístico  $T_c = 9.16$

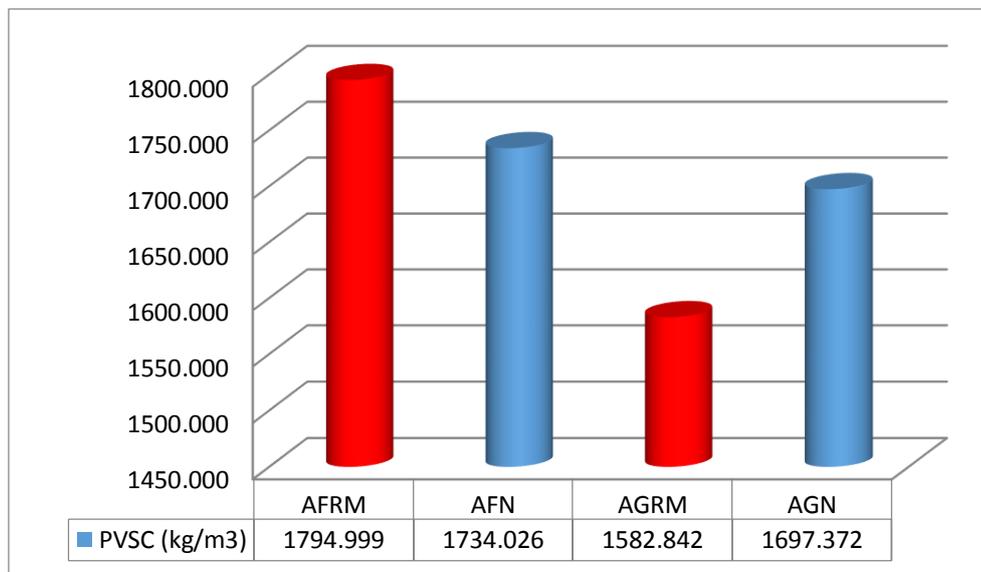
Se ha utilizado el anexo T, para determinar la  $T_t$  la misma que se presenta a continuación:

$$T_t = 4.303$$

**Criterio de decisión:**

Como  $T_c = 9.16$  es mayor que  $T_t = 4.303$ , se rechaza la hipótesis de  $H_0$  para un alfa = 0.05, Hay diferencia significativa entre el peso volumétrico seco suelto de los agregados grueso de residuos mineros y los naturales.

**4.5.4.2. Peso volumétrico seco compactado**



**Figura 06: Comparación de PVSC del ARM y AN.**

**a. Agregado fino**

**Tabla 30: Resumen Estadístico comparación de PVSC del AF.**

Nº	AFRM	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	AFN	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$
1	1787.804	-7.195	51.761	1724.134	-9.892	97.852
2	1802.193	7.194	51.761	1743.918	9.892	97.852
suma	3589.997	suma	103.522	3468.052	suma	195.703
prom.	1794.999	D.S.-1	10.175	1734.026	D.S.-2	13.989

Fuente: Elaboración propia

**Prueba t**

$$T_c = \frac{|1795.00 - 1734.03|}{\sqrt{\frac{10.18^2}{2} + \frac{13.99^2}{2}}}$$

Estadístico  $T_c = 4.99$

Se ha utilizado el anexo T, para determinar la  $T_t$  la misma que se presenta a continuación:

$$T_t = 4.303$$

Criterio de decisión:

Como  $T_c = 4.99$  es mayor que  $T_t = 4.303$ , se rechaza la hipótesis de  $H_0$  para un alfa = 0.05, Hay diferencia significativa entre el peso volumétrico seco compactado de los agregados finos de residuos mineros y los naturales.

**b. Agregado grueso**

**Tabla 31: Resumen Estadístico comparación de PVSC del AG.**

Nº	ARM	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	AN	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$
1	1578.005	-4.836	23.392	1701.155	3.783	14.311
2	1587.678	4.837	23.392	1693.589	-3.783	14.311
suma	3165.683	suma	46.783	3394.744	suma	28.622
prom.	1582.842	D.S.-1	6.840	1697.372	D.S.-2	5.350

Fuente: Elaboración propia

**Prueba t**

$$T_c = \frac{|1582.84 - 1697.37|}{\sqrt{\frac{6.84^2}{2} + \frac{5.35^2}{2}}}$$

Estadístico  $T_c = 18.652$

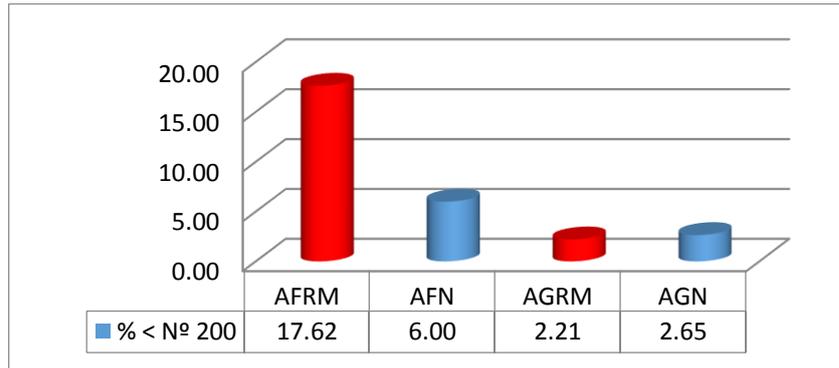
Se ha utilizado el anexo T, para determinar la  $T_t$  la misma que se presenta a continuación:

$$T_t = 4.303$$

**Criterio de decisión:**

Como  $T_c = 18.652$  es mayor que  $T_t = 4.303$ , se rechaza la hipótesis de  $H_0$  para un  $\alpha = 0.05$ , Hay diferencia significativa entre el peso volumétrico seco compactado de los agregados grueso de residuos mineros y naturales.

**4.5.5. PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N°200**



**Figura 07: Comparación de% que pasa la malla N° 200 del ARM y AN.**

**a. Agregado fino**

**Tabla 32: Estadístico de material más fino que la malla N° 200 del AF.**

N°	ARM	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	AN	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$
1	16.260	-1.355	1.836	5.870	-0.130	0.017
2	18.970	1.355	1.836	6.130	0.130	0.017
suma	35.230	suma	3.672	12.000	suma	0.034
prom.	17.615	D.S.-1	1.916	6.000	D.S.-2	0.184

Fuente: Elaboración propia

**Prueba t**

$$T_c = \frac{|17.62 - 6.00|}{\sqrt{\frac{1.92^2}{2} + \frac{0.18^2}{2}}}$$

Estadístico  $T_c = 8.533$

Se ha utilizado el anexo T, para determinar la  $T_t$  la misma que se presenta a continuación:

$$T_t = 4.303$$

**Criterio de decisión:**

Como  $T_c = 8.533$  es mayor que  $T_t = 4.303$ , se rechaza la hipótesis de  $H_0$  para un  $\alpha = 0.05$ , Hay diferencia significativa entre el porcentaje que pasa la malla N° 200 de los agregados fino de residuos mineros y los naturales.

**b. Agregado grueso**

**Tabla 33: Estadístico de material más fino que la malla N° 200 del AG.**

N°	ARM	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	AN	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$
1	2.160	-0.050	0.002	2.420	-0.225	0.051
2	2.260	0.050	0.002	2.870	0.225	0.051
suma	4.420	suma	0.005	5.290	suma	0.101
prom.	2.210	D.S.-1	0.071	2.645	D.S.-2	0.318

Fuente: Elaboración propia

**Prueba t**

$$T_c = \frac{|2.21 - 2.65|}{\sqrt{\frac{0.07^2}{2} + \frac{0.32^2}{2}}}$$

Estadístico  $T_c = 1.887$

Se ha utilizado el anexo T, para determinar la  $T_t$  la misma que se presenta a continuación:

$$T_t = 4.303$$

**Criterio de decisión:**

Como  $T_c = 1.887$  es menor que  $T_t = 4.303$ , se acepta la hipótesis de  $H_0$  para un  $\alpha = 0.05$ , No hay diferencia significativa entre el porcentaje que pasa la malla N° 200 de los agregados gruesos de residuos mineros y los naturales.

4.5.6. DISEÑO DE MEZCLA

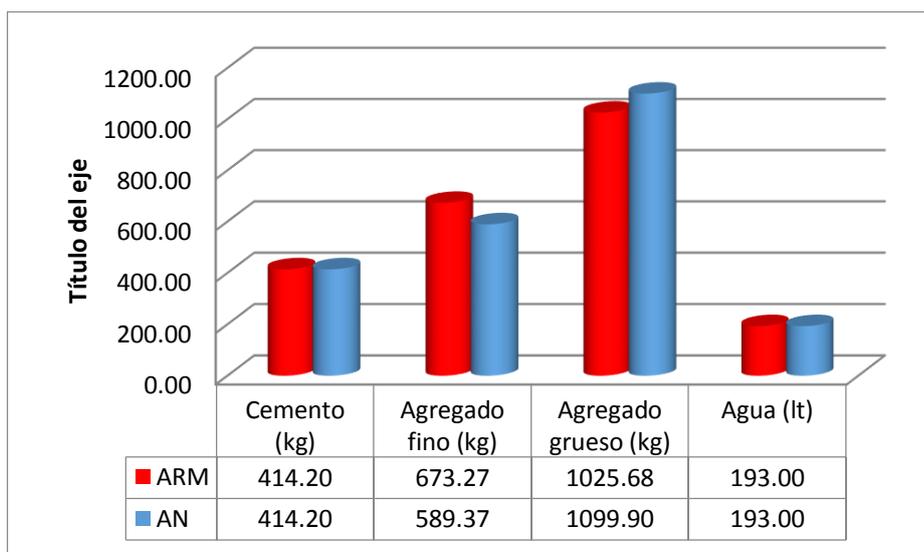


Figura 08: Comparación del diseño de mezcla con ARM y AN.

Tabla 34: Resumen Estadístico comparación del diseño de mezcla.

Nº	ARM	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	AN	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$
1	414.200	-162.338	26353.464	414.200	-159.918	25573.607
2	673.270	96.733	9357.177	589.370	15.252	232.639
3	1025.680	449.143	201728.985	1099.900	525.783	276447.237
4	193.000	-383.538	147101.014	193.000	-381.118	145250.549
suma	2306.150	suma	384540.640	2296.470	suma	447504.032
prom.	576.538	D.S.-1	358.023	574.118	D.S.- 2	386.223

Fuente: Elaboración propia

Prueba t

$$T_c = \frac{|576.54 - 574.12|}{\sqrt{\frac{358.02^2}{4} + \frac{386.22^2}{4}}}$$

Estadístico  $T_c = 0.009$

Se ha utilizado el anexo T, para determinar la  $T_t$  la misma que se presenta a continuación:

$$T_t = 2.447$$

**Criterio de decisión:**

Como  $T_c = 0.009$  es menor que  $T_t = 2.447$ , se acepta la hipótesis de  $H_0$  para un alfa = 0.05, No hay diferencia significativa entre los diseño de mezcla realizados con agregados de residuos mineros y los naturales.

