

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



**“INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE MEZCLA Y RESISTENCIA EN  
CONCRETOS CON LA DISMINUCIÓN DEL MATERIAL FINO  
PASANTE DEL TAMIZ N° 200 (ASTM), ELABORADOS EN LA  
CIUDAD DE PUNO”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**RUBÉN ALEXANDER PACSI CATACTORA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR**

**PROMOCION 2013-I**

**PUNO – PERÚ**

**2018**

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

**“INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE MEZCLA Y RESISTENCIA EN  
CONCRETOS CON LA DISMINUCIÓN DEL MATERIAL FINO PASANTE  
DEL TAMIZ N° 200 (ASTM), ELABORADOS EN LA CIUDAD DE PUNO”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

RUBÉN ALEXANDER PACSI CATACORÁ

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR

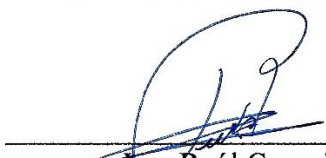
FECHA DE SUSTENTACION: 27 DE ABRIL DEL 2018

**APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:**

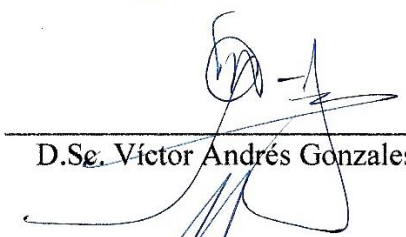
**PRESIDENTE:**

  
M.Sc. Víctor Manuel Espinoza Pinedo


**PRIMER MIEMBRO:**

  
Ing. Raúl Cornejo Calvo

**SEGUNDO MIEMBRO:**

  
D.Sg. Víctor Andrés Gonzales Gonzales

**DIRECTOR / ASESOR:**

  
M.Sc. Jorge Luis Aroste Villa

PUNO – PERÚ  
2018

Área : Ciencias sociales

Tema : Diseño gestión y gerencia de vías



## DEDICATORIA

A mi madre Victoria por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores y por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor.

A La Universidad Nacional del Altiplano, a la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura por sus valiosas enseñanzas por haberme asistido en mi formación Profesional.

A mi esposa Ninfa, mis padres políticos Domingo y Rosa por su apoyo y ánimo que me brinda día con día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.

A mis adorados hijos Reyner y Luz Yamila, quienes son el motor que me empuja día a día, siempre cuidaré para verlos hechos personas capaces y que puedan valerse por sí mismos.

A mis amistades que estuvieron en momentos muy importantes que compartimos ideas y conocimiento en nuestra formación profesional y en especial en mis años de carrera universitaria.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco:

A la Universidad Nacional del Altiplano, a los docentes y trabajadores administrativos de la Facultad de Ciencias Agrarias en especial, a la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, quienes aportaron y contribuyeron con sus conocimientos en mi formación profesional.

Especial reconocimiento y agradecimiento al Ing. Jorge Luís Aroste Villa por sus sabios conocimientos, su don de gente, por su mística profesional y sobre todo por su inestimable apoyo y confianza depositada en mi persona, que bajo su dirección en calidad de director de tesis se culminó el presente trabajo

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
RESUMEN .....	12
ABSTRACT.....	13
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
2.1. REFERENCIAS TEÓRICAS.....	16
2.1.1. Los agregados .....	16
2.1.2. Clasificación .....	16
2.1.3. Análisis físicos en el agregado .....	17
2.1.4. Cemento.....	23
2.1.5. Agua.....	24
2.1.6. El diseño de mezclas de concreto .....	24
2.2. ANTECEDENTES .....	36
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>39</b>
3.1. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
3.1.1. Diseño de la investigación.....	39
3.1.2. Tipo de investigación.....	39
3.1.3. Ámbito de estudio.....	39
3.1.4. Población y muestra.....	40
3.1.4.1. Agregados naturales.....	40
3.1.4.2. Agregados naturales lavados .....	40
3.2. METODOLOGÍA.....	40

3.2.1.	Determinación de las características físicas en los agregados .....	40
3.2.2.	Diseño de mezclas. ....	42
3.2.3.	Curado de especímenes en el laboratorio. ....	43
3.2.4.	Prueba de especímenes a compresión.....	43
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>44</b>
4.1.	RESULTADOS .....	44
4.1.1.	Propiedades físicas de los agregados .....	44
4.1.2.	Aspecto visual de los agregados .....	44
4.1.3.	Análisis granulométrico.....	44
4.1.4.	Peso específico y absorción de los agregados .....	46
4.1.5.	Porcentaje que pasa la malla N° 200.....	51
4.1.6.	Diseño de mezcla.....	52
4.1.7.	Resistencia a la compresión y peso volumétrico del concreto .....	60
4.2.	DISCUSIÓN .....	61
4.2.1.	Prueba estadística. ....	61
4.2.2.	Planteamiento de hipótesis .....	63
4.2.3.	Análisis granulométrico.....	64
4.2.4.	Peso específico .....	66
4.2.5.	Absorción.....	68
4.2.6.	Pesos volumétricos .....	70
4.2.7.	Peso volumétrico seco compactado .....	72
4.2.8.	Porcentaje que pasa la malla N°200.....	74
4.2.9.	Diseño de mezcla.....	76

4.2.10. Resistencia .....	77
4.2.11. Peso volumétrico del concreto.....	80
CONCLUSIONES .....	84
RECOMENDACIONES.....	85
REFERENCIAS.....	86
ANEXOS .....	87

**ÍNDICE DE TABLAS**

	<b>Pág.</b>
Tabla 01: Gramulometria del agregado fino.....	20
Tabla 02: Factor de corrección de la desviación estándar .....	27
Tabla 03: Resistencia a la compresión promedio .....	28
Tabla 04: Asentamiento recomendado según consistencia .....	29
Tabla 05: Contenido de aire atrapado.....	31
Tabla 06: Volumen unitario de agua .....	31
Tabla 07: Relación agua/cemento por resistencia .....	32
Tabla 08: Relación a/c por durabilidad.....	33
Tabla 09: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	34
Tabla 10: Resumen del análisis granulométrico.....	45
Tabla 11: Resumen de los TN y TMN del AGR .....	46
Tabla 12: Resumen del Peso específico del AF. ....	47
Tabla 13: Resumen del Peso específico AG.....	48
Tabla 14: Resumen de la absorción de los agregados .....	49
Tabla 15: Peso Volumétrico Seco Suelto .....	50
Tabla 16: Peso Volumétrico Seco compactado .....	51
Tabla 17: Porcentaje que pasa la malla N° 200 .....	52
Tabla 18: Datos del agregado natural .....	53
Tabla 19: Resumen de materiales secos por 1 m <sup>3</sup> de concreto.....	54
Tabla 20: Resumen de materiales secos por m <sup>3</sup> de concreto .....	54
Tabla 21: Cantidad de materiales húmedos para 1 m <sup>3</sup> en diseño corregido .....	56



Tabla 22: Cantidad de material para pruebas de laboratorio .....	56
Tabla 23: Datos del agregado fino natural.....	57
Tabla 24: Resumen de materiales secos por 1 m <sup>3</sup> de concreto .....	58
Tabla 25: Resumen de materiales secos por m <sup>3</sup> de concreto .....	58
Tabla 26: Cantidad de materiales húmedos para 1 m <sup>3</sup> en diseño corregido .....	60
Tabla 27: Resistencia de concretos con agregados lavados, adicionando 10 y 20% de cemento sobre el diseño original, y procesos de curado .....	61
Tabla 28: Resistencia de concretos con agregados naturales, adicionando 10 y 20% de cemento sobre el diseño original, y procesos de curado .....	61
Tabla 29: Resumen Estadístico Análisis granulométrico del AG. ....	64
Tabla 30: Resumen Estadístico Análisis granulométrico del AF. ....	65
Tabla 31: Resumen Estadístico Paso Especifico del AG. ....	67
Tabla 32: Resumen Estadístico Peso específico del AF.....	67
Tabla 33: Resumen Estadístico de Absorción AG. ....	69
Tabla 34: Resumen Estadístico de Absorción AF. ....	69
Tabla 35: Resumen Estadístico Peso Volumétrico Suelto del AG. ....	71
Tabla 36: Resumen Estadístico Peso Volumétrico Suelto AF. ....	71
Tabla 37: Resumen Estadístico Peso Volumétrico Compactado AG. ....	73
Tabla 38: Resumen Estadístico Peso Volumétrico Compactado AF. ....	73
Tabla 39: Resumen Estadístico material más fino del AG. ....	75
Tabla 40: Resumen Estadístico material más fino del AG. ....	75
Tabla 41: Datos de los diseño de mezcla para análisis estadístico.....	76
Tabla 42: Resumen Estadístico de los diseños de mezcla .....	76
Tabla 43: Diseño experimental, resistencia de los concretos. ....	77

Tabla 44: Análisis de Varianza para resistencia del concreto .....	78
Tabla 45: Método: 95.0 porcentaje Tukey, contraste lavado – sin lavar.....	79
Tabla 46: Método: 95.0 porcentaje Tukey constraste curado – sin curar.....	80
Tabla 47: Diseño experimental, peso volumétrico de los concretos. ....	81
Tabla 48: Análisis de Varianza para peso volumétrico .....	81
Tabla 49: Pruebas de Múltiple Rangos para peso volumétrico por curado .....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 01: Comparación granulométrica de los AG.....	64
Figura 02: Comparación granulométrica de los AF. ....	65
Figura 04: Comparación de absorción de los agregados. ....	68
Figura 05: Comparación de datos de los peso volumétricos .....	70
Figura 06: Comparación de los peso volumétricos compactados .....	72
Figura 07: Comparación del porcentaje que pasa la Malla 200. ....	74
Figura 08: Resistencia del concreto relacionado al curado y cemento.....	79
Figura 09: Resistencia del concreto relacionado al curado y agregado.....	80
Figura 10: Peso volumétrico del concreto relacionado al curado y agregado .....	82
Figura 11: Peso volumétrico del concreto relacionado al cemento y agregado .....	83

## RESUMEN

El proyecto se realizó en la Ciudad de Puno, en la Ciudad Universitaria de la UNA – Puno, investigándose los agregados usados por EMSA-Puno en las obras de instalaciones y reparaciones de tuberías de agua, las cuales presentan gran cantidad de material fino pasante la malla N° 200, las que posiblemente alteran las propiedades físicas en el agregado y la resistencia en el concreto. Para ello se ha disminuido el porcentaje de fino por proceso de lavado de los agregados. Los resultados son que los agregados lavados alteran las propiedades físicas de los agregados finos, lo que no ocurre en los agregados gruesos. Los diseños de mezclas elaborados con agregados lavados y naturales no presentan diferencia significativa referente a los materiales que intervienen. Se consigue mayores resistencias del concreto con el uso de agregados lavados, con una diferencia estadística de 152.1%, en comparación con los agregados de tajo abierto, siempre y cuando se le dé un adecuado proceso de curado, de lo contrario disminuye significativamente su resistencia a la compresión. Se necesita un aumento de cemento cercano al 10% del diseño original para alcanzar una resistencia optima con agregados lavados, contrariamente sucede con los agregados sin lavar, las cuales necesitan cemento superior al 30% de aumento, en referencia al diseño original. Con el uso de agregados lavados se obtienen concretos con mayor peso volumétrico, sin embargo si este no recibe un adecuado proceso de curado esta tiende a descender cercano a un 64.4%.

**Palabras clave:** Agregados lavados, diseño de mezcla, influencia de finos en el concreto, reducción de finos en el agregado, resistencia del concreto.

### ABSTRACT

The project was carried out in the City of Puno, in the university city of UNA - Puno, investigating the aggregates used by EMSA - Puno in the works of installations and repairs of water pipes, which present a great amount of thin material through No. 200 mesh, which possibly alter the physical properties in the aggregate and the strength in the concrete. For this, the fine percentage has been reduced by the washing process of the aggregates. The results are that the washed aggregates alter the physical properties of the fine aggregates, which does not occur in coarse aggregates. Mix designs made with washed and natural aggregates do not present significant differences regarding the materials involved. Greater resistances of the concrete are obtained with the use of washed aggregates, with a statistical difference of 152.1%, in comparison with the aggregates of open pit, as long as it is given an adequate curing process, otherwise it significantly decreases its resistance to the compression. An increase of cement close to 10% of the original design is needed to achieve an optimum resistance with washed aggregates, contrary to the unwashed aggregates, which need cement greater than 30% increase, in reference to the original design. With the use of washed aggregates concrete with greater volumetric weight is obtained, however if it does not receive an adequate curing process it tends to descend close to 64.4%.

**Keywords:** Aggregates washed, mix design, influence of fines in the concrete, reduction of fines in the aggregate, resistance of the concrete.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el concreto viene siendo utilizado como elemento de construcción en las obras de ingenierías, esto por su resistencia y bajo costo de producción, en comparación con los elementos de acero estructural.

El concreto se obtiene a través de un diseño de mezcla, que calcula las proporciones de mezclado de agregados finos y gruesos, cemento y agua, considerando las propiedades de físicas y mecánicas de los agregados, con la finalidad de obtener un concreto resistente a esfuerzos a compresión.

Estos agregados finos y gruesos deben de cumplir características técnicas sugeridas por las normas ASTM, RNE, INTINTEC, etc, por lo cual se debe de buscar canteras en la que se pueda conseguir materiales que satisfagan dichos requisitos.

Uno de los requisitos es el porcentaje de material más fino que pasa el tamiz 200.

En la Ciudad de Puno, en los proyectos que se vienen ejecutando en la construcción de pistas y veredas, y especialmente en las obras de construcción, habilitación y/o reparación de líneas de redes de agua potable, se han elaborado concretos con agregados extraídos de canteras de lechos y fondos de ríos (agregado grueso) y a tajo abierto (agregado fino).

Se ha observado que el agregado grueso y fino de tajo abierto presenta alto contenido de material más fino que pasa el tamiz N° 200, que generalmente están clasificados como arcillas y limo, por lo que se puede suponer que sea perjudicial en las características físicas de los agregados y en la trabajabilidad y resistencia del concreto elaborados con ella.

En la presente investigación se ha determinado la influencia que presenta estos finos pasante el tamiz N° 200 en las características físicas de los agregados, resistencia del concreto. Para ello se ha analizado las características físicas de los agregados gruesos y finos lavados, con la que se ha realizado el diseño de mezcla por el método ACI, elaborándose el concreto con resistencia de diseño de 280 kg/cm<sup>2</sup>, analizándose las pruebas de resistencia a la compresión. Los resultados han sido comparado con los obtenidos con agregado fino y gruesos provenientes de tajo abierto. Se han analizado

análisis estadístico de comparación de dos muestras aplicando el T Studen con una significancia del 0.05, y con confianza del 0.95.

La presente investigación tiene por objetivo;

- Determinar si hay diferencia en las características físicas de los agregados lavados y agregados provenientes de cantera de tajo abierto.
- Determinar la resistencia y peso volumétrico del concreto elaborados con agregados lavados y compararlo con concreto elaborado con agregados proveniente de cantera de tajo abierto.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. REFERENCIAS TEÓRICAS

#### 2.1.1. Los agregados

(Harmsen, 2017), menciona que el concreto es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción.

De esta definición se desprende que se obtiene un producto híbrido, que conjuga en mayor o menor grado las características de los componentes, que bien proporcionados, aportan una o varias de sus propiedades individuales para constituir un material que manifiesta un comportamiento particular y original.

(Rivvas lopez, 2014), 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.

#### 2.1.2. Clasificación

(Rivvas lopez, 2014), menciona que 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.

### **2.1.3. Análisis físicos en el agregado**

#### **2.1.3.1. Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 $\mu\text{m}$ (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  $\mu\text{m}$  (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  $\mu\text{m}$  (N° 200), tales como: arcillas, agregados muy finos, y materiales solubles en el agua.

(MTC, 2016), el material más fino que el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (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  $\mu\text{m}$  (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  $\mu\text{m}$  (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  $\mu\text{m}$  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  $\mu\text{m}$  (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 75 $\mu\text{m}$  (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.

### 2.1.3.2. Peso unitario

(MTC, 2016), menciona que para determina el peso unitario suelto o compactado y el porcentaje de los vacíos de los agregados finos, gruesos o una mezcla de ambos. El método se aplica a agregados de tamaño máximo nominal de 150 mm (6"). Aplica la NTP 400.017 Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados.

Peso unitario.- calcular el peso unitario compactado o suelto, como sigue:

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

$$M = (G - T) \times F$$

Dónde:

$M$  = Peso unitario del agregado en  $\text{kg}/\text{m}^3$  ( $\text{lb}/\text{pie}^3$ )

$G$  = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg (lb)

$T$  = Peso del recipiente de medida en kg (lb)

$V$  = Volumen del recipiente de medida en  $\text{m}^3$  ( $\text{pie}^3$ ), y

$F$  = Factor del recipiente de medida en  $\text{m}^{-3}$  ( $\text{pie}^{-3}$ )

El peso unitario determinado por este ensayo es para agregado en la condición seco.

Contenido de vacíos en los agregados, se calcular el contenido de vacíos en el agregado utilizando el peso unitario calculado como sigue:

$$\%Vacios = \frac{(A \times W) - B}{A \times W}$$

Dónde:

$A$  = Peso específico aparente según los procedimientos MTC E205.

$B$  = Peso unitario de los agregados en  $\text{kg/m}^3$  ( $\text{lb/pe}^3$ )

$W$  = Densidad del agua,  $998 \text{ kg/m}^3$  ( $62,4 \text{ lb/pe}^3$ )

### 2.1.3.3. Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos

(MTC, 2016), determina por medio de una serie de tamices de abertura cuadrada la distribución de partículas de agregados grueso y fino en una muestra seca de peso conocido. Se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para uso como agregados o los que están siendo usados como tales. Los resultados serán usados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos exigidos en la especificación técnica de la obra y proporcionar datos necesarios para el control de producción de agregados.

La determinación del material que pasa el tamiz de  $75 \mu\text{m}$  (Nº 200) no se obtiene por este ensayo. El método de ensayo a emplear será: "Cantidad de material fino que pasa el tamiz de  $75 \mu\text{m}$  (Nº 200) por lavado" (MTC E 202), tomando como referencia la NTP 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

Calcular el porcentaje que pasa, porcentaje total retenido, o porcentaje sobre cada tamiz con aproximación de 0,1% sobre la base del peso total de la muestra inicial seca. Si la muestra fue primero ensayada por el método MTC E 202, incluir el peso del material más fino que el tamiz de  $75 \mu\text{m}$  (No. 200) por lavado en los cálculos de tamizado, y usar el total del peso de la muestra seca previamente lavada en el método mencionado, como base para calcular todos los porcentajes.

#### a.- Curva granulométrica

La curva granulométrica es una excelente ayuda para mostrar la granulometría de los agregados individuales y combinados. El ploteo logarítmico es conveniente dado que en una serie de tamices con aberturas con una relación constante el espaciamiento logarítmico es igual.

Los puntos que representan los resultados de un análisis son unidos para formar la «curva granulométrica» del agregado ensayado. Si se ha planteado una «granulometría

ideal» para el proyecto, la curva obtenida puede aproximarse a la ideal empleando porcentajes de prueba de las granulometrías ideales incluidas.

(RNE, 2017), el agregado fino sera arena gruesa natural (hay la arena fina para tarrajeo y la arena gruesa que es el agregado fino, y es natural porque se extrae del rio bancos de arena), libre de materia organica y sales, con las características indicadas en la tabla, se aceptaran otras granulometrías siempre que los ensayos de pilas y muretes proporcionen resistencias según lo especificado en los planos.

**Tabla 01: Granulometria del agregado fino**

MALLA ASTM	% QUE PASA
N° 4	100
N° 8	95 a 100
N° 16	70 a 100
N° 30	40 a 75
N° 50	10 a 35
N° 100	2 a 15
N° 200	0 a 2

Fuentes: (RNE, 2017)

#### **b.- Módulo de finura**

(RNE, 2017), según las normas NTP 334.045, ASTM c 136, ASTM C 125, el módulo de finura es el indicador del grosor predominante de las partículas de un agregado para el caso del agregado fino:

$$M.F. = \frac{\%Ret. acum. tamices(N_4, N_8, N_{16}, N_{30}, N_{50}, N_{100})}{100}$$

El módulo de finura del agregado fino se mantendrá dentro del límite de +- 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto siendo recomendable que el valor asumido esté entre 2.30 y 3.10

Para el caso del agregado grueso:

$$M.G. = \frac{\%Ret. acum. tamices(1", 3/4", 3/8", N_4, N_8, N_{16}, N_{30}, N_{50}, N_{100})}{100}$$

El módulo de finura es un indicador del grosor predominante en el conjunto de partículas del agregado; además de estar en relación inversa al área superficial y a la demanda del agua.

#### 2.1.3.4. Peso específico (densidad o gravedad específica) y absorción

(MTC, 2016), El peso específico (gravedad específica) es la característica generalmente usada para calcular el volumen ocupado por el agregado en varias mezclas que contienen agregados incluyendo concreto de cemento Portland, concreto bituminoso, y otras mezclas que son proporcionadas y analizadas en base al volumen. También es usado en el cálculo de vacíos en el agregado del ensayo MTC E-203.

El peso específico aparente y peso específico relativo aparente atañen al material sólido de las partículas constituyentes que no incluyen el espacio poroso dentro de ellas que es accesible al agua. Este valor no es ampliamente usado en la tecnología de agregados de construcción.

Los valores de absorción son usados para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida entre los espacios de los poros entre las partículas constituyentes, comparado a la condición seca, cuando es estimado que el agregado ha estado en contacto con el agua lo suficiente para satisfacer la mayor absorción potencial.

Se aplica para determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, peso específico aparente y la absorción de agregado fino, a fin de usar estos valores tanto en el cálculo y corrección de diseños de mezclas, como en control de uniformidad de las características físicas, se aplica la NTP 400.022: Peso Específico y absorción del agregado Fino.

$$Pe = \frac{W_o}{(V - V_a)} \times 100$$

Dónde:

$Pe$  = Peso específico de masa

$W_o$  = Peso en el aire de la muestra secada en el horno, g;

$V$  = Volumen del frasco en  $\text{cm}^3$

$V_a$  = Peso en gramos o volumen en  $\text{cm}^3$  de agua añadida al frasco.

Y el porcentaje de absorción se consigue con la siguiente formula.

$$Ab = \frac{W_{SSS} - W_o}{W_o} \times 100$$

Dónde:

$Ab$  = Absorción del agregado en %

$W_{SSS}$  = Peso de la muestra saturada seca superficialmente, g.

$W_o$  = Peso en el aire de la muestra secada en el horno, g.

#### 2.1.3.5. Contenido de humedad

(RNE, 2017), es el total de agua que contiene el agregado en un momento dado. Si se expresa como porcentaje de una muestra seca se le denomina porcentaje de humedad, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción.

Su influencia en el concreto estad dado en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla.

$$H\% = \frac{A - B}{B} \times 100$$

Dónde:

$A$  = Peso de la muestra húmeda

$B$  = Peso de la muestra seca

#### 2.1.3.6. Forma de las partículas del agregado

(MTC, 2016), se tienen con Redondez; se aplica a la forma del filo; si la partícula tiene aristas bien definidas se dice que es angular, si por el contrario sus aristas están gastadas por la erosión o el rozamiento del agua se habla de partículas redondeadas.

Esfericidad; es función de la relación entre el are superficial y volumen según la esfericidad las partículas pueden ser esféricas, cúbicas, tetraédricas, laminares, y alargadas.

### **2.1.3.7. Textura**

(RNE, 2017), la textura es responsable de la adherencia del agregado y la fluidez de las mezclas de concreto. Según la textura superficial, el agregado puede ser liso o pulido (material de río) o áspero (material triturado).

### **2.1.4. Cemento**

(RNE, 2017), 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 clases aéreas y los yesos. NORMA ITINTEC 334.001.

#### **2.1.4.1. Cemento Portland**

(RNE, 2017), 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.

#### **2.1.4.2. Componentes Químicos del Cemento**

(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.

#### **2.1.4.3. 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.

### **2.1.5. Agua**

(RNE, 2017), 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.

#### **2.1.5.1. 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.

### **2.1.6. El diseño de mezclas de concreto**

Es un proceso que consiste en calcular las proporciones de los elementos que forman el concreto, con el fin de obtener los mejores resultados.

Existen diferentes métodos de Diseños de Mezcla; algunos pueden ser muy complejos como consecuencia a la existencia de múltiples variables de las que dependen los resultados de dichos métodos, aun así, se desconoce el método que ofrezca resultados perfectos, sin embargo, existe la posibilidad de seleccionar alguno según sea la ocasión.



En oportunidades no es necesario tener exactitud en cuanto a las proporciones de los componentes del concreto, en estas situaciones se frecuenta el uso de reglas generales, lo que permite establecer las dosis correctas a través de recetas que permiten contar con un diseño de mezcla apropiado para estos casos.

#### **2.1.6.1. Información requerida para el diseño de mezclas**

- Análisis granulométrico de los agregados
- Peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso)
- Peso específico de los agregados (fino y grueso)
- Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso)
- Perfil y textura de los agregados
- Tipo y marca del cemento
- Peso específico del cemento
- Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados.

#### **2.1.6.2. 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.

#### a. 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.

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

##### 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/ cm2

$\bar{x}$  = Resistencia promedio de n probetas, en Kg/ cm2

$n$  = 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/cm2.

$s_1$  y  $s_2$ = Desviación estándar calculada para los grupos 1 y 2 respectivamente en kg/cm2.

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

**Método 2**

Si solo se posee un registro de 15 a 29 ensayos consecutivos, se calculara la desviación estándar "Ds" correspondiente a dichos ensayos y se multiplicara por el factor de corrección indicado en la tabla 02, para obtener el nuevo valor de "Ds".

**Tabla 02: Factor de corrección de la desviación estándar**

Nº ensayos	Factor de incremento
Menos de 15	Ver tabla cuando no se conoce el Ds
15	1.16
20	1.08
25	1.03
> 30	1.00

Fuente: Enrique Rivva López (1992)

El registro de ensayos a que se hace referencia en este Método deberá cumplir con los requisitos a), b) del método 1 y representar un registro de ensayos consecutivos que comprenda un periodo de no menos de 45 días calendario.

**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.

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

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

Dónde:

$Ds$  = 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, tabla 03.

**Tabla 03: 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)

**c. 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 tabla 04.

**Tabla 04: 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.

**d. 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.

**e. 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 06, 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. (Ver Tabla 05)

**Tabla 05: 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 06: 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)

#### f. 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.

##### Por resistencia

Para concretos preparados con cemento Portland tipo 1 o cementos comunes, puede tomarse la relación a/c de la tabla siguiente. (Ver Tabla 07).

Para una relación agua/cemento constante, la resistencia del concreto se reduce conforme aumenta el contenido de aire.

**Tabla 07: Relación agua/cemento por resistencia**

Resistencia a la compresión a los 28 días ( $f'_{c_r}$ ) (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)

##### 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 siguiente. (Ver Tabla 08).



**Tabla 08: Relación a/c por durabilidad**

CONDICIONES DE EXPOSICIÓN	RELACIÓN AGUA/CEMENTO 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 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 rocío de esta agua:	0.40
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm:	0.45

Fuente: (RNE, 2017)

**g. 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.

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

**h. Contenido de agregado grueso**

Se determina el contenido de agregado grueso mediante la tabla 09, 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 09 permite obtener un coeficiente  $b/b_0$  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 09: 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:

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

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

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

**i. 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:

$$\begin{aligned} \text{Agregado grueso} & \begin{cases} \text{Humedad} = \%W_g \\ \% \text{Absorción} = \%a_g \end{cases} , \\ \text{Agregado fino} & \begin{cases} \text{Humedad} = \%W_f \\ \% \text{Absorción} = \%a_f \end{cases} \end{aligned}$$

**Peso de agregados húmedos**

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

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

**Agua efectiva**

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

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

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

**j. Cálculo de proporciones en peso**

Cemento : Agregado fino : Agregado grueso : Agua

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

**k.) Cálculo de proporciones en volumen**

Cemento : Agregado fino : Agregado grueso : Agua

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

**2.2. ANTECEDENTES**

(Santa, 2001), en su Tesis “INFLUENCIA DE LA CANTIDAD DE AGREGADO MAS FINO QUE PASA LA MALLA N°100 EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO DE BAJA Y MEDIANA RESISTENCIA FABRICADO CON CEMENTO TIPO I ANDINO” por NILA MAGALI SANTA CRUZ BALTA, La investigación tiene como objetivo principal determinar la influencia del material más fino que pasa la malla N°100 para 4%, 7%, 10%, 14% y 18%, en la resistencia mecánica del concreto. Asimismo, poder determinar a través de este estudio la influencia de los finos de la arena en las propiedades del concreto para las relaciones a/c= 0.55, 0.60, 0.65 y 0.70. En su estado fresco fueron estudiados el asentamiento, el peso unitario, el contenido de aire, el porcentaje de exudación y el tiempo de fraguado. En el concreto fresco, el peso unitario se incrementa en 0.33%, conforme crece en la arena el porcentaje de finos de 4% hasta 10%, luego al aumentar hasta 18% los finos, el peso unitario disminuye en 0.10%, para las relaciones a/c de 0.55, 0.60, 0.65 y 0.70. En el concreto endurecido, cuando aumenta en la arena el porcentaje de finos, desde 4% hasta 8%, la resistencia a la compresión crece en 5%, manteniéndose este crecimiento en arenas de 8% a 12% de finos, pero para arenas fuera de este rango las resistencias disminuyen, llegando a bajar la resistencia en 1.5% para arenas con 18% de finos, en las relaciones a/c de 0.55, 0.60, 0.65 y 0.70.