#### 4.5.7. RESISTENCIA

Para poder relacionar la resistencia a la compresión de los concretos con agregados de residuos mineros y naturales, por la adición del 10 y 20% adicional de cemento al diseño original y el proceso de curado se ha establecido el siguiente diseño experimental.

**Tabla 35: Diseño experimental por resistencia**

CONCRETO	AGREGADO					
	RESIDUO MINERO			NATURAL		
	0%	10%	20%	0%	10%	20%
CURADO	201.7	212.1	229.1	166.0	240.0	292.3
	184.2	210.6	223.8	156.3	215.7	314.4
SIN CURAR	101.6	105.4	111.9	85.6	101.2	134.4
	101.0	103.1	112.6	77.4	88.5	127.4

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 36: Resumen Estadístico comparación de resistencia.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:AGREGADO	434.35	1	434.35	2.85	0.1135
B:CEMENTO	14022.0	2	7011.02	46.02	0.0000
C:CURADO	81212.3	1	81212.3	533.05	0.0000
INTERACCIONES					
AB	5487.04	2	2743.52	18.01	0.0001
AC	867.604	1	867.604	5.69	0.0317
BC	3367.66	2	1683.83	11.05	0.0013
RESIDUOS	2132.96	14	152.354		
TOTAL (CORREGIDO)	107524.	23			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de RESISTENCIA en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo I, la contribución de cada factor se mide eliminando el efecto de los factores que le anteceden en la tabla. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 5 valores-P son menores que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre RESISTENCIA con un 95.0% de nivel de confianza. No hay diferencia significativa de la resistencia por efecto de los agregados, ocurriendo lo contrario que existe diferencia significativa por el aumento de cemento y el proceso de curado.

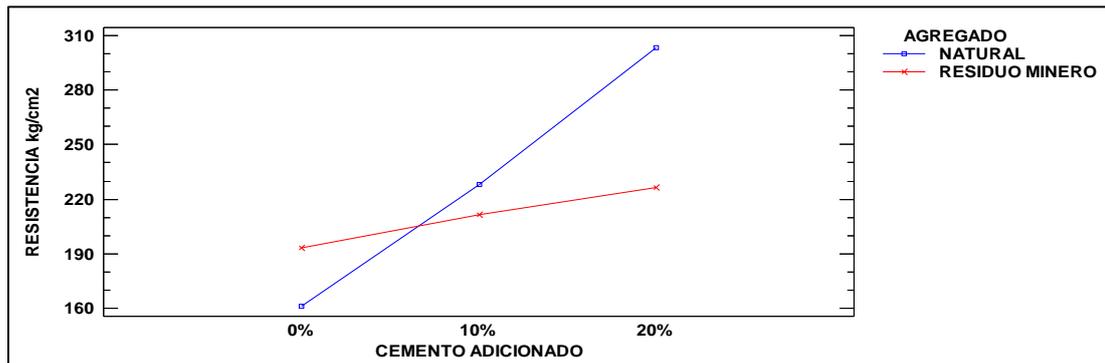


Figura 09: Resistencia de concreto con ARM y AN. por cemento

Como se ve en la figura 09, inicialmente los concretos con ARM presenta una resistencia superior al concreto AN, sin embargo esta cambia con la adición de cemento a un 10% y 20% del diseño original, teniendo como diferencia de resistencia 16.5%, -7.8% y -34.06%. Este cambio de la resistencia posiblemente se deba a que los residuos mineros es material compactado y que por el proceso de triturado presenta poco material fino adherido a su superficie, haciendo que el cemento inicialmente endurezca bien. Sin embargo al aumentar cemento esta resistencia va disminuyendo debido a la baja resistencia del agregado minero. En cambio, en el agregado natural, inicialmente este presenta mucho fino (limo y arcilla), esto hace que la resistencia en el concreto disminuya, sin embargo al incrementar más cemento la resistencia aumenta, debido a la resistencia que presenta el agregado fino y grueso natural.

También se observa, que el concreto con ARM, que por más que se adicione más del 20% de cemento, su tendencia a la máxima resistencia es más o menos 226 kg/cm<sup>2</sup>, inferior en 20% a la  $f'_{c_r}$  (280 kg/cm<sup>2</sup>), lo que no sucede con el concreto con AN, cuya tendencia es adicionar más o menos la cantidad de 17% de cemento del diseño original.

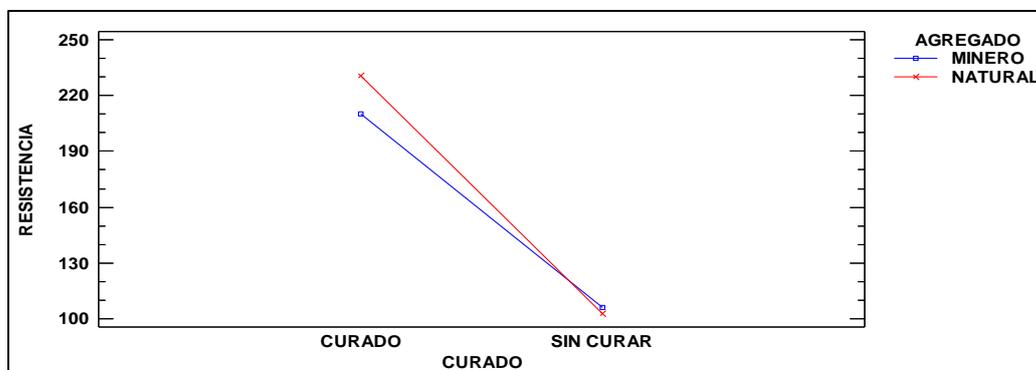


Figura 10: Resistencia de concreto con ARM y AN. por curado

En el grafico se ve que los concretos elaborados con agregados de residuos mineros presenta mejor comportamiento cuando el concreto no ha sido curado, pero que en ambos casos de agregados el proceso de curado afecta a la resistencia del concreto.

#### 4.5.8. PESO VOLUMÉTRICO

A igual que el anterior se ha establecido el siguiente diseño experimental para relacionar el peso específico con los agregados, cemento adicional y el proceso de curado.

**Tabla 37: Diseño experimental por peso volumétrico**

CONCRETO	AGREGADO					
	RESIDUO MINERO			NATURAL		
	AUMENTO DE CEMENTO					
	0%	10%	20%	0%	10%	20%
CURADO	2356.2	2413.0	2533.2	2231.6	2160.0	2187.3
	2395.7	2337.2	2455.1	2172.8	2168.1	2152.6
SIN CURAR	2346.1	2215.1	2258.4	2136.4	2133.6	2111.6
	2311.5	2214.5	2253.4	2097.1	2005.5	2122.0

Fuente: Elaboración propia

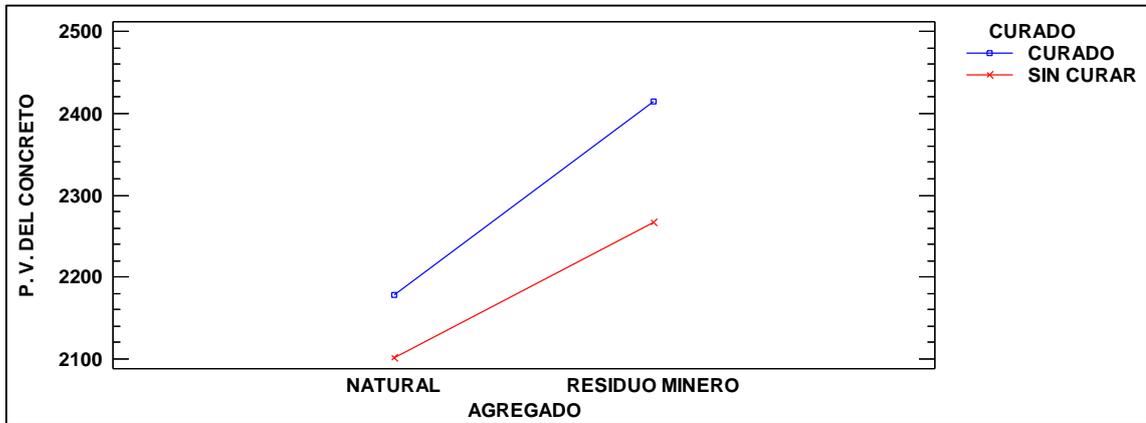
**Tabla 38: Resumen estadístico diseño experimental por peso volumétrico**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:AGREGADO	242165.	1	242165.	108.65	0.0000
B:CEMENTO	14291.4	2	7145.71	3.21	0.0714
C:CURADO	76794.9	1	76794.9	34.45	0.0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	3054.25	2	1527.13	0.69	0.5201
AC	7533.13	1	7533.13	3.38	0.0873
BC	6914.97	2	3457.49	1.55	0.2463
RESIDUOS	31204.9	14	2228.92		
TOTAL (CORREGIDO)	381958.	23			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de P. V. DEL CONCRETO en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo I, la contribución de cada factor se mide eliminando el efecto de los factores que le anteceden en la tabla. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 2 valores-P son menores que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre P. V. DEL CONCRETO con un 95.0% de nivel de confianza.

El análisis ANOVA nos indica que hay diferencia significativa en los pesos volumétricos del concreto por los agregados de residuo minero y el proceso de curado, mas es igual el peso volumétrico por el incremento de cemento.

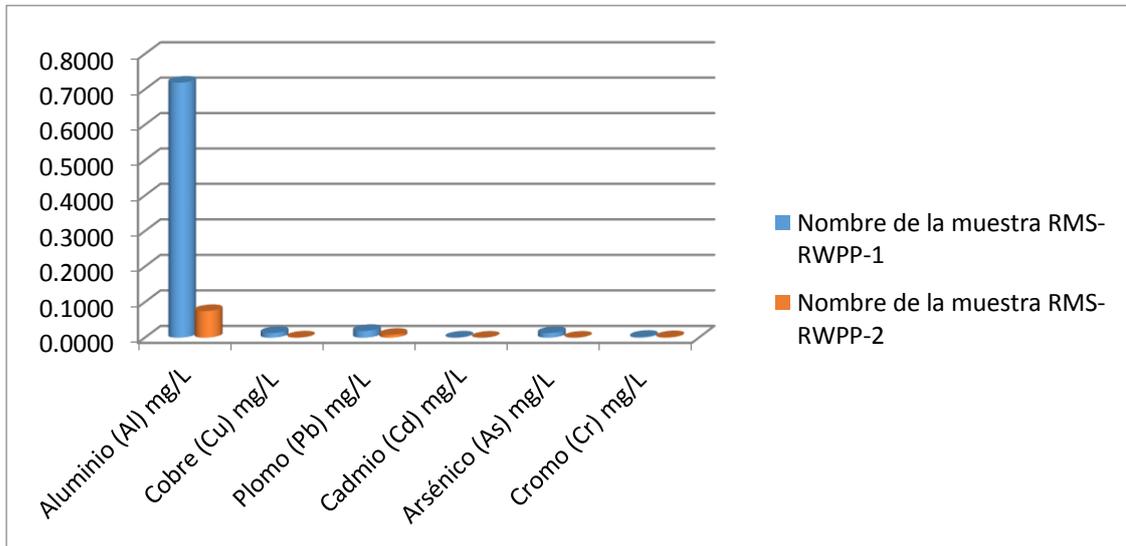


**Figura 11: Peso volumétrico del concreto con ARM y AN. por cemento**

En la figura se observa que los agregados de residuos mineros presentan mayores pesos volumétricos de concreto, y que estos se ven afectados por el proceso de curado.

Se presentan aumento del peso volumétricos del 7.3%, 8.8% y 13.0% según el aumento de cemento.

#### 4.5.9. CONTROL DE CONTAMINANTE



**Figura 12: Control de contaminante por concreto con ARM**

**Tabla 39: Resumen Estadístico control de contaminante**

	<i>ARM</i>	<i>AN</i>
Recuento	6	6
Promedio	0.1278	0.0141667
Desviación Estándar	0.289714	0.0299571
Coefficiente de Variación	226.693%	211.462%
Mínimo	0.0004	0
Máximo	0.719	0.075
Rango	0.7186	0.075
Sesgo Estandarizado	2.4462	2.39499
Curtosis Estandarizada	2.99375	2.88849

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 40: Comparación de Desviaciones Estándar control de contaminante**

	<i>ARM</i>	<i>AN</i>
Desviación Estándar	0.289714	0.0299571
Varianza	0.0839342	0.000897431
Gl	5	5

Fuente: Elaboración propia

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula:  $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.:  $\sigma_1 \neq \sigma_2$

$F = 93.5272$  valor-P = 0.000123654

Se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0.05$ .

Esta opción ejecuta una prueba-F para comparar las varianzas de las dos muestras. También construye intervalos o cotas de confianza para cada desviación estándar y para la razón de varianzas. De particular interés es el intervalo de confianza para la razón de varianzas, el cual se extiende desde 13.0873 hasta 668.385. Puesto que el intervalo no contiene el valor de 1, existe diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar de las dos muestras con un 95.0%.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Los agregados provenientes de la trituración de residuos mineros (ARM) presentan características granulométricas similares a los agregados naturales (AN), lo mismo se dan en sus características físicas (Pe, Abs, PVSS, PVSC, fino menor a la malla N° 200).

**SEGUNDA:** Inicialmente los concretos con ARM presenta una resistencia a la compresión superior al concreto AN, sin embargo esta cambia con la adición de cemento a un 10% y 20% del diseño original, teniendo como diferencia de resistencia 16.5%, -7.8% y -34.06%. También se observa, que el concreto con ARM que por más que se adicione más del 20% de cemento, su tendencia a la máxima resistencia es más o menos 226 kg/cm<sup>2</sup>, inferior en 20% a la  $f'_{c_r}$  (280 kg/cm<sup>2</sup>), lo que no sucede con el concreto con AN, cuya tendencia es adicionar más o menos la cantidad de 17% de cemento del diseño original.

**TERCERA:** Los concretos con ARM presentan la cualidad de control de segregación a un 80% de los principales contaminantes, con un F calculado de 93.5272 con una diferencia estadística significativa de comparación entre las aguas iniciales contaminadas y las aguas de curado del concreto utilizado para el confinamiento.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Investigar sobre la influencia de los agregados de residuos mineros sobre morteros.

**SEGUNDA:** Investigar sobre el uso de agregados de residuos mineros en la fabricación de bloquetas.

**REFERENCIAS**

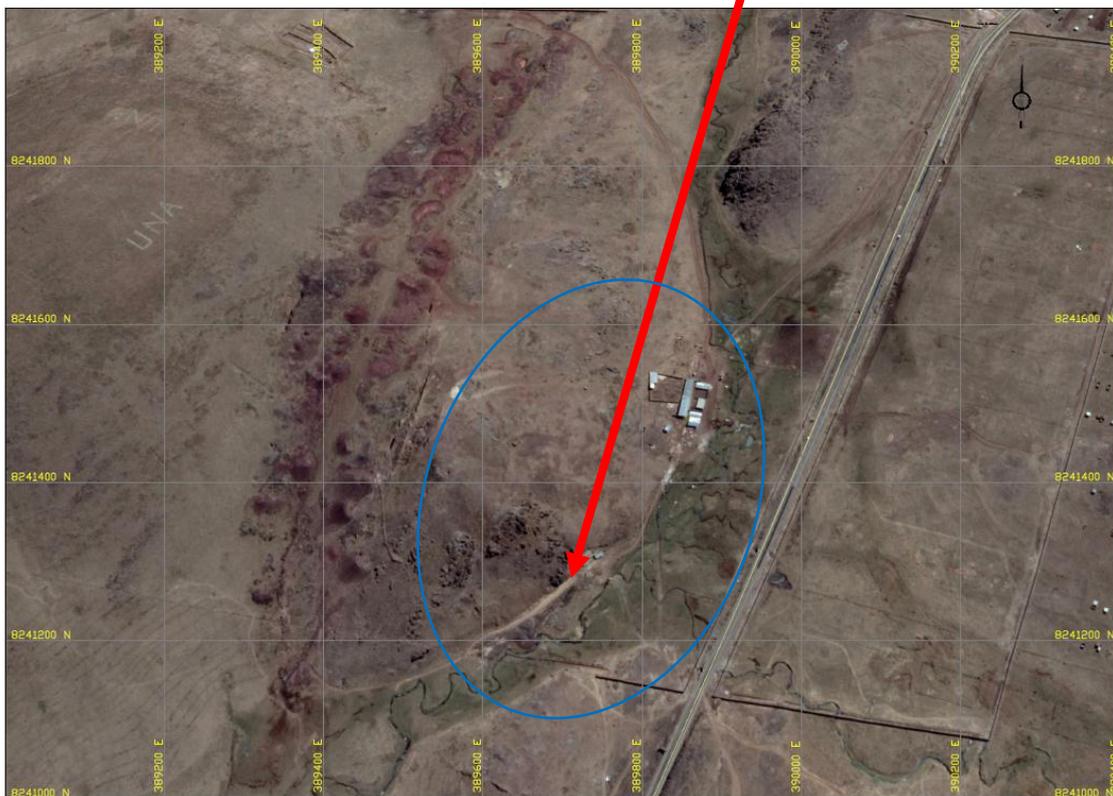
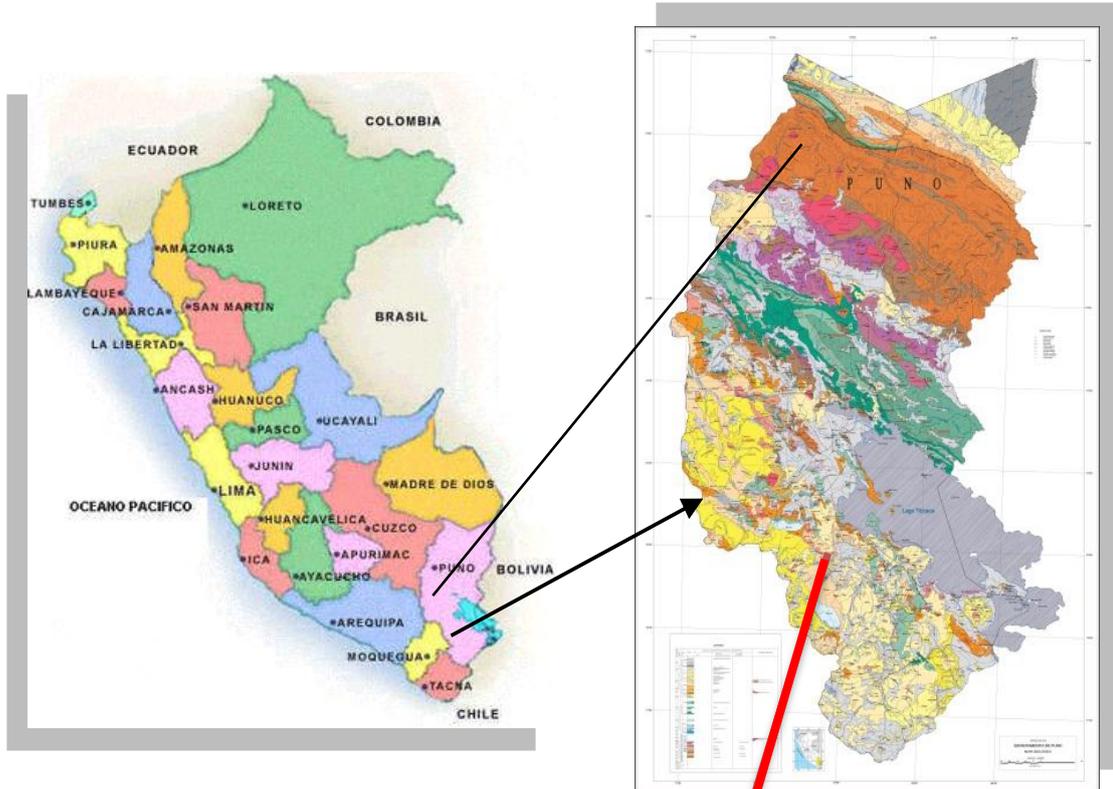
- Ames, C., Mendieta, L., & Peñaranda, A. (2015). Sistema de relleno con mortero de relave para mejorar la confiabilidad del sostenimiento en la minería subterránea. Lima, Perú: UPC.
- Anicama, G. (2016). Estudio experimental del empleo de materiales de desecho de procesos mineros en aplicaciones prácticas con productos cementicios. Lima, Perú: Universidad pontificia Católica del Perú.
- Bebbington y Williams 2008, 191, Gil 2009, 54, Haslam 2009, 113, Kitula 2006, 406.
- Curo, E., & Rashuamán, B. (2015). Diseño de mezcla de concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando relave minero de la relavera N° 09-acchilla-ccochoaccasa, para tránsito ligero (método ACI), en el distrito de Ircay Provincia de Angaraes - huancavelica. Ircay, Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica.
- MACROCONSULT. (2012). Impacto Económico de la Minería en el Perú. Lima: Sociedad nacional de minería, Petróleo y Energía.
- Maksaev, V. (2012). Impacto Ambiental de la Actividad Minera. Santiago de Chile: Facultad de Ciencias matemáticas.
- Marin, E., & Escobar, F. (2014). Drenaje de aguas y pasivos ambientales en la inactiva mina Pomperia, Puno Perú. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- MTC, V. (2016). Manual de Ensayos de Materiales. Lima, Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- Padilla, J. (2015). Guía del Laboratorio de Materiales y Construcción. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Padrón, E. (2010). Diseño experimentales, con aplicación a la agricultura y la ganadería. D.F. México: Trillas, S.A. de C.V.
- Rivva, E. (2014). Naturaleza y materiales del concreto. Lima, Perú: ICG, Instituto de la Construcción y Gerencia.