(muñoz & Oreamuno, 1995) en su tesis “INFLUENCIA DE LOS FINOS PASANDO LA MALLA No 200 (ASTM) EN MEZCLAS DE CONCRETO CON CEMENTOS PORTLAND CON ADICIONES”, se incorporó material pasando la malla #200 (ASTM) en cantidades de 5%, 12% y 25%. La influencia de esos finos se determinó para resistencias de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, generando la curva de desarrollo de resistencia con base en datos experimentales obtenidos a 7, 28, 56 Y100 días de curado. La granulometría del agregado lleva un exceso de finos, que aunque mejora la trabajabilidad, los resultados demuestran que arriba del 12% pasando la malla

#200, los concretos elaborados con cemento IP, especialmente para la resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, producen retrasos considerables en el tiempo de fraguado final del concreto, comportamiento que es muy similar en mezclas hechas con MC para la misma resistencia, pero que debido a las características de este tipo de cemento, se da en menor grado. Las arenas con cantidades superiores a lo que rige la norma ASTM C-33 para el material pasando la malla #200, tienden a reducir la resistencia del concreto a edades tempranas (7, 28 y 56 días).

(Rique Pérez, 2011) Tesis "ESTUDIO DEL CONCRETO DE MEDIANA A BAJA RESISTENCIA VARIANDO EL MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO", es investigar para que módulo de finura del agregado fino se da la máxima resistencia del concreto. En esta investigación se trabajó con cuatro módulos de finura los cuales son 2.8, 3.0, 3.3 y 3.5 y también se utilizó 2 tipos de arena fina con características diferentes los cuales son la arena de la cantera "musa" (La Molina) y la arena fina de la cantera "Trapiche" y la piedra chancada se utilizó de la cantera "La Gloria" con un módulo de finura constante que fue de  $K= 7.39$ . Según los resultados obtenidos, la resistencia a la compresión del concreto varía según el módulo de finura del agregado fino. La resistencia a la compresión se incrementa de módulo de finura de 2.8 a 3.0 en 20% y también disminuye de 3.0 a 3.3 en 10%. Por ello alcanza su máxima resistencia en módulo de finura igual a 3.0; pasando el módulo de finura de 3.0 la resistencia a la compresión disminuye. La resistencia a la compresión del concreto con agregado global, de la piedra con el agregado fino; con módulo de finura del agregado fino de 2.8 a 3.0 es ascendente, luego la resistencia a la compresión del concreto con módulo de finura de 3.0 a 3.3 y 3.5 es descendente. De esto se concluye que para preparar concreto con un módulo de finura del agregado grueso igual a 7.39 constante, existe solo una arena con un módulo de finura igual a 3.0 que nos da la máxima resistencia a la compresión del concreto endurecido a los 28 días. Con lo cual se da por concluido ésta presente tesis.

(Burgos Pauro, 2012), La finalidad de la presente tesis "Variación del Módulo de Finura del Agregado Fino de 3.0 a 3.6 en Concretos de Mediana a Baja Resistencia" es investigar para que módulo de finura del agregado fino se da la máxima resistencia del concreto. En esta investigación se trabajó con tres módulos de finura para el agregado fino los cuales son: 3.0, 3.4, 3.6 obtenidos en laboratorio y el módulo de finura del agregado grueso manteniéndose constante fue de 7.42. Se diseñaron muestras de

concreto para las relaciones agua /cemento de 0.60, 0.65, 0.70. En tal sentido dedicaremos un estudio prioritario, de la variación que experimenta la resistencia del concreto, en el tema de tesis propuesto; para el desarrollo de la presente investigación se utilizó cemento Portland tipo 1 "Sol" y agregados provenientes de las canteras de "Trapiche" para el agregado fino y "La gloria" para el agregado grueso. Se determinaron las propiedades físicas de los agregados y los ensayos del concreto en estado fresco y endurecido en el Laboratorio de Ensayo de Materiales "L.E.M.- U.N.I." Según los resultados obtenidos en la presente tesis al incrementar el módulo de finura del agregado fino de 3.00 a 3.60 hay una disminución de la resistencia del concreto. Concluida la investigación se ha obtenido como resultado que para el módulo de finura 3.00 del agregado fino se da la máxima resistencia del concreto.

(Zherdmant, 2006), en su tesis “ANÁLISIS DE LOS PROCESOS PARA IMPLEMENTAR SISTEMAS COMPLEMENTARIOS EN UNA PLANTA PARA LAVADO DE ARENA”, El principal objetivo de este trabajo es brindar la mejor alternativa para que pueda ponerse en marcha el proceso de lavado de arena a un costo razonable y utilizando los recursos existentes. El único equipo que se diseño fue la tolva puesto que esta no la tenían, a las demás maquinarias se le hará un mantenimiento completo para que puedan quedar operativas. También se confirmara que los equipos que se tienen la capacidad para ser usados, y den resultados óptimos para obtener agregados de buena calidad. La arena que se comercializa en el mercado no cumple con la norma granulométrico de la ASTM, y que después del lavado cumple con los requisitos de norma, otro criterio es el porcentaje que pasa la malla 200, para el material no lavado es del 14.09% y para el lavado es del 3.59%, de una diferencia del 74.5%, y otros aspectos como peso volumétrico, peso específico y absorción que son alterados por el proceso de lavado.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. 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.

##### 3.1.1. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es experimental.

- Experimental, porque se está experimentando la influencia del porcentaje de fino pasante la malla N° 200.

##### 3.1.2. Tipo de investigación

- Cuantitativa, porque 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.

##### 3.1.3. Ámbito de estudio

El proyecto de investigación tiene como ambiente la Ciudad de Puno, especialmente las obras que viene realizando el municipio de Puno, y la empresa de saneamiento EMSA-PUNO.

La ciudad de Puno se encuentra ubicado en las coordenadas UTM:

E-390491, N-8248583, Elev-3810, Zona 19, Hemisferio Sur.

### **3.1.4. Población y muestra**

La población de la presente investigación son los agregados finos y gruesos que se utilizan en la preparación de concreto para el parchado del pavimento rígido en las obras de reparación de tuberías por parte de EMSA-PUNO, y las muestras son intencionadas representativas de agregados finos y gruesos, y para su recolección se utilizó la metodología dada en las normas ASTM C-39, NTP 339.034 y las normas del MTC.

#### **3.1.4.1. Agregados naturales**

En la presente investigación se ha utilizado agregados naturales finos y gruesos de obra de reparación y mantenimiento de redes de agua, realizados por la empresa EMSA-Puno, con el fin realizar el análisis físico, y su posterior alteración del porcentaje que pasa la malla N° 200.

Como antecedente se sabe que el material proviene de la cantera del Rio Cutimbo, ubicado en la carretera Puno – Laraqueri, exactamente el km. 26.00.

#### **3.1.4.2. Agregados naturales lavados**

Con el fin de determinar la influencia del porcentaje de finos que pasan la malla N° 200, el agregado natural ha sido lavado con el fin de poder disminuir el porcentaje de fino.

El procedimiento consistió en colocar el material en baldes de capacidad de 20 litros, y se ha agregado agua para su mezclado y lavado, después de algunos minutos el material ha sido tamizado por la malla 200, para luego ser colocado en sacos donde se ha escurrido el agua a espera de los análisis respectivos.

## **3.2. METODOLOGÍA**

### **3.2.1. Determinación de las características físicas en los agregados**

#### **a. Materiales**

Se ha utilizado los siguientes materiales;

- Agregado fino de la cantera del rio Cutimbo
- Agregado 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 1 gr y capacidad de 30 kg.
- 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 siguientes especificaciones y normas.

NTP 400.037-ASTM C136: Granulometría

NTP 400.021-ASTM C127: Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

NTP 400.022-ASTM C128: Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.

NTP 339.185-ASTM C566: Contenido de Humedad

NTP 400.017-ASTM C29. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.

NTP 400.018-ASTM C117: Material más fino que pasan por el tamiz normalizado 75um (No 200) por lavado en agregados.

### **3.2.2. Diseño de mezclas**

#### **a. Materiales**

- Cemento RUMI IP.
- Agregado Fino de la Cantera Cutimbo
- Agregado Grueso de la Cantera 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 Abraham.
- Varilla de Acero Liso 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

#### **d. Procedimiento**

Cada ensayo que se realizó para determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto fresco y endurecido, siguieron el procedimiento dado en las especificaciones dadas en las siguientes normas.

- NTP 339.035-ASTM C143: Asentamiento de concreto fresco con el cono de Abrahams.
- NTP 339.046-ASTM C138: Peso Unitario y rendimiento.

### **3.2.3. Curado de especímenes en el laboratorio**

#### **a. Equipo**

- Cilindros de plástico de capacidad de 300 litros en Laboratorio

#### **b. Procedimiento**

Para realizar el curado de los especímenes, se siguieron las especificaciones dadas en las siguientes normas. NTP 339.183-ASTM C3: Curado de Probetas de Concreto.

Se sumergió los especímenes en agua dentro del cilindro hasta días antes del ensayo de resistencia a la compresión.

### **3.2.4. Prueba de especímenes a compresión**

#### **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 NTP 339.034-ASTM C39.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS

#### 4.1.1. Propiedades físicas de los agregados

Los agregados naturales y agregados lavados fueron caracterizados físicamente en el laboratorio de materiales y ensayos de la EPITA, aplicando técnicas que recomienda las normas y reglamentos vigentes en el Perú, verificando que los agregados cumplan los requisitos y especificaciones establecidas por la normas ITINTEC (NTP) y la ASTM (American Society for Tsting Materials)..

Los ensayos realizados para la caracterización física de los agregados son los siguientes:

- Aspecto visual de los agregados.
- Análisis granulométrico.
- Módulo de fineza.
- Peso volumétrico.
- Peso específico.
- Porcentaje de absorción.
- Contenido de humedad.

#### 4.1.2. Aspecto visual de los agregados

A simple vista los agregados naturales lavados presentan características diferentes a los agregados naturales. Poseen una superficie con poco finos adheridos, debido principalmente al proceso de lavado, e igualmente en los agregados gruesos.

#### 4.1.3. Análisis granulométrico

El procedimiento de la determinación del análisis granulométrico se basó en las normas ITINTEC 400.037 y ASTM C-33, en la que se determinó cuantitativamente los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos, por medio de tamices de abertura cuadrada, utilizándose: una balanza digital de 30000 gr con una precisión de 1 gr, juego de tamices, horno de rango de temperatura de 0° a 230°.

#### 4.1.3.1. Análisis granulométrico del agregado

La muestra para ensayo se obtuvo por medio de cuarteo manual, garantizándose un mínimo de 300 gr para el agregado fino y de 5000 gr para el grueso.

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

Los resultados certificados de los análisis se muestran en anexos.

Los Resúmenes de los resultados de los análisis granulométricos de los agregados reciclados se muestran a continuación.

**Tabla 10: Resumen del análisis granulométrico**

Descripción	AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO		
	Muestra		Diferencia (%)	Muestra		Diferencia (%)
	AGN	AGL		AFN	AFL	
Módulo de fineza	7.97	8.19	-2.8	3.61	3.03	16.1
D <sub>10</sub>	8.92	9.542	-7.0	0.38	0.23	39.5
D <sub>30</sub>	13.03	13.67	-4.9	0.86	0.49	43.0
D <sub>60</sub>	17.08	18.83	-10.2	1.79	1.08	39.7
C <sub>u</sub>	1.913	1.973	-3.1	4.673	4.691	-0.4
C <sub>c</sub>	1.114	1.04	6.6	1.078	0.969	10.1

#### 4.1.3.2. Determinación del TMN del AG

Según el RNE, establece que el Tamaño Máximo (TM) es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso. Y hace referencia que el enunciado es de la norma ITINTEC 400.037.

Del mismo modo menciona que el Tamaño Máximo Nominal (TMN) es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. Norma ITINTEC 400.037.

A continuación se representa el resumen de los TN y TMN según recomendaciones del RNE.

**Tabla 11: Resumen de los TN y TMN del AGR**

Descripción	Muestra		Promedio
	AGN	AGL	
TN	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"
TMN	1"	1"	1"

Según lo mencionado, se ha optado por el TN y TMN a 1 1/2" y 1" respectivamente.

#### 4.1.4. Peso específico y absorción de los agregados

##### 4.1.4.1. Determinación del peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino

El material utilizado fue el agregado fino natural y lavado, la misma que han pasado por un proceso de premezclado, cuarteo, y la selección de las 2 cuartas partes para los análisis correspondientes.

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

##### a. Equipos utilizados

- Balanza con capacidad de 30 Kg, y sensibilidad de 1 gramos.
- Frasco Volumétrico (picnómetro).
- Molde cónico de metal de  $40 \pm 3$  mm de diámetro en la parte superior,  $90 \pm 3$  mm de diámetro en el fondo, con  $75 \pm 3$  mm de altura.
- Un pisón metálico de  $340 \pm 15$  gramos de peso y una sección circular de  $25 \pm 3$  mm de diámetro.
- Horno que mantiene una temperatura constante de  $110 \pm 5$  °C.
- 01 Cocina para el secado del agregado.

Se determinó el peso específico utilizado la siguiente formula:

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

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)

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

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

**Tabla 12: Resumen del Peso específico del AF.**

AGREGADO FINO			
Descripción	Muestra		Diferencia (%)
	AFN	AFL	
M-1	2.284	2.474	-8.3
M-2	2.240	2.524	-12.7

#### 4.1.4.2. Determinación del peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso

##### a. Equipo utilizados

- 01 Balanza, con capacidad igual a 5000 gr, según el tamaño máximo de a muestra para ensayo, con sensibilidad de 0.1 gr.
- Canastilla metálica, como recipientes para la muestras en las pesadas sumergidas.
- Dispositivos de suspensión.