RNE, M. (2016). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, Perú: Ministerio de Vivienda.

YATACO, A. (2010). TAJO ABIERTO. Recuperado el 09 de Abril de 2018, de <http://tajoabierto.blogspot.pe/2010/09/que-es-un-limite-maximo-permisible-imp.html>

ANEXOS

Ubicación del proyecto





**Foto 01: Recolección de muestras de residuos mineros**

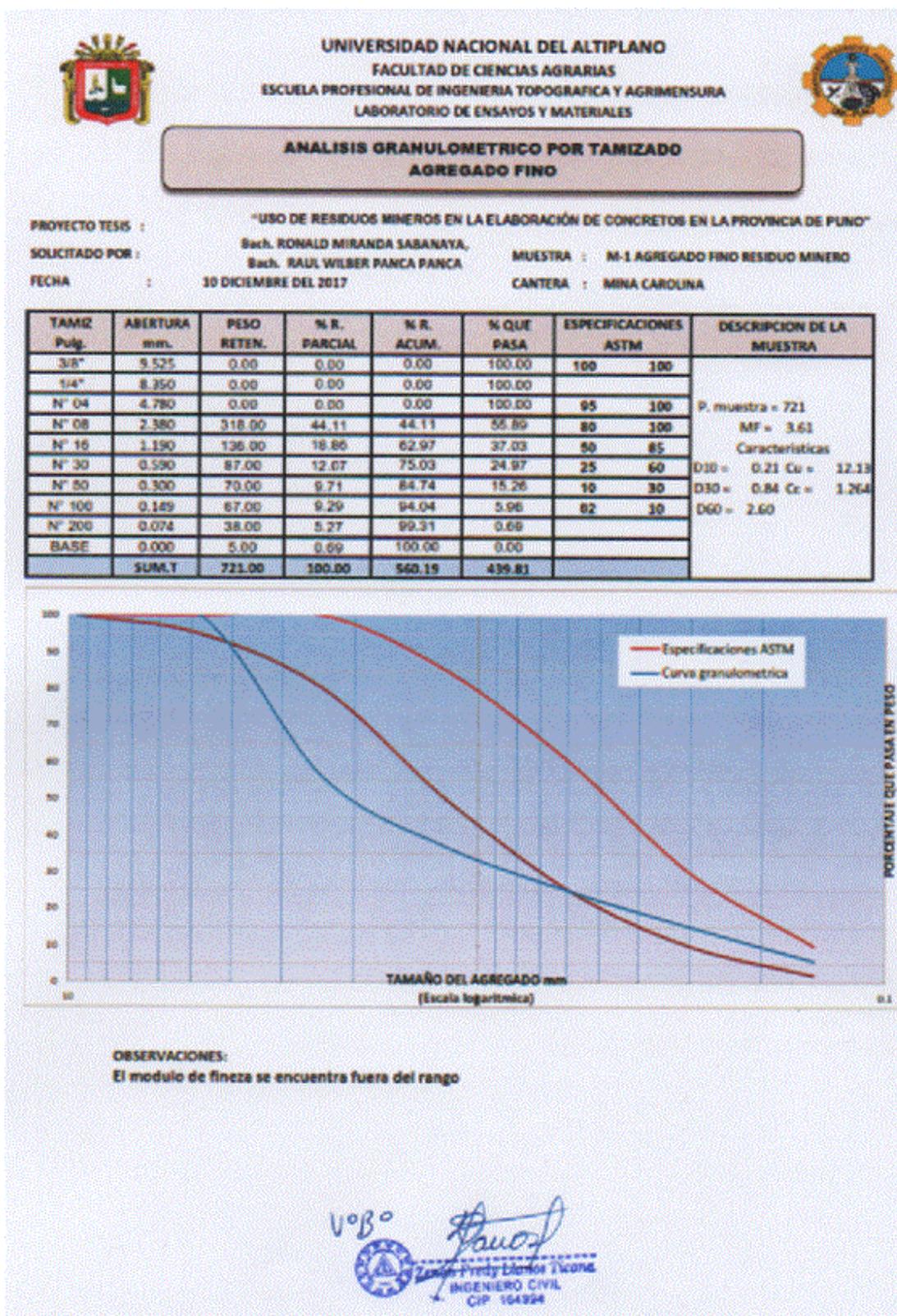


**Foto 02: Proceso de triturado para obtención de agregado de residuo minero**

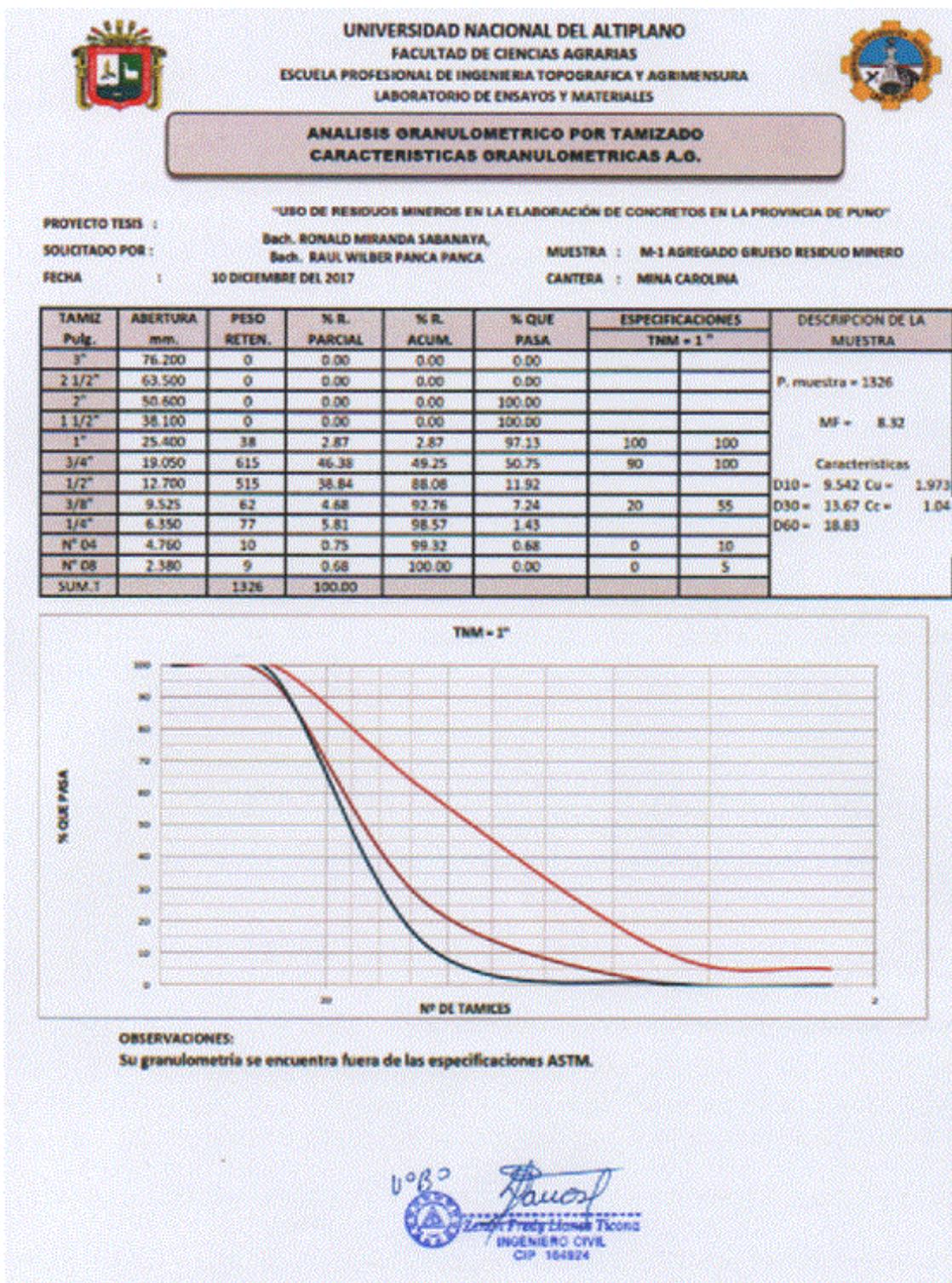


**Foto 03: Proceso de curado del concreto con agregado minero**

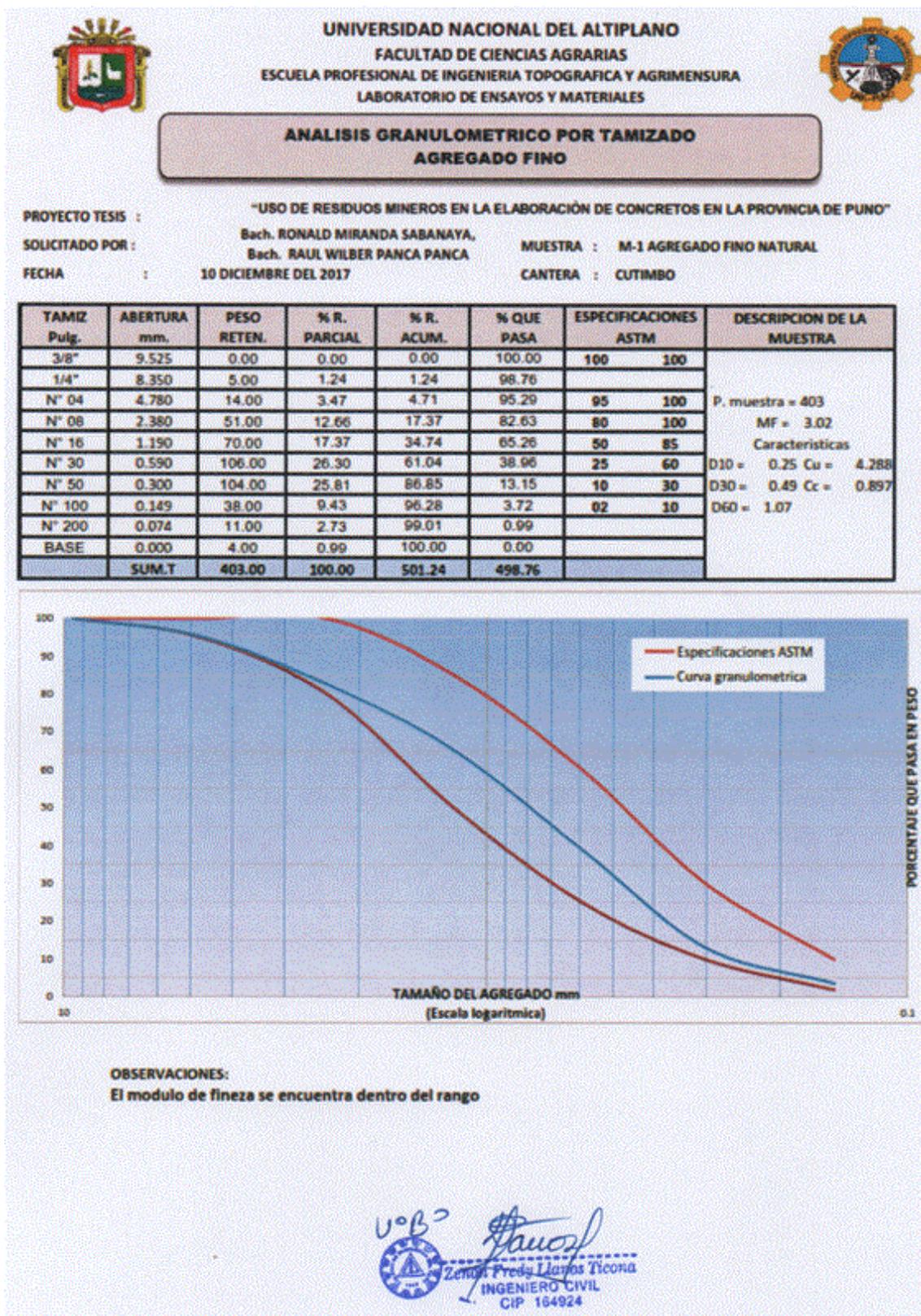
Anexo A: Análisis Granulométrico del agregado fino de residuo minero



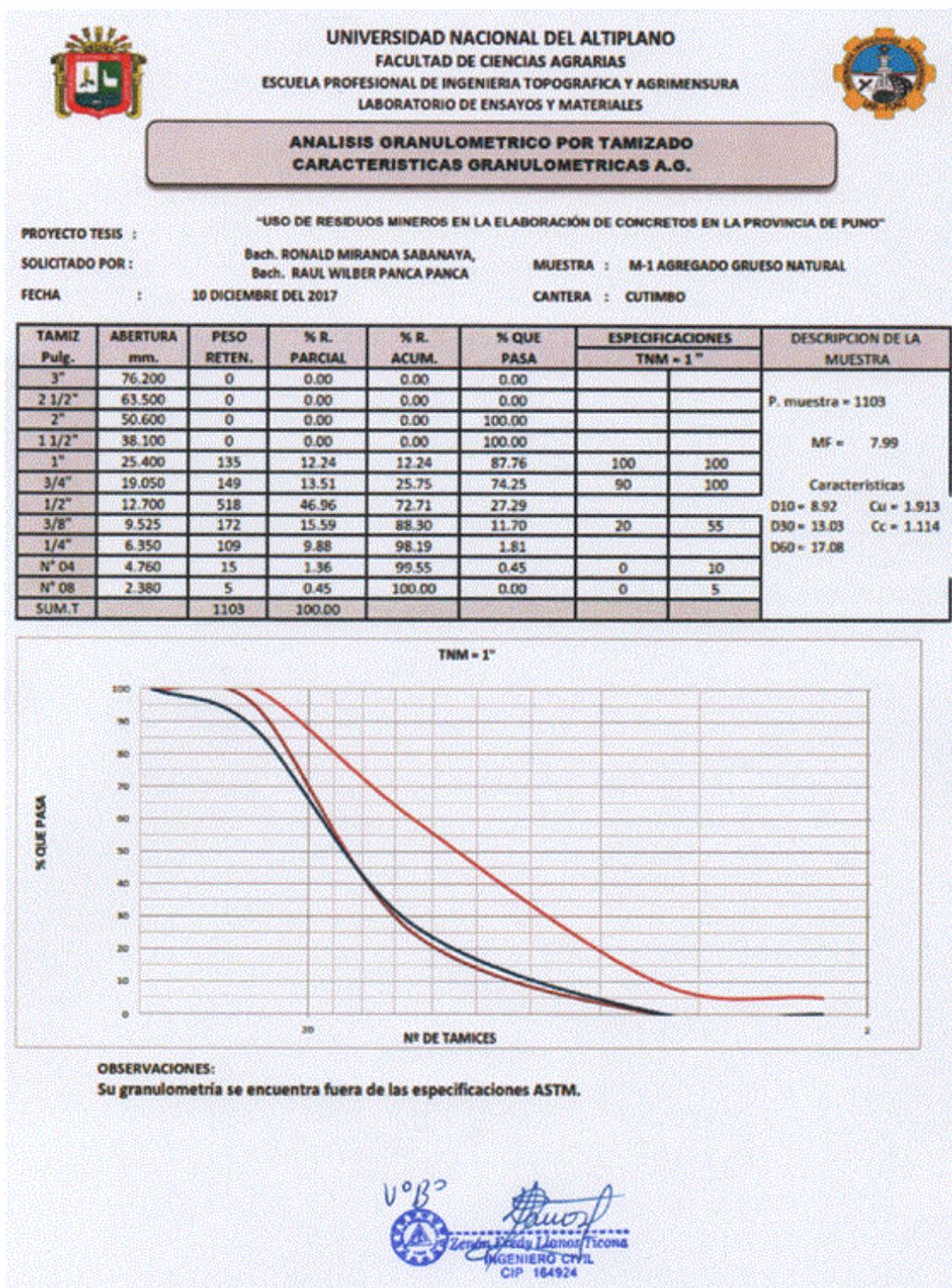
Anexo B: Análisis Granulométrico del agregado grueso residuo minero



Anexo C: Análisis Granulométrico del agregado fino natural



Anexo D: Análisis Granulométrico del agregado grueso natural



Anexo E: Peso específico y absorción del AFRM.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES**



**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION EN EL AGREGADO**

PROYECTO TESIS : "USO DE RESIDUOS MINEROS EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETOS EN LA PROVINCIA DE PUNO"

SOLICITADO POR : Bach. RONALD MIRANDA SABANAYA, MUESTRA : AGREGADO FINO RESIDUO MINERO  
 Bach. RAUL WILBER PANCA PANCA CANTERA : MINA CAROLINA

FECHA : 10 DICIEMBRE DEL 2017

**AGREGADO FINO**

**METODO DEL PIGNOMETRO**

Numero de ensayo		1	2	3	Und.
A	Peso pignometro	306.00	306.00		g
B	Peso pignometro + H2O	862.00	862.00		g
C	Peso pignometro + Msss	882.00	897.00		g
D	Peso pignometro + H2O + Msss	1238.00	1245.00		g
E	Peso charola	273.00	439.00		g
F	Peso charola + M.seco	773.00	954.00		g
G	Peso de la muestra seca (F-E)	500.00	515.00		g
H	Peso de la muestra saturada SS (C-A)	576.00	591.00		g
I	Peso específico (G/(B+H-D))	2.500	2.476		g/cm <sup>3</sup>
<b>Peso específico promedio (%)</b>		<b>2.488</b>			
J	Absorción ((H-G)/G)	15.200	14.757		%
<b>Absorción promedio (%)</b>		<b>14.979</b>			



Anexo F: Peso específico y absorción en el AGRM.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES**



**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION EN EL AGREGADO**

PROYECTO TESIS : "USO DE RESIDUOS MINEROS EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETOS EN LA PROVINCIA DE PUNO"

SOLICITADO POR : Bach. RONALD MIRANDA SABANAYA      MUESTRA : AGREGADO GRUESO RESIDUO MINERO  
 Bach. RAUL WILBER PANCA PANCA

FECHA : 10 DICIEMBRE DEL 2017      CANTERA : MINA CAROLINA

**AGREGADO GRUESO**

**METODO DEL CESTO SUMERGIDO**

Numero de ensayo		1	2	3	Und.
A	Peso del cesto + gancho	984.00	985.00		g
B	Peso del cesto + gancho + Msss	2406.00	2318.00		g
C	Peso del cesto sumergido	938.00	944.00		g
D	Peso del cesto sumergido + Msss	1889.00	1828.00		g
E	Peso charola	441.00	439.00		g
F	Peso charola + material seco	1755.00	1670.00		g
G	Peso de la muestra seca (F-E)	1314.00	1231.00		g
H	Peso del material SSS (B-A)	1422.00	1333.00		g
I	Peso en el agua de la muestra SSS (D-C)	951.00	884.00		g
J	Peso específico (G/(H-I))	2.790	2.742		g/cm <sup>3</sup>
Promedio peso específico			2.766		g/cm <sup>3</sup>
K	Absorción % ((H-G)/G)	8.219	8.286		%
Promedio absorción %			8.253		%



INGENIERO CIVIL  
CIP 164924

Anexo G: Peso específico y absorción en el AFN



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES**



**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION EN EL AGREGADO**

PROYECTO TESIS : "USO DE RESIDUOS MINEROS EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETOS EN LA PROVINCIA DE PUNO"  
 SOLICITADO POR : Bach. RONALD MIRANDA SABANAYA, MUESTRA : AGREGADO FINO NATURAL  
 Bach. RAUL WILBER PANCA PANCA  
 FECHA : 10 DICIEMBRE DEL 2017 CANTERA : CUTIMBO

**AGREGADO FINO**

**METODO DEL PIGNOMETRO**

	Numero de ensayo	1	2	3	Und.
A	Peso pignometro	306.00	307.00		g
B	Peso pignometro + H2O	864.00	864.00		g
C	Peso pignometro + Msss	847.00	848.00		g
D	Peso pignometro + H2O + Msss	1180.00	1188.00		g
E	Peso charola	272.00	439.00		g
F	Peso charola + M.seco	786.00	952.00		g
G	Peso de la muestra seca (F-E)	514.00	513.00		g
H	Peso de la muestra saturada SS (C-A)	541.00	541.00		g
I	Peso especifico (G/(B+H-D))	2.284	2.364		g/cm <sup>3</sup>
<b>Contenido de humedad promedio (%)</b>		<b>2.324</b>			
J	Absorción ((H-G)/G)	5.253	5.458		%
	Absorción promedio	<b>5.356</b>			%



Zenón Freddy Llanos Picona  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 164924