**b. Procedimiento**

- Se comenzó por mezclar completamente los agregados, cuarteándolos a continuación, hasta obtener la cantidad mínima necesario para el ensayo, después de eliminar el material inferior a 4.75 mm.
- Se procedió a lavar la muestra para eliminar el polvo y otras impurezas superficiales , secándolo hasta que tenga un peso constante a una temperatura comprendida entre 100 y 110° C, dejándolo enfriar a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas, y luego se sumergió en agua a temperatura ambiente durante un periodo de más o menos de 24 horas.
- Se ha secado las muestras haciéndolo rodar los agregados sobre un paño grande absorbente hasta que desaparezca toda película de agua visible.
- Se ha secado separadamente los agregados más grandes, teniendo cuidado con la evaporación de agua en los poros de estos, durante la operación del secado de la superficie. Se obtuvo el peso de la muestra bajo la condición de saturación en estado de superficie seca.
- Se colocó inmediatamente la muestra saturada con la superficie seca en el cesto, y se determinó su peso en agua a una temperatura ambiente. 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.

El certificado de los resultados se muestra en anexos.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio.

**Tabla 13: Resumen del Peso específico AG.**

AGREGADO GRUESO			
Descripción	Muestra		Diferencia (%)
	AGN	AGL	
M-1	2.466	2.480	-0.6
M-2	2.504	2.439	2.6



**Tabla 14: Resumen de la absorción de los agregados**

AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO			
Descripción	Muestra		Diferencia (%)	Muestra		Diferencia (%)
	AGN	AGL		AFN	AFL	
M-1	3.265	3.183	2.5	7.588	3.723	50.9
M-2	3.302	3.601	-9.1	7.797	3.865	50.4

#### 4.1.5. Pesos volumétricos secos sueltos y secos compactos de los agregados

Hay dos valores para esta relación, y dependiendo del sistema de acomodamiento que se le haya dado al material inmediatamente antes de la prueba; la denominación que se le ha dado a cada uno de ellos es Peso Volumétrico Seco Suelto (PVSS) y Peso Volumétrico Seco Compacto (PVSC).

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

##### 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.

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

- Se Seleccionó una muestra representativa por cuarteo del agregado a ensayar.
- Se Pesó el recipiente.

- 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:

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

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

**Tabla 15: Peso Volumétrico Seco Suelto**

Descripción	AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO		
	Muestra		Diferencia (%)	Muestra		Diferencia (%)
	AGN	AGL		AFN	AFL	
M-1	1575.028	1535.963	2.5	1558.663	1550.030	0.6
M-2	1549.233	1531.262	1.2	1557.152	1551.828	0.3

**c. Determinación del Peso Volumétrico Seco Compacto (PVSC)**

- Se Seleccionó una muestra representativa por cuarteo del agregado a ensayar.
- La muestra estuvo secado previamente al horno a temperatura constante.
- Se pesó el recipiente adecuado y se anotó su peso.
- Se depositó el material en el recipiente, en tres capas, procurando efectuar esta operación con ayuda de un cucharón utilizando 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 punta de bala, distribuida en toda el área. Luego se llenó completamente el recipiente y se vuelve a golpear 25 veces con la varilla, luego se enrazo el material.
- Se pesó el recipiente con el material contenido y anote su peso.
- Se repitió el procedimiento tres veces.
- Se Calculó el Peso Volumétrico Seco Compacto con la formula siguiente:

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

A continuación se muestra las tablas con los resultados obtenidos.

**Tabla 16: Peso Volumétrico Seco compactado**

Descripción	AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO		
	Muestra		Diferencia (%)	Muestra		Diferencia (%)
	AGN	AGL		AFN	AFL	
M-1	1701.155	1686.769	0.8	1728.450	1657.226	4.1
M-2	1693.589	1671.018	1.3	1728.235	1656.147	4.2

#### 4.1.6. 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 los agregados durante el ensayo.

##### a. Equipos

- Balanza con sensibilidad de 30000 gr a 1 gr.
- Dos tamices, siendo el menor de 0.075 mm (N° 200) y el otro de 1.18 mm (N° 16).
- Recipientes.
- Estufa capaz de mantener 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 o agua que contiene un agente humectante disuelto (si es necesario o cuando se especifique). 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 del espécimen original y se reporta como el porcentaje de material más fino que la malla de 0,075 mm (No.200) por lavado.

A continuación se muestra las tablas con los resultados obtenidos.

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

Descripción	AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO		
	Muestra		Diferencia (%)	Muestra		Diferencia (%)
	AGN	AGL		AFN	AFL	
M-1	2.420	1.140	52.9	5.870	1.280	78.2
M-2	2.870	1.360	52.6	6.130	1.490	75.7

#### 4.1.7. Diseño de mezcla

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

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.

##### 4.1.7.1. Diseño de mezcla de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con agregado natural

Se ha diseñado una mezcla con resistencia a compresión de  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días de edad, para el cual se ha utilizado los materiales anteriormente analizados.

**Paso 1.-** Se estableció las especificaciones y los datos de cada uno de los materiales integrantes.

Tabla 18: Datos del agregado natural

Análisis de laboratorio	Agregado fino	Agregado Grueso
Peso Unitario Suelto	1557.91 kg/m <sup>3</sup>	1562.13 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1728.34 kg/m <sup>3</sup>	1697.37 kg/m <sup>3</sup>
% de Absorción	7.693 %	3.284 %
Contenido de humedad	1.0000 %	0.5000 %
Peso específico	2262.00 kg/m <sup>3</sup>	2485.00 kg/m <sup>3</sup>
Módulo de fineza	3.61	
TMN		1''
Perfil de agregado		Redondeado

**Paso 2 .-** Se Seleccionó la resistencia promedio requerida ( $f'_{c_r}$ ), Utilizando el tabla 03, de determinación de la resistencia promedio requerida, ya que no se cuenta con registros de resultados de ensayos de diseños con agregados reciclados y que posibilite el cálculo de la desviación estándar.

La resistencia promedio es:

$$\text{Resistencia requerida} = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Desviación estándar} = 84 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Resistencia promedio} = 364 \text{ kg/cm}^2$$

**Paso 3.-** Se seleccionó el asentamiento (slump) a 3'' a 4'', con la finalidad de obtener una mezcla pastica, utilizando la tabla 04.

**Paso 4.-** Se seleccionó el tamaño máximo nominal del agregado grueso natural a 1'', tomando como referencia los resultados obtenidos de laboratorio.

**Paso 5.-** Se seleccionó el porcentaje de aire atrapado a 1.5 %, utilizando la tabla 05.

**Paso 6.-** Se ha seleccionado el volumen unitario de agua de diseño a 193 lt/m<sup>3</sup>, utilizando la tabla 06, que relaciona el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el asentamiento.

**Paso 7.-** Se seleccionó a 0.466 la relación agua/cemento requerida para obtener la resistencia deseada, tenido en consideración la resistencia promedio de 364 kg/cm<sup>2</sup>, utilizando la tabla 07.

**Paso 8.-** Se calculó el contenido de cemento, dividiendo la cantidad de agua entre la relación agua/cemento, obteniéndose 414.2 kg de cemento en 1 m<sup>3</sup> de concreto.

**Paso 9.-** Se ha determinado la cantidad de agregado grueso a 0.65 por unidad de volumen de concreto, en función del módulo de fineza del agregado fino y utilizando la tabla 09.

Para obtener la cantidad de agregado grueso, se multiplico 0.65 por su peso unitario compactado seco (1728.34 kg/m<sup>3</sup>), obteniéndose 1099.90 kg/m<sup>3</sup>.

**Paso 10.-** con los datos obtenidos a través de las características de los materiales y los respectivos cuadros, obtenemos el resumen de los materiales por 1 m<sup>3</sup> de concreto.

**Tabla 19: Resumen de materiales secos por 1 m<sup>3</sup> de concreto**

materiales	Cantidad (m <sup>3</sup> )
Cemento	0.131
Agua	0.193
Agregado grueso	0.443
Aire atrapado	0.015
<b>TOTAL</b>	<b>0.782</b>

**Paso 11.-** Cálculo del contenido del agregado fino por m<sup>3</sup> de concreto.

$$\text{Volumen absoluto del fino} = 1 - 0.782 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen absoluto del fino} = 0.218 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del agregado fino} = 492.90 \text{ kg}$$

**Tabla 20: Resumen de materiales secos por m<sup>3</sup> de concreto**

Materiales	Peso (kg)
Cemento	414.2 kg
Agua	193.00 litros
A.F.	492.90 kg
A.G.	1099.90 kg
Aire atrap.	-

**Paso 12.- Cálculo de los materiales húmedos por m<sup>3</sup> de concreto.**

Para el cálculo del peso del material húmedo se ha de sumar el peso por humedad al material seco a través de la siguiente formula:

$$\text{Peso humedo} = \text{Peso seco} * \left(1 + \frac{\%H}{100}\right)$$

$$\text{Peso humedo A. F.} = 492.90 * \left(1 + \frac{1.00}{100}\right)$$

$$\text{Peso humedo A. F.} = 497.829 \text{ kg}$$

$$\text{Peso humedo A. G.} = 1099.90 * \left(1 + \frac{0.50}{100}\right)$$

$$\text{Peso humedo A. G.} = 1105.40 \text{ kg}$$

**Paso 13.- Ajuste por humedad y absorción****Cantidad de agua que aportan los agregados**

$$\begin{aligned} \text{Agua de aporte del AF} &= \text{Peso Seco} * (\text{H.} - \text{Abs.}) / 100 \\ &= 492.90 * (1.00 - 7.693) / 100 \\ &= -32.99 \text{ lt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua de aporte del AG} &= \text{Peso} * (\text{H.} - \text{Abs.}) / 100 \\ &= 1099.90 * (0.500 - 3.284) / 100 \\ &= -30.620 \text{ lt} \end{aligned}$$

$$\text{Aporte de agua de los agregados} = -63.61 \text{ lt.}$$

**Agua efectiva**

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua de diseño} - \text{aporte de agua de los agregados}$$

$$\text{Agua efectiva} = 193 - -63.61 \text{ lt.}$$

$$\text{Agua efectiva} = 256.61 \text{ lt}$$

**Paso 14.- Cantidad de materiales para 1 m<sup>3</sup> en diseño corregidos.**

**Tabla 21: Cantidad de materiales húmedos para 1 m<sup>3</sup> en diseño corregido**

Material	Peso
Cemento	414.2 kg
Agua	256.61 Litros
A.F.	497.83 kg
A.G.	1105.40 kg
Aire atrapado	0

**Paso 15.-** Cantidad de material que se requiere en el laboratorio

Nº de probetas a ensayar = 3

Porcentaje de desperdicio = 25%

Volumen de las probetas = 0.005301 m<sup>3</sup>

$$\text{Volumen de mezcla} = \text{Volumen de probeta} * \text{Nº de probetas} * \left(1 + \frac{\text{porcentaje de desperdicio}}{100}\right)$$

Volumen de mezcla = 0.01988 m<sup>3</sup>

**Tabla 22: Cantidad de material para pruebas de laboratorio**

Material	Peso (kg)
Cemento	6.871
Agua	4.586
A.F.	12.037
A.G.R.	20.238
Aire atrapado	0.000

**4.1.7.2. Diseño de mezcla de f'c = 280 kg/cm<sup>2</sup> con agregado lavado**

Se ha diseñado una mezcla con resistencia a compresión de f'c = 280 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de edad, para el cual se ha utilizado los materiales lavados anteriormente analizados.

**Paso 1.-** Se estableció las especificaciones y los datos de cada uno de los materiales integrantes.



**Tabla 23: Datos del agregado fino natural**

Análisis de laboratorio	Agregado fino	Agregado Grueso
peso unitario suelto	1550.93 kg/m <sup>3</sup>	1570.69 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1656.69 kg/m <sup>3</sup>	1702.63 kg/m <sup>3</sup>
% de Absorción	3.794 %	3.39 %
Contenido de humedad	11.15 %	2.60 %
Peso específico	2499.00 kg/m <sup>3</sup>	2460.00 kg/m <sup>3</sup>
Módulo de fineza	3.03	
TMN		1''
Perfil de agregado		Redondeado

**Paso 2 .-** Se Seleccionó la resistencia promedio requerida ( $f'_{cr}$ ), Utilizando el cuadro 6, de determinación de la resistencia promedio requerida, ya que no se cuenta con registros de resultados de ensayos de diseños con agregados reciclados y que posibilite el cálculo de la desviación estándar.

$$\text{Resistencia promedio} = 364 \text{ kg/cm}^2$$

**Paso 3.-** Se seleccionó el asentamiento (slump) a 3'' a 4'', con la finalidad de obtener una mezcla pastica, utilizando la tabla 04.

**Paso 4.-** Se seleccionó el tamaño máximo nominal del agregado grueso natural a 1'', tomando como referencia los resultados obtenidos de laboratorio.

**Paso 5.-** Se seleccionó el porcentaje de aire atrapado a 1.5 %, utilizando la tabla 05.

**Paso 6.-** Se ha seleccionado el volumen unitario de agua de diseño a 193 lt/m<sup>3</sup>, utilizando la tabla 06, que relaciona el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el asentamiento.

**Paso 7.-** Se seleccionó a 0.466 la relación agua/cemento requerida para obtener la resistencia deseada, tenido en consideración la resistencia promedio de 364 kg/cm<sup>2</sup>, utilizando la tabla 07.

**Paso 8.-** Se calculó el contenido de cemento, dividiendo la cantidad de agua entre la relación agua/cemento, obteniéndose 414.2 kg de cemento en 1 m<sup>3</sup> de concreto.

**Paso 9.-** Se ha determinado la cantidad de agregado grueso a 0.65 por unidad de volumen de concreto, en función del módulo de fineza del agregado fino y utilizando la tabla 09.

Para obtener la cantidad de agregado grueso, se multiplico 0.65 por su peso unitario compactado seco (1656.69 kg/m<sup>3</sup>), obteniéndose 1086.24 kg/m<sup>3</sup>.

**Paso 10.-** con los datos obtenidos a través de las características de los materiales y los respectivos cuadros, obtenemos el resumen de los materiales por 1 m<sup>3</sup> de concreto.

**Tabla 24: Resumen de materiales secos por 1 m<sup>3</sup> de concreto**

materiales	Cantidad (m <sup>3</sup> )
Cemento	0.131
Agua	0.193
Agregado grueso	0.442
Aire atrapado	0.015
<b>TOTAL</b>	<b>0.781</b>

**Paso 11.-** Cálculo del contenido del agregado fino por m<sup>3</sup> de concreto.

$$\text{Volumen absoluto del fino} = 1 - 0.781 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen absoluto del fino} = 0.219 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del agregado fino} = 547.18 \text{ kg}$$

**Tabla 25: Resumen de materiales secos por m<sup>3</sup> de concreto**

Materiales	Peso (kg)
Cemento	414.2 kg
Agua	193.00 litros
A.F.	547.18 kg
A.G.	1086.24 kg
Aire atrap.	-

**Paso 12.-** Cálculo de los materiales húmedos por m<sup>3</sup> de concreto.

Para el cálculo del peso del material húmedo se ha de sumar el peso por humedad al material seco a través de la siguiente formula:

$$\text{Peso humedo} = \text{Peso seco} * \left(1 + \frac{\%H}{100}\right)$$

$$\text{Peso humedo A. F.} = 492.90 * \left(1 + \frac{1.00}{100}\right)$$

$$\text{Peso humedo A. F.} = 497.829 \text{ kg}$$

$$\text{Peso humedo A. G.} = 1099.90 * \left(1 + \frac{0.50}{100}\right)$$

$$\text{Peso humedo A. G.} = 1105.40 \text{ kg}$$

### **Paso 13.- Ajuste por humedad y absorción**

#### **Cantidad de agua que aportan los agregados**

$$\begin{aligned} \text{Agua de aporte del AF} &= \text{Peso Seco} * (\text{H.} - \text{Abs.}) / 100 \\ &= 492.90 * (11.15 - 3.794) / 100 \\ &= 40.25 \text{ Litros} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua de aporte del AG} &= \text{Peso} * (\text{H.} - \text{Abs.}) / 100 \\ &= 1099.90 * (2.60 - 3.392) / 100 \\ &= -8.60 \text{ Litros} \end{aligned}$$

$$\text{Aporte de agua de los agregados} = 31.65 \text{ Litros}$$

#### **Agua efectiva**

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua de diseño} - \text{aporte de agua de los agregados}$$

$$\text{Agua efectiva} = 193 - 31.65 \text{ litros.}$$

$$\text{Agua efectiva} = 161.35 \text{ Litros}$$

### **Paso 14.- Cantidad de materiales para 1 m<sup>3</sup> en diseño corregidos.**

**Tabla 26: Cantidad de materiales húmedos para 1 m<sup>3</sup> en diseño corregido**

Material	Peso
Cemento	414.2 kg
Agua	161.35 Litros
A.F.	608.19 kg
A.G.	1114.48 kg
Aire atrapado	0

**4.1.8. Resistencia a la compresión y peso volumétrico del concreto**

El objetivo de esta prueba es determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto. Para ello se utilizó el siguiente equipo;

- Prensa de ensayo
- Flexómetro
- Balanza de capacidad igual o superior a 25 kg.

Para determinar la resistencia se ha seguido el siguiente procedimiento:

- antes del ensayo se midió el diámetro, altura de las probetas en tres generatrices opuestas.
- Se determinó el peso del cilindro, para obtener el peso volumétrico del concreto.
- Se limpió las superficies de contacto de las placas de carga y de la probeta y se colocó la probeta en la máquina de ensayo alineada y centrada.
- Se Acercó la placa superior de la máquina de ensayo y asentándola sobre la probeta de modo de obtener un apoyo lo más uniforme posible.
- Se Aplicó la carga en forma continua y sin choques de velocidad uniforme.
- Se registró la carga máxima (P) expresada en N (newton). Dividiendo esta carga entre el área y que nos da la resistencia del espécimen en kg/cm<sup>2</sup>.

A continuación se presentan el resumen de los resultados obtenidos.

**Tabla 27: Resistencia de concretos con agregados lavados, adicionando 10 y 20% de cemento sobre el diseño original, y procesos de curado**

Nº	Peso (kg)	Diámetro prom.	Área (cm <sup>2</sup> )	Altura prom.	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
1	12.128	15.0	177.5	29.9	5313.2	2282.6	274.7	0%	si
2	12.035	15.0	177.5	30.0	5319.1	2262.6	304.2	0%	si
3	12.004	15.1	178.3	30.0	5354.6	2241.8	128.6	0%	no
4	12.100	15.1	178.3	30.0	5354.6	2259.7	129.2	0%	no
5	12.139	14.8	172.8	30.0	5178.5	2344.1	348.0	10%	si
6	12.035	14.9	174.4	29.9	5219.4	2305.8	342.4	10%	si
7	11.587	14.9	173.6	29.8	5178.7	2237.4	171.7	10%	no
8	11.605	14.9	173.6	30.0	5213.4	2226.0	172.6	10%	no
9	12.719	15.3	184.7	30.4	5619.7	2263.3	354.7	20%	si
10	12.160	15.2	180.7	29.9	5407.9	2248.6	360.9	20%	si
11	12.359	15.3	183.9	30.4	5595.3	2208.8	159.8	20%	no
12	12.400	15.3	183.1	30.4	5558.7	2230.7	161.5	20%	no

**Tabla 28: Resistencia de concretos con agregados naturales, adicionando 10 y 20% de cemento sobre el diseño original, y procesos de curado**

Nº	Peso (kg)	Diámetro prom.	Área (cm <sup>2</sup> )	Altura prom.	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
1	11.834	14.9	174.4	29.9	5219.4	2267.3	130.3	0%	si
2	11.693	14.7	170.5	29.9	5103.3	2291.3	167.7	0%	si
3	11.590	15.0	175.9	30.0	5272.0	2198.4	82.7	0%	no
4	11.587	15.0	176.7	29.7	5242.5	2210.2	84.2	0%	no
5	11.873	15.0	177.5	29.9	5301.4	2239.6	243.5	10%	si
6	11.758	14.8	172.8	29.9	5161.2	2278.1	230.8	10%	si
7	11.326	14.9	175.1	29.8	5225.2	2167.6	99.7	10%	no
8	11.325	14.9	175.1	29.9	5242.7	2160.1	98.7	10%	no
9	12.778	15.3	184.7	30.5	5632.0	2268.8	297.6	20%	si
10	12.170	15.1	179.9	30.0	5390.1	2257.8	331.2	20%	si
11	12.151	15.2	182.3	30.3	5528.4	2197.9	135.2	20%	no
12	12.153	15.2	182.3	30.3	5528.4	2198.3	136.4	20%	no

## 4.2. DISCUSIÓN

### 4.2.1. Prueba estadística

Para determinar la diferencia de las propiedades físicas del agregado natural por efecto del lavado se utilizó como diseño estadístico de hipótesis la prueba t, como variables de

análisis de las propiedades físicas obtenidas en laboratorio de los agregados naturales y lavados. Una diferencia significativa de estos valores significara que hay diferencia.

Igualmente para determinar la influencia del agregado lavado en la resistencia del concreto se ha comparado con la resistencia del concreto con agregados naturales aplicando el diseño estadístico de hipótesis la prueba t. 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 nuestra tomada X1

$n_B$  = Tamaño de la nuestra 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.

Para la comparación estadística se ha utilizado un valor de significancia del 95%.

#### 4.2.2. Planteamiento de hipótesis

$$H_0 : \bar{X}_1 = \bar{X}_2 \text{ (Hipótesis nula)}$$

$$H_1 : \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2 \text{ (Hipótesis alterna)}$$

$H_0$  = Se acepta la hipótesis nula cuando no hay diferencia significativa entre los datos obtenidos del agregado lavado y sin lavar.

$H_1$  = se acepta la hipótesis alterna cuando hay diferencia significativa entre los datos del agregado lavado y sin lavar.

##### 4.2.2.1. Regla de decisión utilizado

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:

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

$$T_c > T_t : \text{Se rechaza la } H_0 \text{ y se acepta la } H_1$$

##### 4.2.2.2. Nivel de significancia

El nivel de significancia que se tomó para esta investigación en la prueba estadística fue de un nivel de:

$$\text{Alfa} = 0.05 \text{ nivel de significancia}$$

### 4.2.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

#### 4.2.3.1. Para el agregado grueso

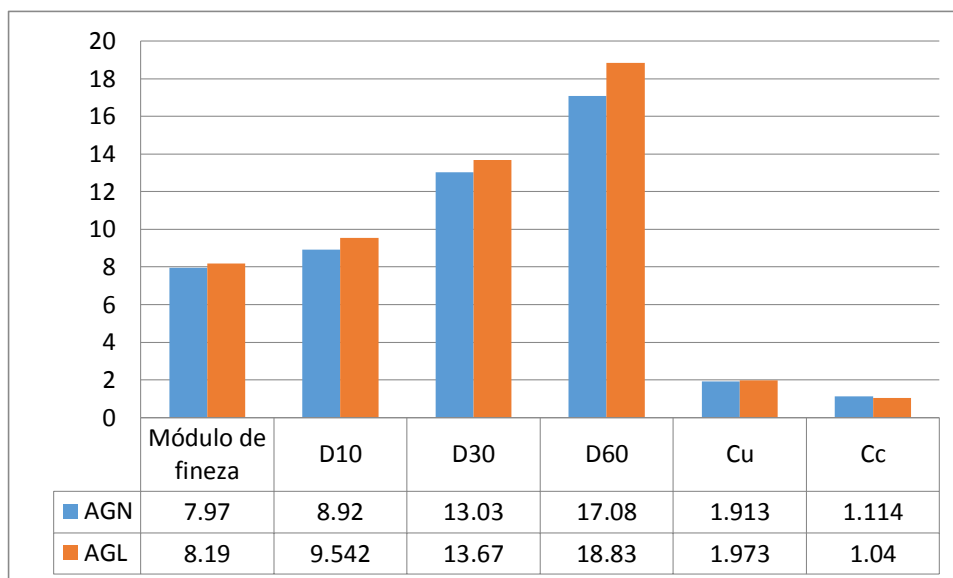


Figura 01: Comparación granulométrica de los AG.

Tabla 29: Resumen Estadístico Análisis granulométrico del AG.

	AGL	AGN
Recuento	6	6
Promedio	8.87417	8.33783
Desviación Estándar	6.81224	6.20288
Coefficiente de Variación	76.7648%	74.3943%
Mínimo	1.04	1.114
Máximo	18.83	17.08
Rango	17.79	15.966
Sesgo Estandarizado	0.272922	0.162661
Curtosis Estandarizada	-0.461456	-0.582764

#### Prueba t

$$T_c = \frac{|8.87417 - 8.33783|}{\sqrt{\frac{6.812^2}{6} + \frac{6.203^2}{6}}}$$



Estadístico  $T_c = 0.142594$

Valor-P = 0.103937

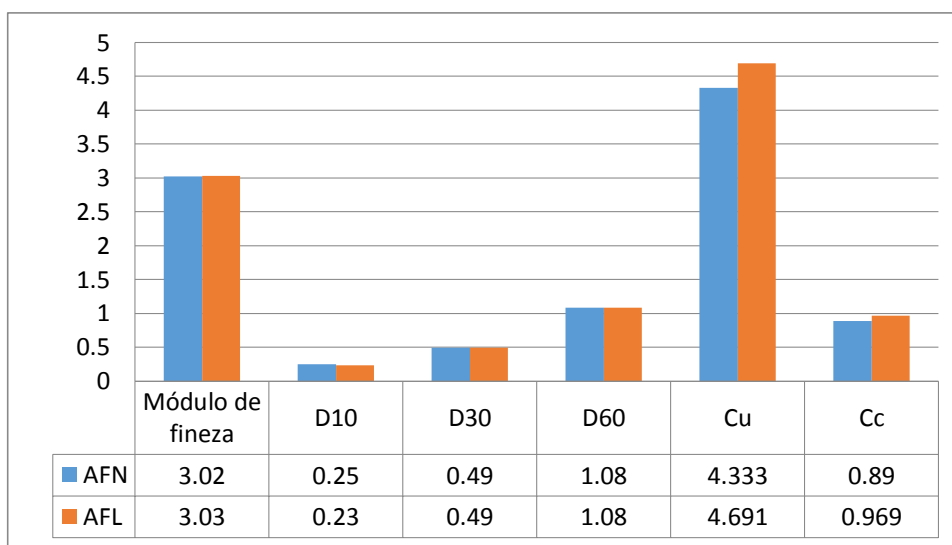
Se ha utilizado el anexo P, para determinar la  $T_t$  la misma que se presenta a continuación:

$$T_t = 2.571$$

**Criterio de decisión:**

Como  $T_c = 0.143$  es menor que  $T_t = 2.571$ , se acepta la hipótesis de  $H_0$  para un  $\alpha = 0.05$ , No hay diferencia significativa entre las propiedades del análisis granulométrico de los agregados gruesos naturales y lavados.

**4.2.3.2. Para el agregado fino**



**Figura 02: Comparación granulométrica de los AF.**

**Tabla 30: Resumen Estadístico Análisis granulométrico del AF.**

	AFL	AFN
Recuento	6	6
Promedio	1.74833	1.67717
Desviación Estándar	1.74612	1.62967
Coficiente de Variación	99.8736%	97.1678%
Mínimo	0.23	0.25
Máximo	4.691	4.333
Rango	4.461	4.083

**Prueba t**

$$T_c = \frac{|1.748 - 1.677|}{\sqrt{\frac{1.746^2}{6} + \frac{1.630^2}{6}}}$$

Estadístico  $T_c = 0.072985$

Valor-P = 0.943257

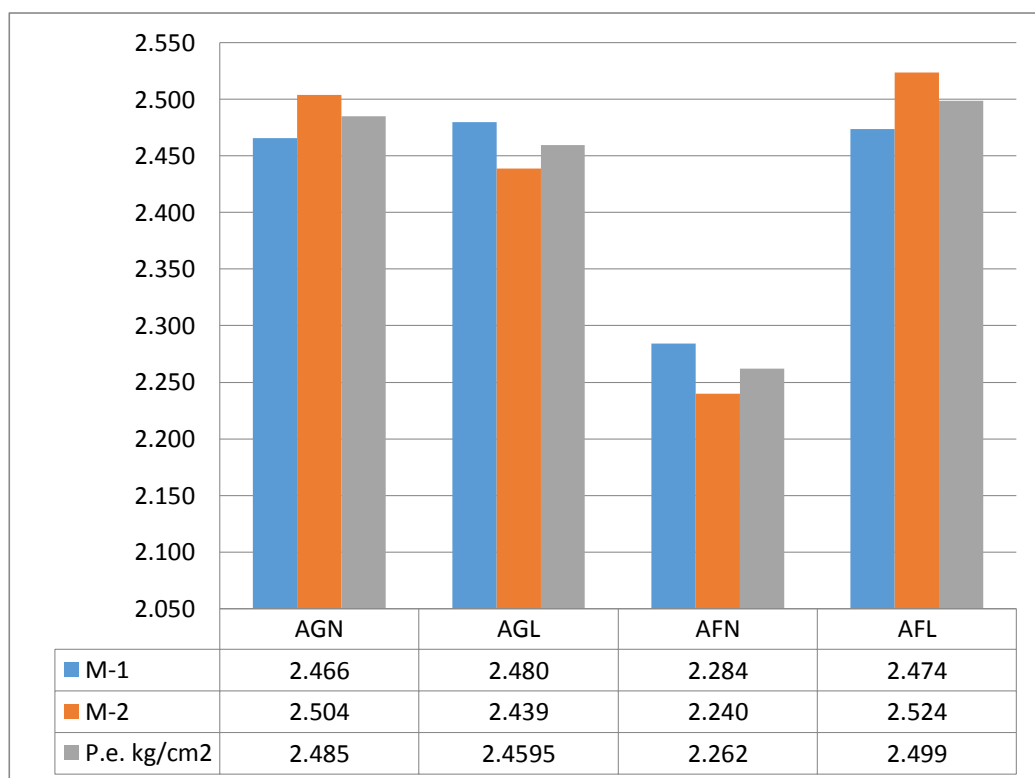
Se ha utilizado el anexo P, para determinar la  $T_t$  la misma que se presenta a continuación:

$$T_t = 2.571$$

**Criterio de decisión:**

Como  $T_c = 0.0730$  es menor que  $T_t = 2.571$ , se acepta la hipótesis de  $H_0$  para un alfa = 0.05, No hay diferencia significativa entre las propiedades físicas de los agregados fino naturales y lavados.