Anexo H: Peso específico y absorción en el AGN



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES**



**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION EN EL AGREGADO**

**PROYECTO TESIS :** "USO DE RESIDUOS MINEROS EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETOS EN LA PROVINCIA DE PUNO"  
**SOLICITADO POR :** Bach. RONALD MIRANDA SABANAYA, MUESTRA : AGREGADO GRUESO NATURAL  
 Bach. RAUL WILBER PANCA PANCA  
**FECHA :** 10 DICIEMBRE DEL 2017 CANTERA : CUTIMBO

**AGREGADO GRUESO**

**METODO DEL CESTO SUMERGIDO**

Numero de ensayo		1	2	3	Und.
A	Peso del cesto + gancho	988.00	988.00		g
B	Peso del cesto + gancho + Msss	1735.00	1633.00		g
C	Peso del cesto sumergido	923.00	922.00		g
D	Peso del cesto sumergido + Msss	1396.00	1337.00		g
E	Peso charola	285.00	440.00		g
F	Peso charola + material seco	1020.00	1076.00		g
G	Peso de la muestra seca (F-E)	735.00	636.00		g
H	Peso del material SSS (B-A)	747.00	645.00		g
I	Peso en el agua de la muestra SSS (D-C)	473.00	415.00		g
J	Peso específico (G/(H-I))	2.682	2.765		g/cm <sup>3</sup>
	Promedio peso específico (G/(H-I))		2.724		g/cm <sup>3</sup>
K	Absorción % ((H-G)/G)	1.633	1.415		%
	Promedio absorción % ((H-G)/G)		1.524		%



Zenón Freddy Llanos Ticona  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 164924

Anexo I: Peso unitario del agregado fino de residuo minero



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES**



**PESOS UNITARIOS DE LOS AGREGADOS**

PROYECTO TESIS : "USO DE RESIDUOS MINEROS EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETOS EN LA PROVINCIA DE PUNO"  
 SOLICITADO POR : Bach. RONALD MIRANDA SABANAYA, MUESTRA : AGREGADO FINO RESIDUO MINERO  
 Bach. RAUL WILBER PANCA PANCA, CANTERA : MINAS CAROLINA  
 FECHA : 10 DICIEMBRE DEL 2017

### AGREGADO FINO

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensaye no.	1	2	3
Molde No.	02	02	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2779.947	2779.947	
Peso del molde (kg)	0.332	0.332	
Peso del agregado suelto + molde (kg)	4.832	4.857	
Peso del agregado suelto en el molde (kg)	4.500	4.525	
Peso volumétrico seco suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1618.736	1627.729	
Peso volumétrico promedio seco suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1623.233		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensaye no.	1	2	3
Molde No.	02	02	02
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2779.947	2779.947	
Peso del molde (kg)	0.332	0.332	
Peso del agregado compactado + molde (kg)	5.302	5.342	
Peso del agregado compactado en el molde (kg)	4.970	5.010	
Peso volumétrico seco compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1787.804	1802.193	
Peso volumétrico promedio seco compact. (kg/m <sup>3</sup> )	1794.998		

vob<sup>o</sup>




Zenon Fredy Llanza Ticona  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 164924

Anexo J: Peso unitario del agregado grueso de residuo minero

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES**

**PESOS UNITARIOS DE LOS AGREGADOS**

PROYECTO TESIS : "USO DE RESIDUOS MINEROS EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETOS EN LA PROVINCIA DE PUNO"  
 SOLICITADO POR : Bach. RONALD MIRANDA SABANAYA, MUESTRA : AGREGADO GRUESO RESIDUO MINERO  
 Bach. RAUL WILBER PANCA PANCA  
 FECHA : 10 DICIEMBRE DEL 2017 CANTERA : MINAS CAROLINA

**AGREGADO GRUESO**

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensaye no.	1	2	3
Molde No.	02	02	02
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	8063.347	8063.347	
Peso del molde (kg)	0.720	0.720	
Peso del agregado suelto + molde (kg)	12.334	12.368	
Peso del agregado suelto en el molde (kg)	11.614	11.648	
Peso volumétrico seco suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1440.345	1444.561	
Peso volumétrico promedio seco suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1442.453		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensaye no.	1	2	3
Molde No.	02	02	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	8063.347	8063.347	
Peso del molde (kg)	0.720	0.720	
Peso del agregado compactado + molde (kg)	13.444	13.522	
Peso del agregado compactado en el molde (kg)	12.724	12.802	
Peso volumétrico seco compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1578.005	1587.678	
Peso volumétrico promedio seco compact. (kg/m <sup>3</sup> )	1582.841		

Zenón Dedy Llanos Piconi  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 164924

Anexo K: Peso unitario del agregado fino natural

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES**

**PESOS UNITARIOS DE LOS AGREGADOS**

PROYECTO TESIS : "USO DE RESIDUOS MINEROS EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETOS EN LA PROVINCIA DE PUNO"

SOLICITADO POR : Bach. RONALD MIRANDA SABANAYA, MUESTRA : AGREGADO FINO NATURAL  
 Bach. RAUL WILBER PANCA PANCA, CANTERA : CUTIMBO

FECHA : 10 DICIEMBRE DEL 2017

**AGREGADO FINO**

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensaye no.	1	2	3
Molde No.	02	02	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2779.947	2779.947	
Peso del molde (kg)	0.332	0.332	
Peso del agregado suelto + molde (kg)	4.653	4.621	
Peso del agregado suelto en el molde (kg)	4.321	4.289	
Peso volumétrico seco suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1554.346	1542.835	
Peso volumétrico promedio seco suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1548.591		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensaye no.	1	2	3
Molde No.	02	02	02
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2779.947	2779.947	
Peso del molde (kg)	0.332	0.332	
Peso del agregado compactado + molde (kg)	5.125	5.180	
Peso del agregado compactado en el molde (kg)	4.793	4.848	
Peso volumétrico seco compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1724.134	1743.918	
Peso volumétrico promedio seco compact. (kg/m <sup>3</sup> )	1734.026		

VºBº

Anexo L: Peso unitario del agregado grueso natural



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES**



**PESOS UNITARIOS DE LOS AGREGADOS**

PROYECTO TESIS : "USO DE RESIDUOS MINEROS EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETOS EN LA PROVINCIA DE PUNO"  
 SOLICITADO POR : Bach. RONALD MIRANDA SABANAYA, MUESTRA : AGREGADO GRUESO NATURAL  
 FECHA : 10 DICIEMBRE DEL 2017, Bach. RAUL WILBER PANCA PANCA, CANTERA : CUTIMBO

### AGREGADO GRUESO

#### PESO UNITARIO SUELTO

Ensaye no.	1	2	3
Molde No.	02	02	02
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	8063.347	8063.347	
Peso del molde (kg)	0.720	0.720	
Peso del agregado suelto + molde (kg)	13.420	13.212	
Peso del agregado suelto en el molde (kg)	12.700	12.492	
Peso volumétrico seco suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1575.028	1549.233	
Peso volumétrico promedio seco suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1562.130		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensaye no.	1	2	3
Molde No.	02	02	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	8063.347	8063.347	
Peso del molde (kg)	0.720	0.720	
Peso del agregado compactado + molde (kg)	14.437	14.376	
Peso del agregado compactado en el molde (kg)	13.717	13.656	
Peso volumétrico seco compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1701.155	1693.589	
Peso volumétrico promedio seco compact. (kg/m <sup>3</sup> )	1697.372		

VºBº



Anexo M: porcentaje que pasa la malla N° 200 agregado lavado



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES**



**PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N° 200**

PROYECTO TESIS : "USO DE RESIDUOS MINEROS EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETOS EN LA PROVINCIA DE PUNO"  
 SOLICITADO POR : Bach. RONALD MIRANDA SABANAYA, MUESTRA : AGREGADO RESIDUO MINERO  
 Bach. RAUL WILBER PANCA PANCA  
 FECHA : 10 DICIEMBRE DEL 2017 CANTERA : MINA CAROLINA

**AGREGADO FINO**

	Numero de ensayo	1	2	3	Und.
A	Peso tamiz N° 200	348.00	349.00		g
B	Peso tamiz + agregado sin lavar	1485.00	1183.00		g
C	Peso charola	444.00	272.00		g
D	Peso charola + agregado seco	1422.00	973.00		g
E	peso de muestra sin lavar	1137.00	834.00		
F	Peso de muestra lavado	978.00	701.00		
G	Porcentaje que pasa N° 200	16.26	18.97		g
		<b>17.615</b>			

**AGREGADO GRUESO**

	Numero de ensayo	1	2	3	Und.
A	Peso tamiz N° 200	670.00	674.00		g
B	Peso tamiz + agregado sin lavar	1427.00	1399.00		g
C	Peso charola	444.00	273.00		g
D	Peso charola + agregado seco	1185.00	982.00		g
E	peso de muestra sin lavar	757.00	725.00		
F	Peso de muestra lavado	741.00	709.00		
G	Porcentaje que pasa N° 200	2.16	2.26		g
		<b>2.208</b>			



UOB  
 Zenon Freddy Llanza Ticona  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 154924

Anexo N: porcentaje que pasa la malla N° 200 agregado natural



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES**



**PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N° 200**

PROYECTO TESIS : "USO DE RESIDUOS MINEROS EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETOS EN LA PROVINCIA DE PUNO"

SOLICITADO POR : Bach. RONALD MIRANDA SABANAYA, MUESTRA : AGREGADO NATURAL  
 Bach. RAUL WILBER PANCA PANCA

FECHA : 10 DICIEMBRE DEL 2017 CANTERA : CUTIMBO

**AGREGADO FINO**

	Numero de ensayo	1	2	3	Und.
A	Peso tamiz N° 200	348.00	345.00		g
B	Peso tamiz + agregado sin lavar	799.00	795.00		g
C	Peso charola	438.00	438.00		g
D	Peso charola + agregado seco	864.00	862.00		g
E	peso de muestra sin lavar	451.00	450.00		
F	Peso de muestra lavado	426.00	424.00		
G	Porcentaje que pasa N° 200	5.87	6.13		g
		6.000			

**AGREGADO GRUESO**

	Numero de ensayo	1	2	3	Und.
A	Peso tamiz N° 200	670.00	670.00		g
B	Peso tamiz + agregado sin lavar	1347.00	1350.00		g
C	Peso charola	444.00	439.00		g
D	Peso charola + agregado seco	1105.00	1100.00		g
E	peso de muestra sin lavar	677.00	680.00		
F	Peso de muestra lavado	661.00	661.00		
G	Porcentaje que pasa N° 200	2.42	2.87		g
		2.648			



U°B°  
 Zenon Freddy Llanos Ticona  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 164924