**4.2.4. Peso específico**



**Figura 03: Comparación peso específico de los agregados.**

4.2.4.1. Para el agregado grueso

**Tabla 31: Resumen Estadístico Paso Especifico del AG.**

	AGL	AGN
Recuento	2	2
Promedio	2.4595	2.485
Desviación Estándar	0.0289914	0.0268701
Coefficiente de Variación	1.17875%	1.08129%
Mínimo	2.439	2.466
Máximo	2.48	2.504
Rango	0.041	0.038

**Prueba t**

$$T_c = \frac{|2.460 - 2.485|}{\sqrt{\frac{0.029^2}{2} + \frac{0.027^2}{2}}}$$

Estadístico  $T_c = 0.912316$

Valor-P = 0.457907

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

$$T_t = 4.303$$

Como  $T_c = 0.912$  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 de los agregados gruesos naturales y lavados.

4.2.4.2. Agregado fino

**Tabla 32: Resumen Estadístico Peso específico del AF.**

	AFL	AFN
Recuento	2	2
Promedio	2.499	2.262
Desviación Estándar	0.0353553	0.0311127
Coefficiente de Variación	1.41478%	1.37545%
Mínimo	2.474	2.24
Máximo	2.524	2.284
Rango	0.05	0.044
Sesgo Estandarizado		
Curtosis Estandarizada		

**Prueba t**

$$T_c = \frac{|2.499 - 2.485|}{\sqrt{\frac{0.035^2}{2} + \frac{0.031^2}{2}}}$$

Estadístico  $T_c = 7.11676$

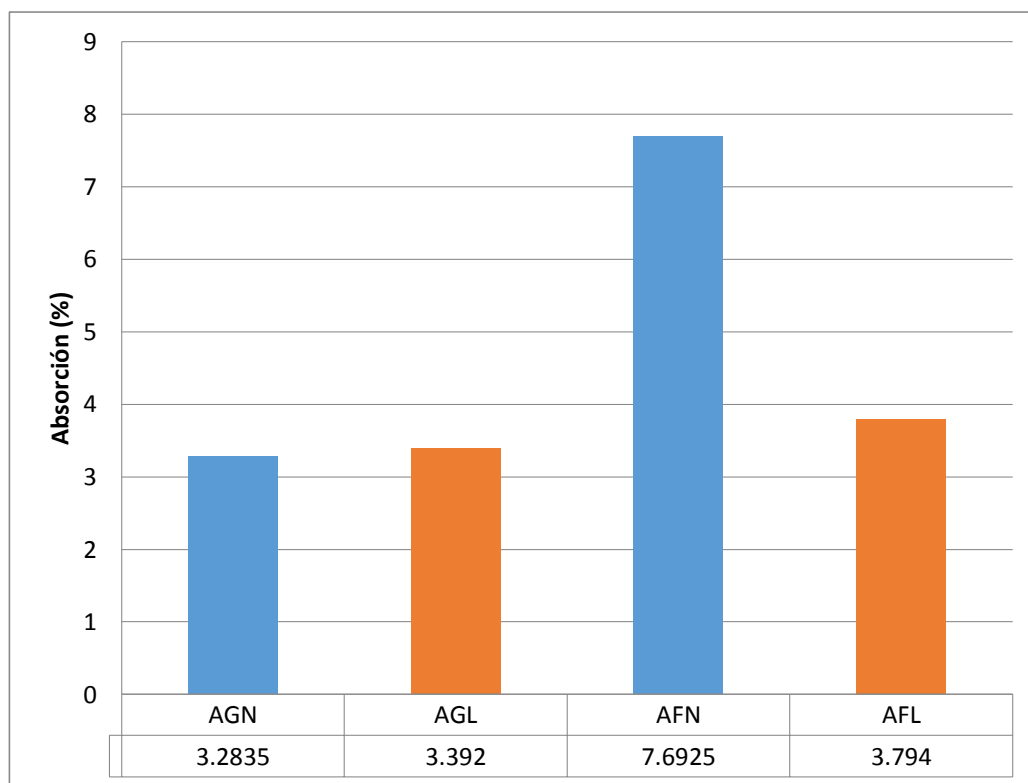
Valor-P = 0.0191778

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

$$T_t = 4.303$$

Como  $T_c = 7.117$  es mayor que  $T_t = 4.303$ , se rechaza la hipótesis de  $H_0$  para un alfa = 0.05, Hay diferencia significativa entre Los pesos específicos de los agregados fino naturales y lavados.

**4.2.5. Absorción**



**Figura 04: Comparación de absorción de los agregados.**

**4.2.5.1. Agregado grueso**

**Tabla 33: Resumen Estadístico de Absorción AG.**

	<i>AGL</i>	<i>AGN</i>
Recuento	2	2
Promedio	3.392	3.2835
Desviación Estándar	0.295571	0.026163
Coefficiente de Variación	8.71376%	0.796801%
Mínimo	3.183	3.265
Máximo	3.601	3.302
Rango	0.418	0.037

**Prueba t**

$$T_c = \frac{|3.392 - 3.284|}{\sqrt{\frac{0.296^2}{2} + \frac{0.026^2}{2}}}$$

Estadístico  $T_c = 0.517117$

Valor-P = 0.656582

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

$$T_t = 4.303$$

Como  $T_c = 0.517$  es menor que  $T_t = 4.303$ , se acepta la hipótesis de  $H_0$  para un alfa = 0.05, No hay diferencia significativa entre el porcentaje de absorción de los agregados gruesos naturales y lavados.

**4.2.5.2. Agregado fino**

**Tabla 34: Resumen Estadístico de Absorción AF.**

	<i>AFL</i>	<i>AFN</i>
Recuento	2	2
Promedio	3.794	7.6925
Desviación Estándar	0.100409	0.147785
Coefficiente de Variación	2.64653%	1.92116%
Mínimo	3.723	7.588
Máximo	3.865	7.797
Rango	0.142	0.209

**Prueba t**

$$T_c = \frac{|3.794 - 7.693|}{\sqrt{\frac{0.100^2}{2} + \frac{0.148^2}{2}}}$$

Estadístico  $T_c = 30.8577$

Valor-P = 0.00104855

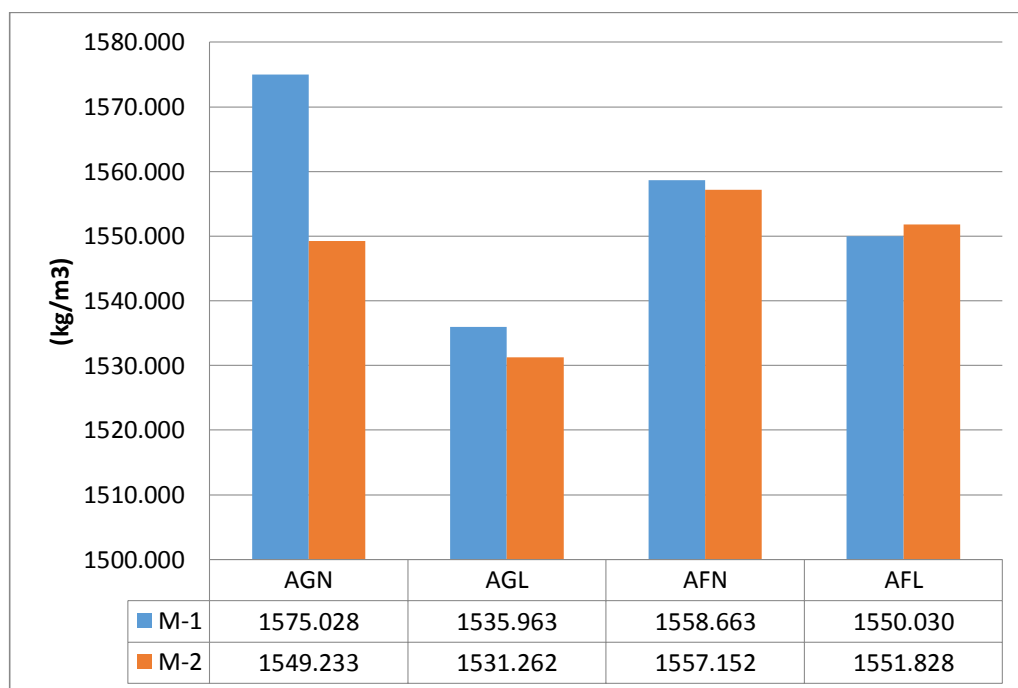
Se ha utilizado el anexo P, para determinar la  $T_t$  la misma que se presenta a continuación:

$$T_t = 4.303$$

Como  $T_c = 30.858$  es mayor que  $T_t = 4.303$ , se rechaza la hipótesis de  $H_0$  para un alfa = 0.05, Hay diferencia significativa entre el porcentaje de absorción de los agregados finos naturales y lavados.

**4.2.6. Pesos volumétricos**

**4.2.6.1. Peso volumétrico seco suelto**



**Figura 05: Comparación de datos de los peso volumétricos**

**4.2.6.2. Agregado grueso**

**Tabla 35: Resumen Estadístico Peso Volumétrico Suelto del AG.**

	<i>AGL</i>	<i>AGN</i>
Recuento	2	2
Promedio	1533.61	1562.13
Desviación Estándar	3.32411	18.2398
Coefficiente de Variación	0.21675%	1.16762%
Mínimo	1531.26	1549.23
Máximo	1535.96	1575.03
Rango	4.701	25.795

**Prueba t**

$$T_c = \frac{|1533.61 - 1562.13|}{\sqrt{\frac{3.324^2}{2} + \frac{18.240^2}{2}}}$$

Estadístico  $T_c = 2.1753$

Valor-P = 0.161604

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

$$T_t = 4.303$$

Como  $T_c = 2.175$  es menor que  $T_t = 4.303$ , se acepta la hipótesis de  $H_0$  para un alfa = 0.05, No hay diferencia significativa entre el peso volumétrico seco suelto de los agregados gruesos naturales y lavados.

**4.2.6.3. Agregado fino**

**Tabla 36: Resumen Estadístico Peso Volumétrico Suelto AF.**

	<i>AFL</i>	<i>AFN</i>
Recuento	2	2
Promedio	1550.93	1557.91
Desviación Estándar	1.27138	1.06844
Coefficiente de Variación	0.0819753%	0.0685816%
Mínimo	1550.03	1557.15
Máximo	1551.83	1558.66
Rango	1.798	1.511

**Prueba t**

$$T_c = \frac{|1550.93 - 1557.91|}{\sqrt{\frac{1.271^2}{2} + \frac{1.068^2}{2}}}$$

Estadístico  $T_c = 5.94269$

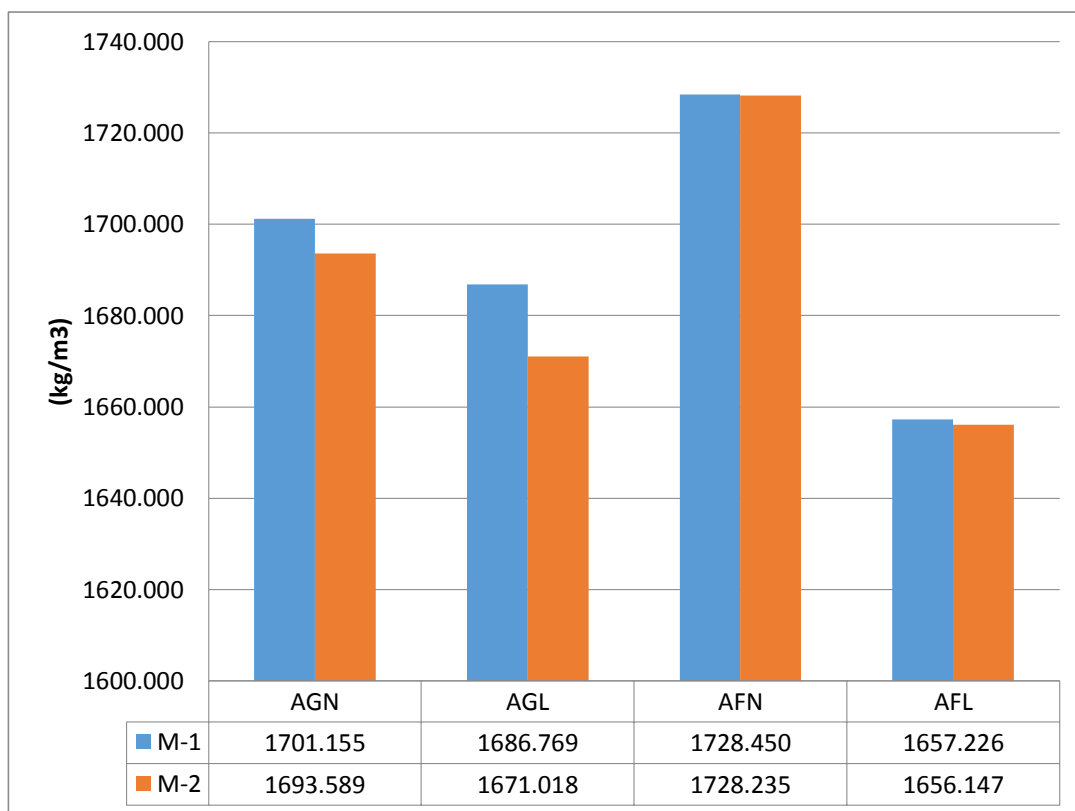
Valor-P = 0.0271675

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

$$T_t = 4.303$$

Como  $T_c = 5.943$  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 naturales y lavados.