**Anexo Ñ: Diseño de mecla metodo ACI con agregado fino natural y agregado de residuos mineros.**

DATOS	Agregado fino	Agregado Grueso
Peso Unitario Suelto	1548.59 kg/m3	1442.45 kg/m3
Peso Unitario Compactado	1734.03 kg/m3	1582.84 kg/m3
% de Absorcion	5.3560 %	8.2530 %
Contenido de humedad	1.0500 %	1.8800 %
Peso especifico	2324.00 kg/m3	2766.00 kg/m3
Modulo de fineza	3.02	0.00
TMN AG		1
Perfil de agregado grueso		Angular
<b>Cemento</b>		
Peso Especifico	3.15 gr/m3	
Marca y tipo	IP PUZOLANICO	

**DATOS DE DISEÑO**

Resistencia del concreto 280  
 Ds 0 de 0 ensayos  
 Condiciones normales  
 Plastica 3-4"

**1.- DETERMINACION DE LA RESISTENCIA REQUERIDA**

$$f'_{cr} = f'c + 1.34 Ds$$

$$f'_{cr} = f'c + 2.33 Ds - 35$$

NOTA: Se escoge el valor mayor

**a.- Si el numero de ensayos en mayor a 30**

f'cr = 280  
 f'cr = 245

El mayor es

**b.- Si el numero de ensayos esta entre 15 y 30**

Nunero de ensayos = 22  
 Factor de incremento = 1.06

f'cr = 280.000  
 f'cr = 245.000

El mayor es

**c.- Si el numero de ensayos en menor de 15**

Resistencia del coconreto = 280

f'cr = 364

**Resistencia requerida f'cr = 364.000**

**2.- SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO O SLUMP**

Asentamiento = 

3-4"
------

**3.- SELECCIÓN DEL TAMAÑO MAXIMO**

T.M.N. 

1
---

**4.- SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA DE DISEÑO**

Cantidad de agua = 

193
-----

**5.- SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO**

% de aire atrapado = 

1.5
-----

**6.- RELACION AGUA CEMENTO**

a/c = 

0.466
-------

**7.- CANTIDAD DE CEMENTO**

Cantidad de cemento = 

414.2 kg
----------

Cantidad de c. bolsa = 

9.7 kg
--------

**8.- CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO**

B/Bo = 

0.65
------

Peso del agregado grueso = 

1025.68 kg
------------

**9.- CALCULO DEL VOLUMEN ABSOLUTO**

Cemento	0.131
Agua	0.193
Aire	0.015
Agregado grueso	0.371

Suma de volúmenes conocido 0.710

**10.- CONTENIDO DE AGREGADO FINO**

Volumen de agregado fino = 

0.290
-------

Peso del agregado fino = 

673.27 kg
-----------

**11.- VALORES DE DISEÑO**

cemento	414.2 kg
Agua de diseño	193.00 litros
Agregado fino seco	673.27 kg
Agregado grueso seco	1025.68 kg

**12.- PESO HUMEDO**

\* Coreccion por humedad

Agregado fino =	680.34 kg
Agregado grueso =	1044.96 kg

**13.- APOORTE DE AGUA DE LOS AGREGADOS**

Agregado fino =	-28.99 Litros
Agregado grueso =	-65.37 Litros

Aporte de agua =	-94.36 Litros
------------------	---------------

**14.- AGUA EFECTIVA DE MEZCLADO**

Agua para el mezclado =	287.36 Litros
-------------------------	---------------

**15.- PESO DE LOS MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD**

cimento	414.2 kg
Agua de diseño	287.36 litros
Agregado fino seco	680.34 kg
Agregado grueso seco	1044.96 kg

**16.- PROPORCION EN PESO**

Cemento	1.00
Agregado fino	1.64
Agregado grueso	2.52
Agua	29.49

**17.- PESO POR TANDA DE UN SACO**

Cemento	42.50
Agregado fino	69.81
Agregado grueso	107.23
Agua	29.49

**18.- PESO MUESTRAS DE LABORATORIO**

Volumen de bliquetas	0.005301438
cantidad de bliquetas	3
Porcentaje de desperdicio	25
Volumen de muestra	0.019880391

	AUMENTO DE CEMENTO		
	0	10	20
Cemento	8.2 kg	9.1 kg	9.9 kg
Agregado fino	13.5 kg	13.5 kg	13.5 kg
Agregado grueso	20.8 kg	20.8 kg	20.8 kg
Agua	5.71 Litros	5.71 Litros	5.71 Litros

UOB  

 Freddy Llanos Ticona  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 164924

**Anexo O: Diseño de mecla metodo ACI con agregado fino y grueso natural.**

DATOS	Agregado fino	Agregado Grueso
Peso Unitario Suelto	1548.59 kg/m3	1562.13 kg/m3
Peso Unitario Compactado	1734.03 kg/m3	1697.37 kg/m3
% de Absorcion	5.3560 %	1.5240 %
Contenido de humedad	1.0500 %	0.5000 %
Peso especifico	2324.00 kg/m3	2703.00 kg/m3
Modulo de fineza	3.02	0.00
TMN AG		1
Perfil de agregado grueso		Redondo
<b>Cemento</b>		
Peso Especifico	3.15 gr/m3	
Marca y tipo	IP PUZOLANICO	

**DATOS DE DISEÑO**

Resistencia del concreto 280  
 Ds 0 de 0 ensayos  
 Condiciones normales  
 Plastica 3-4"

**1.- DETERMINACION DE LA RESISTENCIA REQUERIDA**

$$f'_{cr} = f'c + 1.34 Ds$$

$$f'_{cr} = f'c + 2.33 Ds - 35$$

NOTA: Se escoge el valor mayor

**a.- Si el numero de ensayos en mayor a 30**

f'cr = 280  
 f'cr = 245

El mayor es

**b.- Si el numero de ensayos esta entre 15 y 30**

Nunero de ensayos = 22  
 Factor de incremento =

f'cr = 280.000  
 f'cr = 245.000

El mayor es

**c.- Si el numero de ensayos en menor de 15**

Resistencia del cocnreto = 280  
 f'cr =

**Resistencia requerida f'cr =**

**2.- SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO O SLUMP**

Asentamiento =

**3.- SELECCIÓN DEL TAMAÑO MAXIMO**

T.M.N.

**4.- SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA DE DISEÑO**

Cantidad de agua =

**5.- SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO**

% de aire atrapado =

**6.- RELACION AGUA CEMENTO**

a/c =

**7.- CANTIDAD DE CEMENTO**

Cantidad de cemento =	414.2 kg
Cantidad de c. bolsa =	9.7 kg

**8.- CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO**

B/Bo =	0.65
Peso del agregado grueso =	1099.90 kg

**9.- CALCULO DEL VOLUMEN ABSOLUTO**

Cemento	0.131
Agua	0.193
Aire	0.015
Agregado grueso	0.407

Suma de volúmenes conocido	0.746
----------------------------	-------

**10.- CONTENIDO DE AGREGADO FINO**

Volumen de agregado fino =	0.254
Peso del agregado fino =	589.37 kg

**11.- VALORES DE DISEÑO**

cemento	414.2 kg
Agua de diseño	193.00 litros
Agregado fino seco	589.37 kg
Agregado grueso seco	1099.90 kg

**12.- PESO HUMEDO**

\* Correccion por humedad

Agregado fino =	595.56 kg
Agregado grueso =	1105.40 kg

**13.- APORTE DE AGUA DE LOS AGREGADOS**

Agregado fino =	-25.38 Litros
Agregado grueso =	-11.26 Litros
Aporte de agua =	-36.64 Litros

**14.- AGUA EFECTIVA DE MEZCLADO**

Agua para el mezclado =	229.64 Litros
-------------------------	---------------

**15.- PESO DE LOS MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD**

cemento	414.2 kg
Agua de diseño	229.64 Litros
Agregado fino seco	595.56 kg
Agregado grueso seco	1105.40 kg

**16.- PROPORCION EN PESO**

Cemento	1.00
Agregado fino	1.44
Agregado grueso	2.67
Agua	23.57

**17.- PESO POR TANDA DE UN SACO**

Cemento	42.50
Agregado fino	61.11
Agregado grueso	113.43
Agua	23.57

**18.- PESO MUESTRAS DE LABORATORIO**

Volumen de bliquetas	0.005301438
cantidad de bliquetas	3
Porcentaje de desperdicio	25
Volumen de muestra	0.019880391

	AUMENTO DE CEMENTO		
	0	10	20
Cemento	8.2 kg	9.1 kg	9.9 kg
Agregado fino	11.8 kg	11.8 kg	11.8 kg
Agregado grueso	22.0 kg	22.0 kg	22.0 kg
Agua	4.57 Litros	4.57 Litros	4.57 Litros

U<sup>o</sup>B<sup>o</sup>  
  
 Fredy Llanos Ticona  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 164924

Anexo P: Prueba de resistencia a la compresion en concretos con ARM.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA



**ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS**

PROYECTO TESIS : Bach. RONALD MIRANDA SABANAYA,  
SOLICITADO POR : RAUL WILBER PANCA PANCA  
FECHA : 15 ENERO DEL 2017

"USO DE RESIDUOS MINEROS EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETOS EN LA PROVINCIA DE PUNO"  
Bach.  
MUESTRA : AGREGADO FINO Y GRUESO RESIDUO MINERO  
CANTERA : CUTIMBO

Nº	Peso (kg)	Diámetro			Area (cm2)	Altura			Volumen (cm3)	Peso unitario (kg/m3)	Resistencia (KN)	F <sub>c</sub> (kg/cm2)	Adicion de cemento	Proceso de curado
		1	2	3		1	2	3						
1	12.616	15.1	14.9	15.0	176.7	30.4	30.1	30.4	5354.5	2356.2	349.7	201.7	0%	si
2	12.671	15.3	14.5	14.9	174.4	30.4	30.3	30.3	5289.1	2395.7	315.1	184.2	0%	si
3	12.256	14.7	14.9	14.8	172.0	30.4	30.2	30.5	5224.1	2346.1	171.5	101.6	0%	no
4	12.239	14.8	14.9	15.0	174.4	30.3	30.6	30.2	5294.9	2311.5	172.8	101.0	0%	no
5	12.764	15.0	15.0	14.9	175.9	30.0	30.1	30.1	5289.6	2413.0	366.0	212.1	10%	si
6	12.738	15.3	15.0	15.1	179.9	30.3	30.4	30.2	5450.1	2337.2	371.7	210.6	10%	si
7	12.059	15.0	15.1	15.3	179.9	30.1	30.4	30.3	5444.1	2215.1	186.0	105.4	10%	no
8	12.109	15.1	15.3	15.1	180.7	30.0	30.5	30.3	5468.1	2214.5	182.7	103.1	10%	no
9	12.980	14.3	14.7	14.9	168.2	30.1	30.6	30.7	5123.9	2533.2	378.1	229.1	20%	si
10	12.824	14.8	14.8	14.7	171.3	30.6	30.3	30.6	5223.4	2455.1	460.0	273.8	20%	si
11	11.771	14.7	14.7	14.9	171.3	30.4	30.4	30.5	5212.0	2258.4	188.0	111.9	20%	no
12	11.785	14.9	14.8	14.7	172.0	30.5	30.5	30.2	5229.8	2253.4	190.1	112.6	20%	no