**4.2.7. Peso volumétrico seco compactado**



**Figura 06: comparación de los peso volumétricos compactados**



4.2.7.1. Agregado grueso

**Tabla 37: Resumen Estadístico Peso Volumétrico Compactado AG.**

	Col_1	Col_2
Recuento	2	2
Promedio	1697.37	1678.89
Desviación Estándar	5.34997	11.1376
Coefficiente de Variación	0.315191%	0.663392%
Mínimo	1693.59	1671.02
Máximo	1701.16	1686.77
Rango	7.566	15.751

Prueba t

$$T_c = \frac{|1697.37 - 1678.89|}{\sqrt{\frac{5.350^2}{2} + \frac{11.138^2}{2}}}$$

Estadístico  $T_c = 2.11498$

Valor-P = 0.168717

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

$$T_t = 4.303$$

Criterio de decisión:

Como  $T_c = 2.115$  es menor que  $T_t = 4.303$ , se acepta la hipótesis de  $H_0$  para un alfa = 0.05, No hay diferencia significativa entre el peso volumétrico seco compactado de los agregados gruesos naturales y lavados.

4.2.7.2. Agregado fino

**Tabla 38: Resumen Estadístico Peso Volumétrico Compactado AF.**

	AFL	AFN
Recuento	2	2
Promedio	1656.69	1728.34
Desviación Estándar	0.762968	0.152028
Coefficiente de Variación	0.0460539%	0.00879617%
Mínimo	1656.15	1728.23
Máximo	1657.23	1728.45
Rango	1.079	0.215
Sesgo Estandarizado		
Curtosis Estandarizada		

**Prueba t**

$$T_c = \frac{|1656.69 - 1728.34|}{\sqrt{\frac{0.763^2}{2} + \frac{0.152^2}{2}}}$$

Estadístico  $T_c = 130.259$

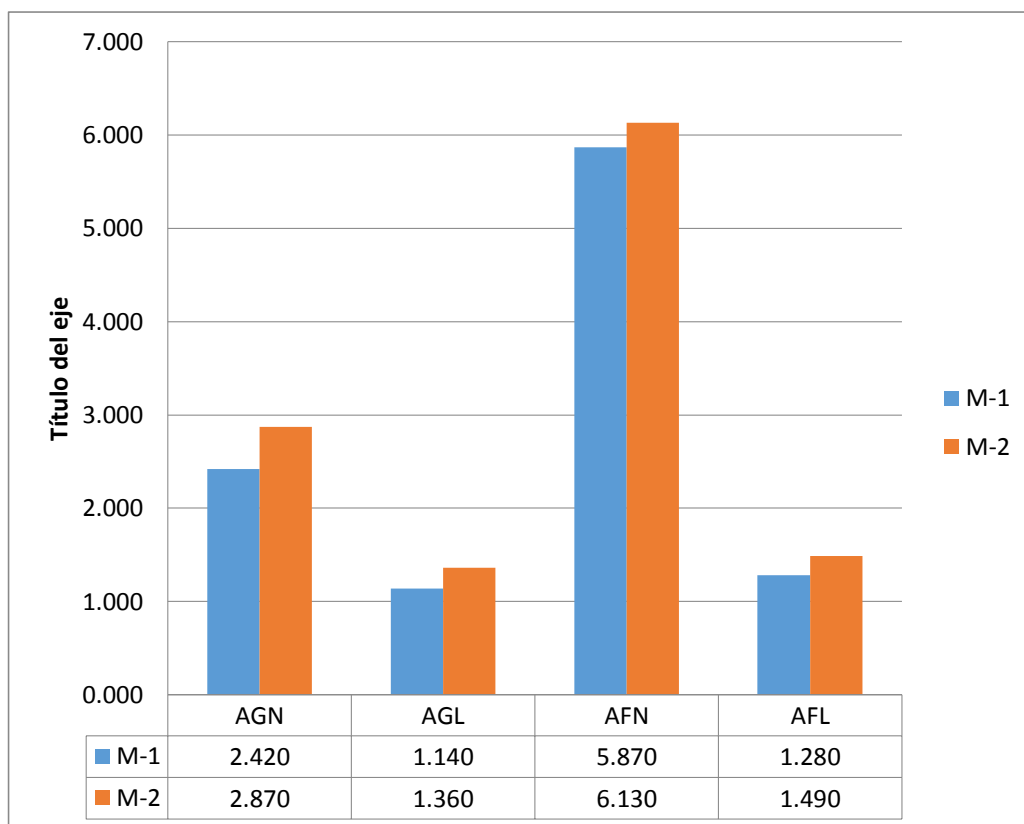
Valor-P = 0.0000589317

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

$$T_t = 4.303$$

Como  $T_c = 130.259$  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 fino naturales y lavados.

**4.2.8. Porcentaje que pasa la malla N°200**



**Figura 07: Comparación del porcentaje que pasa la Malla 200.**

**4.2.8.1. Agregado grueso**

**Tabla 39: Resumen Estadístico material más fino del AG.**

	<i>AGL</i>	<i>AGN</i>
Recuento	2	2
Promedio	1.25	2.645
Desviación Estándar	0.155563	0.318198
Coefficiente de Variación	12.4451%	12.0302%
Mínimo	1.14	2.42
Máximo	1.36	2.87
Rango	0.22	0.45

**Prueba t**

$$T_c = \frac{|1.250 - 2.645|}{\sqrt{\frac{0.15556^2}{2} + \frac{0.318^2}{2}}}$$

Estadístico  $T_c = 5.56998$

Valor-P = 0.0307532

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

$$T_t = 4.303$$

Criterio de decisión:

Como  $T_c = 5.570$  es mayor que  $T_t = 4.303$ , se rechaza la hipótesis de  $H_0$  para un alfa = 0.05, Hay diferencia significativa entre el porcentaje que pasa la malla N° 200 de los agregados gruesos naturales y lavados.

**4.2.8.2. Agregado fino**

**Tabla 40: Resumen Estadístico material más fino del AG.**

	<i>AFL</i>	<i>AFN</i>
Recuento	2	2
Promedio	1.385	6.0
Desviación Estándar	0.148492	0.183848
Coefficiente de Variación	10.7215%	3.06413%
Mínimo	1.28	5.87
Máximo	1.49	6.13
Rango	0.21	0.26

**Prueba t**

$$T_c = \frac{|1.385 - 6.000|}{\sqrt{\frac{0.148^2}{2} + \frac{0.184^2}{2}}}$$

Estadístico  $T_c = 27.6169$

Valor-P = 0.00130857

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

$$T_t = 4.303$$

Criterio de decisión:

Como  $T_c = 27.617$  es mayor que  $T_t = 4.303$ , se rechaza la hipótesis de  $H_0$  para un alfa = 0.05, Hay diferencia significativa entre el porcentaje que pasa la malla N° 200 de los agregados finos naturales y lavados.

**4.2.9. Diseño de mezcla**

**Tabla 41: Datos de los diseño de mezcla para análisis estadístico**

materiales para el concreto	Tipo de Agregado		Diferencia (%)
	Natural	lavado	
Cemento	414.20	414.20	0.0
Agua	193.00	193.00	0.0
Agregado fino	492.90	547.18	-9.9
Agregado grueso	1099.90	1086.24	1.3

**Tabla 42: Resumen Estadístico de los diseños de mezcla**

	AL	AN
Recuento	4	4
Promedio	560.155	550.0
Desviación Estándar	379.93	387.961
Coficiente de Variación	67.8258%	70.5384%
Mínimo	193.0	193.0
Máximo	1086.24	1099.9
Rango	893.24	906.9

Prueba t

$$T_c = \frac{|560.155 - 550.000|}{\sqrt{\frac{379.930^2}{4} + \frac{387.961^2}{4}}}$$

Estadístico  $T_c = 0.0374026$

Valor-P = 0.971377

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

$$T_t = 2.776$$

Como  $T_c = 0.0374026$  es menor que  $T_t = 2.776$ , se acepta la hipótesis de  $H_0$  para un alfa = 0.05, No hay diferencia significativa entre los diseño de mezcla realizados con agregados naturales y lavados.

En conclusión, se modifican las propiedades físicas de los agregados aplicando el procedimiento de lavado, esto coincide con las mencionadas por (Zherdmant, 2006), que después del lavado cumple con los requisitos de norma, otro criterio es el porcentaje que pasa la malla 200, para el material no lavado es del 14.09% y para el lavado es del 3.59%, de una diferencia del 74.5%,y otros aspectos como peso volumétrico, peso específico y absorción que son alterados por el proceso de lavado.

#### 4.2.10. Resistencia

##### 4.2.10.1. Diseño estadístico

Con el fin de poder determinar la influencia de los agregados lavados y adicionalmente el proceso de curado en la resistencia del concreto es que se ha planteado el siguiente diseño experimental, con la finalidad de que se utilice análisis estadístico de ANOVA.

**Tabla 43: Diseño experimental, resistencia de los concretos.**

CONCRETO	AGREGADO					
	SIN LAVAR			NATURAL		
	AUMENTO DE CEMENTO			AUMENTO DE CEMENTO		
	0%	10%	20%	0%	10%	20%
CURADO	130.3	243.5	297.6	274.7	348.0	354.7
	167.7	230.8	331.2	304.2	342.4	360.9
SIN CURAR	82.7	99.7	135.2	128.6	171.7	159.8
	84.2	98.7	136.4	129.2	172.6	161.5

**4.2.10.2.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.

**4.2.10.3.Nivel de significancia**

El nivel de significancia que se tomó para esta investigación en la prueba estadística fue de un nivel de:

$$\text{Alfa} = 0.05 \text{ nivel de significancia}$$

**4.2.10.4.Regla de decisión utilizado**

Se tomó la decisión de acuerdo al cálculo de la P calculada.

Entonces sí:

Si “P”  $\geq$  0.05 : Se acepta la  $H_0$

Si “P”  $<$  0.05 : Se acepta la  $H_1$

**Tabla 44: Análisis de Varianza para resistencia del concreto**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:AGREGADO	31559.3	1	31559.3	208.21	0.0000
B:CEMENTO	25901.8	2	12950.9	85.44	0.0000
C:CURADO	138883.	1	138883.	916.26	0.0000
INTERACCIONES					
AB	4429.68	2	2214.84	14.61	0.0006
AC	3682.8	1	3682.8	24.30	0.0003
BC	5632.62	2	2816.31	18.58	0.0002
ABC	1617.75	2	808.876	5.34	0.0220
RESIDUOS	1818.9	12	151.575		
TOTAL (CORREGIDO)	213525.	23			

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 7 valores-P son menores que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre resistencia con un 95.0% de nivel de confianza.

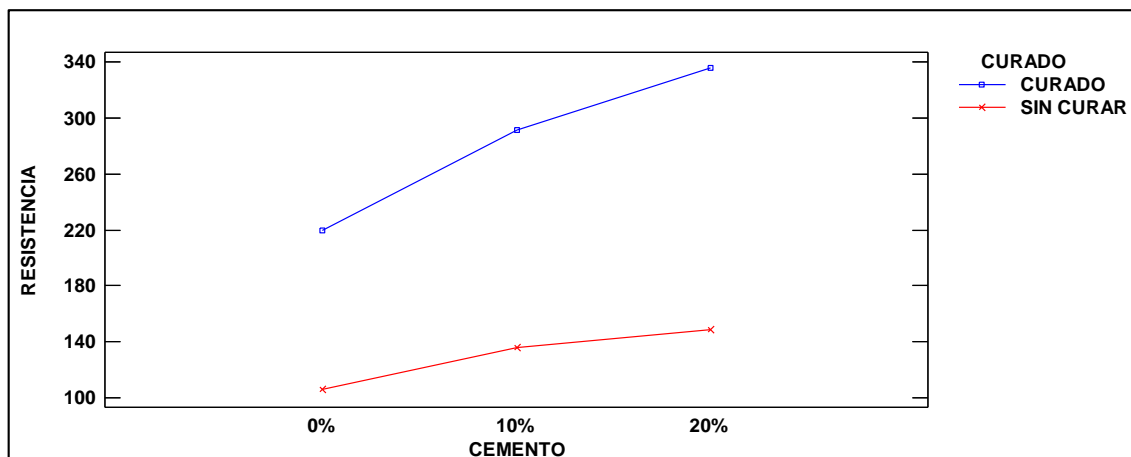


Figura 08: Resistencia del concreto relacionado al curado y cemento

Tabla 45: Método: 95.0 porcentaje Tukey, contraste lavado –s in lavar

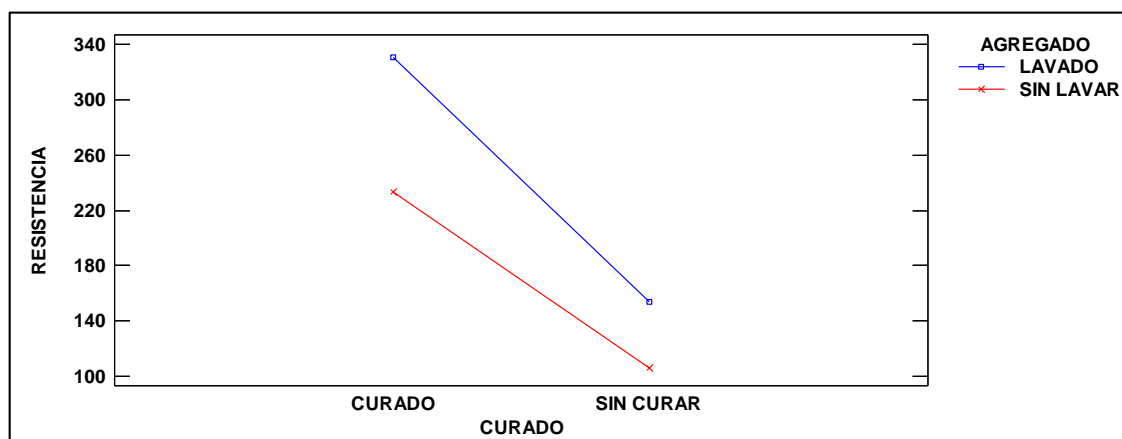
AGREGADO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
SIN LAVAR	12	169.833	3.55405	X
LAVADO	12	242.358	3.55405	X
Contraste		Sig.	Diferencia	+/- Límites
LAVADO - SIN LAVAR		*	72.525	10.9511

\* indica una diferencia significativa.