UOB



INGENIERO CIVIL  
CIP 104924

Anexo Q: Prueba de resistencia a la compresion en concretos con AN.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA



**ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS**

"USO DE RESIDUOS MINEROS EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETOS EN LA PROVINCIA DE PUNO"

PROYECTO TESIS :  
SOLICITADO POR :  
FECHA :

Bach. RONALD MIRANDA SABANAYA,  
RAUL WILBER PANCA PANCA

Bach. MUESTRA : AGREGADO FINO Y GRUESO NATURAL  
CANTERA : CUTIMBO

15 ENERO DEL 2017

Nº	Peso (kg)	Diámetro			Area (cm2)	Altura			Volumen (cm3)	Peso unitario (kg/m3)	Resistencia (KN)	f'c (kg/cm2)	Adicion de cemento	Proceso de curado
		1	2	3		1	2	3						
1	11.844	15.0	14.9	15.1	176.7	30.0	30.0	30.1	30.0	5307.3	287.8	166.0	0%	si
2	11.673	15.0	15.2	15.0	178.3	30.1	30.1	30.2	30.1	5372.4	273.4	156.3	0%	si
3	11.605	15.0	15.2	15.3	180.7	30.1	30.0	30.1	30.1	5431.9	151.7	85.6	0%	no
4	11.577	15.3	15.4	15.4	185.5	30.1	30.1	29.1	29.8	5520.5	140.9	77.4	0%	no
5	11.888	15.2	15.2	15.4	183.1	30.1	30.0	30.1	30.1	5503.8	431.0	240.0	10%	si
6	11.738	15.1	15.2	15.2	180.7	30.0	30.0	29.9	30.0	5413.9	382.3	215.7	10%	si
7	11.336	15.2	14.9	15.0	177.5	29.9	29.9	30.0	29.9	5313.2	176.2	101.2	10%	no
8	11.305	15.3	15.5	15.5	187.1	30.2	30.2	30.0	30.1	5637.1	162.5	88.5	10%	no
9	12.793	15.5	15.6	15.7	191.1	30.6	30.6	30.6	30.6	5848.7	548.0	292.3	20%	si
10	12.16	15.4	15.5	15.5	187.9	30.2	30.0	30.0	30.1	5649.0	579.4	314.4	20%	si
11	12.166	15.5	15.4	15.6	188.7	30.5	30.6	30.5	30.5	5761.4	248.7	134.4	20%	no
12	12.133	15.6	15.4	15.4	187.9	30.4	30.4	30.5	30.4	5717.9	234.8	127.4	20%	no



INGENIERO CIVIL  
CIP 184924

**Anexo R: Orden de servicio para análisis de agua.**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO Megalab. De Investigación de Control y Calidad Ambiental		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 30%;">Nº VOUCHER</th> <th style="width: 30%;">Nº O/S</th> <th style="width: 40%;">FECHA</th> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">009</td> <td style="text-align: center;">16/03/2018</td> </tr> </table>	Nº VOUCHER	Nº O/S	FECHA		009	16/03/2018
Nº VOUCHER	Nº O/S	FECHA						
	009	16/03/2018						
<b>ORDEN DE SERVICIOS</b>								
<b>Solicitado por:</b>		Ronald Miranda Sabanaya 43511624 <a href="mailto:ronald_rms_3@hotmail.com">ronald_rms_3@hotmail.com</a> y Raul Wilber Panca Panca						
<b>Denominación de Ensayos:</b>		Análisis de agua por ICP "Uso de residuos mineros en la elaboración de concreto en la provincia de puno"						
<b>Lugar de Ejecución:</b>		Puno, Puno Puno CIP Minas Carolina						
<b>Monto a pagar en el Banco de la Nación (soles)</b>		<b>300.00</b>						
<b>SERVICIOS</b>								
<b>Código</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Norma</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Cant. Días</b>	<b>Precio Uní.</b>	<b>Total</b>		
002	2		Análisis de aguas espectrofotometría ICP	10	150.00	300.00		
<b>TOTAL (S/.)</b>						<b>300.00</b>		
<b>VALIDADO</b>			<b>MADEJADO</b>					
			<b>SOLICITANTE</b>					
			Ronald Miranda Sabanaya 958166538-969710149					
v: El pago se realizara en el Banco de la Nación en cuenta corriente de la Universidad nacional del Altiplano Nº Cuenta: <b>0701-049551</b> . Cuenta Unidad de Laboratorio								

**Banco de la Nación** 28/03/2018

RUC : 20100030595  
DEPOSITO EN EFECTIVO CTA. CTE. MN  
F.P. : 28/03/2018

CUENTA : 00-701-049551  
TITULAR : UNIV. NAC. DEL ALTIPLANO-ROR

IMPORTE : S/ \*\*\*\*\*300.00

PAGO COMISION : S/ \*\*\*\*\*0.00  
ITF COMISION : S/ \*\*\*\*\*0.00  
ITF C/CTA. : S/ \*\*\*\*\*0.00

DEPOSITANTE :  
MIRANDA SABANAYA RONALD  
DNI 43511624  
8231846 8700 8700 9502 14:31  
059700217 CLIENTE

00316565-5-J

Anexo S: Resultados del análisis de agua.

Página 1 de 3

USO DE RESIDUOS MINEROS EN LA ELABORACION DE CONCRETO. Informe Tabular 21/03/2018, 09:08:47 a.m.

**Parámetros método**

**Lineas de análisis**

Nombre	El	Long. Onda	Tipo	I/S	Modo fondo	PPP	OBCL	OBCR
Al 396.152	Al	396.152	Analito	-	Adaptado	2		
As 188.980	As	188.980	Analito	-	Adaptado	2		
Ba 233.527	Ba	233.527	Analito	-	Adaptado	2		
Cd 214.439	Cd	214.439	Analito	-	Adaptado	2		
Co 238.892	Co	238.892	Analito	-	Adaptado	2		
Cr 267.716	Cr	267.716	Analito	-	Adaptado	2		
Cu 324.754	Cu	324.754	Analito	-	Adaptado	2		
K 769.897	K	769.897	Analito	-	Adaptado	2		
Mn 257.610	Mn	257.610	Analito	-	Adaptado	2		
Mo 202.032	Mo	202.032	Analito	-	Adaptado	2		
Ni 231.604	Ni	231.604	Analito	-	Adaptado	2		
Pb 220.353	Pb	220.353	Analito	-	Adaptado	2		
Se 196.026	Se	196.026	Analito	-	Adaptado	2		
Sr 407.771	Sr	407.771	Analito	-	Adaptado	2		
Zn 206.200	Zn	206.200	Analito	-	Adaptado	2		

**Grupo condiciones (Todas las lineas comparten conjunto de condiciones)**

Pot.(kW)	PlasFlujo(L/min)	Flujo aux. (L/min)	NebFlujo(L/min)	Tiempo réplica(s)	Tiempo estab. (s)	Multi Marco
1.00	15.0	1.50	0.70	5.000	15	Enc.

**Introducción muestra**

Toma muestra (s)	Tiempo lavado(s)	Vel. bomba (rpm)	Bombeo rápido
30	60	15	Enc.

**Cond. generales**

**Réplicas**

3

**Cond. de calibración**

Modo Calib.	N° patrones	Límite Coef Corr	Ajustes pend.
Cuantitativo	1	0.995000	Apag.

**Concentración patrón**

El	Unidades	Patrón I
Al	mg/L	5.00000
As	mg/L	5.00000
Ba	mg/L	5.00000
Cd	mg/L	5.00000
Co	mg/L	5.00000
Cr	mg/L	5.00000
Cu	mg/L	5.00000
K	mg/l.	50.00000
Mn	mg/L	5.00000
Mo	mg/l.	5.00000
Ni	mg/L	5.00000
Pb	mg/l.	5.00000
Se	mg/L	5.00000
Sr	mg/L	5.00000
Zn	mg/L	5.00000

**Parámetros Calib.**

Nombre	Por Blc.	P/Ajus	ipo de curv.	Error máx	Conc Min	Conc máx E/Curva %/ Curva %
Al 396.152	Apag.	Apag.	Lineal	5.0	0.00000	100.00000 25 400

**Anexo T: Distribución t. probabilidad de obtener un valor mayor o igual que t, sin importar el signo.**

<i>Grados de libertad</i>	0.100	0.050	0.010	0.001
1	6.314	12.706	63.657	
2	2.920	4.303	9.925	31.598
3	2.353	3.182	5.841	12.941
4	2.132	2.776	4.604	8.610
5	2.015	2.571	4.032	6.859
6	1.943	2.447	3.707	5.959
7	1.895	2.365	3.499	5.405
8	1.860	2.306	3.355	5.041
9	1.833	2.262	3.250	4.781
10	1.812	2.228	3.169	4.587
11	1.796	2.201	3.106	4.437
12	1.782	2.179	3.055	4.318
13	1.771	2.160	3.012	4.221
14	1.761	2.145	2.977	4.140
15	1.753	2.131	2.947	4.073
16	1.746	2.120	2.921	4.015
17	1.740	2.110	2.898	3.965
18	1.734	2.101	2.878	3.922
19	1.729	2.093	2.861	3.883
20	1.725	2.086	2.845	3.850
21	1.721	2.080	2.831	3.819
22	1.717	2.074	2.819	3.792
23	1.714	2.069	2.807	3.767
24	1.711	2.064	2.797	3.745
25	1.708	2.060	2.787	3.725
26	1.706	2.056	2.779	3.707
27	1.703	2.052	2.771	3.690
28	1.701	2.048	2.763	3.674
29	1.699	2.045	2.756	3.659
30	1.697	2.042	2.750	3.646
35	1.690	2.030	2.724	3.591
40	1.684	2.021	2.704	3.551
45	1.680	2.014	2.690	3.520
50	1.676	2.008	2.678	3.496
55	1.673	2.004	2.669	3.476
60	1.671	2.000	2.660	3.460
70	1.667	1.994	2.648	3.435
80	1.665	1.989	2.638	3.416
90	1.662	1.986	2.631	3.402
100	1.661	1.982	2.625	3.390
120	1.658	1.980	2.617	3.373
$\infty$	1.6448	1.9600	2.5758	3.2905

Fuente: (Padrón, 2010)