Los agregados lavados incrementan la resistencia en los concretos y necesitan adicionar poco porcentaje de cemento para alcanzar la máxima resistencia útil según el agregado, en comparación con el agregado sin lavar la cual necesita mayor porcentaje adicional de cemento.

Los resultados coinciden con los estipulados por (muñoz & Oreamuno, 1995), en las que las arenas con cantidades superiores a lo que rige la norma ASTM C-33 para el material pasando la malla #200, tienden a reducir la resistencia del concreto a edades tempranas (7, 28 y 56 días), y a los resultados de (Burgos Pauro, 2012) que según los resultados obtenidos en la presente tesis al incrementar el módulo de finura del

agregado fino de 3.00 a 3.60 hay una disminución de la resistencia del concreto. Concluida la investigación se ha obtenido como resultado que para el módulo de finura 3.00 del agregado fino se da la máxima resistencia del concreto.



**Figura 09: Resistencia del concreto relacionado al curado y agregado**

**Tabla 46: Método: 95.0 porcentaje Tukey contraste curado – sin curar**

CURADO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
SIN CURAR	12	130.025	3.55405	X
CURADO	12	282.167	3.55405	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
CURADO - SIN CURAR	*	152.142	10.9511

\* indica una diferencia significativa.

Los procesos de curado en el concreto influyen en la resistencia del concreto sea con agregado lavado o sin lavar. Como se ve en el grafico se obtiene la máxima resistencia cuando el concreto se le ha dado el debido proceso de curado, si se exime este proceso el concreto se debilita.

#### 4.2.11. Peso volumétrico del concreto

##### 4.2.11.1. Diseño experimental

Para determinar la influencia de los agregados lavados en el peso volumétrico del concreto se ha planteado el siguiente diseño experimental.



**Tabla 47: Diseño experimental, peso volumétrico de los concretos.**

CONCRETO	AGREGADO					
	SIN LAVAR			NATURAL		
	AUMENTO DE CEMENTO					
	0%	10%	20%	0%	10%	20%
CURADO	2267.3	2239.6	2268.8	2282.6	2344.1	2263.3
	2291.3	2278.1	2257.8	2262.6	2305.8	2248.6
SIN CURAR	2198.4	2167.6	2197.9	2241.8	2237.4	2208.8
	2210.2	2160.1	2198.3	2259.7	2226.0	2230.7

**Tabla 48: Análisis de Varianza para peso volumétrico**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:AGREGADO	5890.67	1	5890.67	24.58	0.0002
B:CEMENTO	1237.64	2	618.82	2.58	0.1110
C:CURADO	24897.0	1	24897.0	103.89	0.0000
INTERACCIONES					
AB	3972.91	2	1986.46	8.29	0.0042
AC	1173.2	1	1173.2	4.90	0.0441
BC	2652.93	2	1326.47	5.53	0.0169
RESIDUOS	3355.22	14	239.659		
TOTAL (CORREGIDO)	43179.6	23			

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de peso volumétrico en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. 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 peso volumétrico con un 95.0% de nivel de confianza.

Se observa que existe diferencia de los pesos volumetricos por influencia de los agregados y por el porceso de curado, mas no hay diferencia por el aumento de cemento.

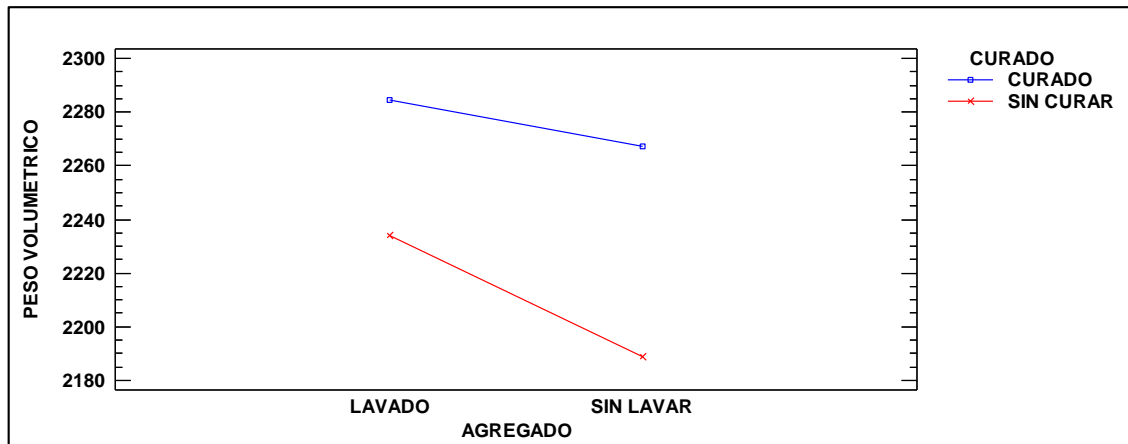


Figura 10: peso volumétrico del concreto relacionado al curado y agregado

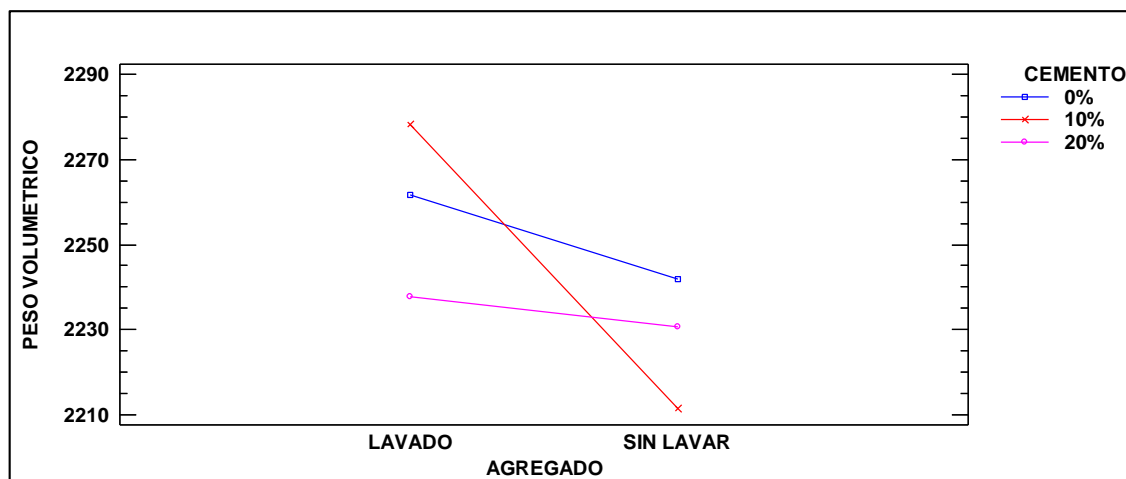
Tabla 49: Pruebas de Múltiple Rangos para peso volumétrico por curado

<i>CURADO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
SIN CURAR	12	2211.41	4.46895	X
CURADO	12	2275.83	4.46895	X
<i>Contraste</i>		<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
CURADO - SIN CURAR		*	64.4167	13.5552

\* indica una diferencia significativa.

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. Se ha colocado un asterisco junto a 1 par, indicando que este par muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Los concretos elaborados con agregados lavados presentan mayor peso específico, y esta disminuye si no se le va un adecuado proceso de curado.



**Figura 11: peso volumétrico del concreto relacionado al cemento y agregado**

Con el incremento del 10% de cemento sobre el diseño inicial se logra un máximo de peso específico, y si se sigue aumentando cemento el peso volumétrico tiende a disminuir.

## CONCLUSIONES

- La disminución de fino pasante la malla N° 200, a través del proceso de lavado de los agregados finos y gruesos proveniente de tajo abierto, genera diferencia significativa en las propiedades físicas de los agregados finos, lo que no ocurre en los agregados gruesos, en comparación con los agregados sin lavar.
- La disminución de los finos menores a la malla N° 200, tienen un efecto estadísticamente significativo sobre resistencia del concreto con un 95.0% de nivel de confianza. Se consigue mayores resistencias del concreto con el uso de agregados lavados, con una diferencia estadística de 152.1%, en comparación con los agregados de tajo abierto, siempre y cuando se le dé un adecuado proceso de curado, de lo contrario disminuye significativamente su resistencia a la compresión. Se necesita un aumento de cemento cercano al 10% del diseño original para alcanzar una resistencia optima con agregados lavados, contrariamente sucede con los agregados sin lavar, las cuales necesitan cemento superior al 30% de aumento en referencia al diseño original. Con el uso de agregados lavados se obtienen concretos con mayor peso volumétrico, sin embargo si este no recibe un adecuado proceso de curado esta tiende a descender cercano a un 64.4%.

### RECOMENDACIONES

- Se recomienda investigar sobre las consecuencias del uso de agregados lavados con adición de aditivos contra las heladas, esto debido a que los aditivos son adicionales de material fino que tienen propiedades de resistencias a las heladas mas no incrementa la resistencia.
- Investigar sobre las modificaciones de las propiedades de los agregados lavados provenientes de diferentes canteras. Es bueno conocer las propiedades físicas y de resistencia de las canteras de Puno, con el fin de poder determinar sus porcentajes de fino y su predicción de diseño de mezcla.
- Se recomienda investigar sobre los posibles costos de lavado de agregado y su posible funcionamiento en Puno, con el fin de su posible implementación en el futuro.
- Realizar la investigación considerando los desgastes de los agregados por fricción, para concretos de pavimentos de alto tráfico.

**REFERENCIAS**

- Burgos, E. G. (2012). Variación del módulo de finura del agregado fino de 3.0 a 3.6 en concreto de mediana a baja resistencia. Lima, Perú: UNI, Universidad Nacional de Ingeniería.
- Harmsen, T. (2017). Diseño de estructuras de concreto armado, 5ta edición. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- MTC, V. (2016). Manual de Ensayos de Materiales. Lima, Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- Muñoz, F., & Oreamuno, J. (1995). Influencia de los finos pasando la malla n° 200 (astm9 en mezclas de concreto con cemento portland con adiciones. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Padrón, E. (1996). Diseño experimentales, con aplicación a la agricultura y la ganadería. D.F. México: Trillas, S.A. de C.V.
- Rique, G. J. (2011). Estudio del concreto de mediana a baja resistencia variando el módulo de fineza del agregado fino. Lima, Perú: UNI, Universidad Nacional de ingeniería.
- Rivvas, E. (2014). Naturaleza y materiales del concreto, 2da edición. Lima, Perú: ICG, Instituto de la Construcción y Gerencia.
- RNE, M. (2017). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, Perú: Ministerio de Vivienda.
- Santa, N. M. (2001). Influencia de la cantidad de agregado más fino que pasa la malla n° 100 en la resistencia mecánica del concreto de baja y mediana resistencia fabricado con cemento tipo i andino. Lima, Perú: UNI.
- Zherdmant, F. (2006). Análisis de los procesos para implementar sistemas complementarios en una planta para lavado de arena. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

ANEXOS

Anexo A: Análisis Granulométrico del agregado grueso lavado



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

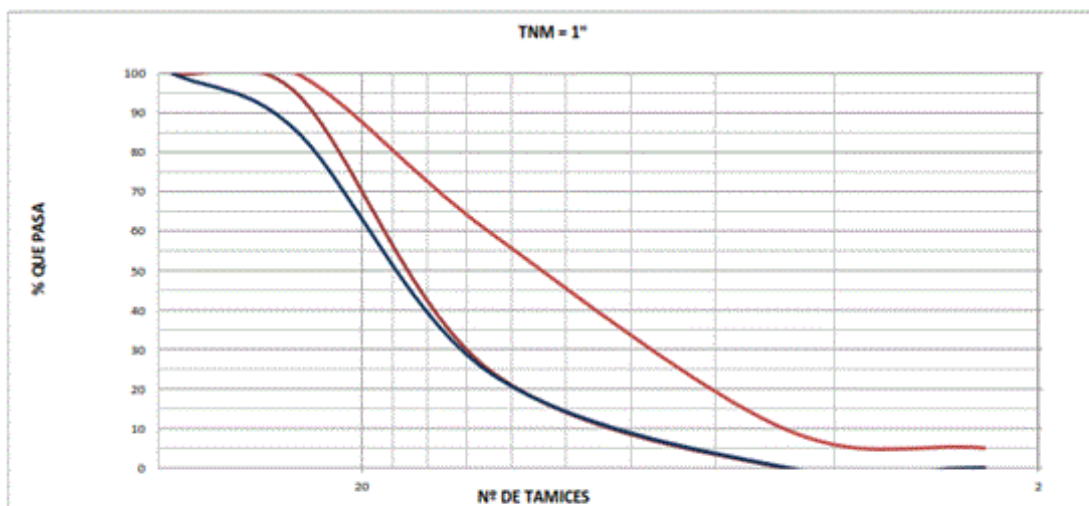


**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
 CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS A.G.**

"INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE MEZCLA Y RESISTENCIA EN CONCRETOS CON LA DISMINUCIÓN DEL MATERIAL FINO PASANTE DEL TAMIZ N° 200 (ASTM) .ELABORADOS EN LA CIUDAD DE PUNO "

PROYECTO :  
 SOLICITADO POR : Bach. RUBÉN ALEXANDER PACSI CATACORA MUESTRA : M-1 AGREGADO GRUESO NATURAL LAVADO  
 FECHA : 15 DICIEMBRE DEL 2017 CANTERA : CUTIMBO

TAMIZ Pulg.	ABERTURA mm.	PESO RETEN.	% R. PARCIAL	% R. ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
						TNM = 1"		
3"	76.200	0	0.00	0.00	0.00			P. muestra = 1310  MF = 8.19  Características D10 = 9.542 Cu = 1.973 D30 = 13.67 Cc = 1.04 D60 = 18.83
2 1/2"	63.500	0	0.00	0.00	0.00			
2"	50.600	0	0.00	0.00	100.00			
1 1/2"	38.100	0	0.00	0.00	100.00			
1"	25.400	191	14.58	14.58	85.42	100	100	
3/4"	19.050	316	24.12	38.70	61.30	90	100	
1/2"	12.700	484	36.95	75.65	24.35			
3/8"	9.525	189	14.43	90.08	9.92	20	55	
1/4"	6.350	111	8.47	98.55	1.45			
N° 04	4.760	16	1.22	99.77	0.23	0	10	
N° 08	2.380	3	0.23	100.00	0.00	0	5	
SUM.T		1310	100.00					



OBSERVACIONES:  
 Su granulometría se encuentra dentro de las especificaciones ASTM.

Anexo B: Análisis Granulométrico del agregado grueso natural



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

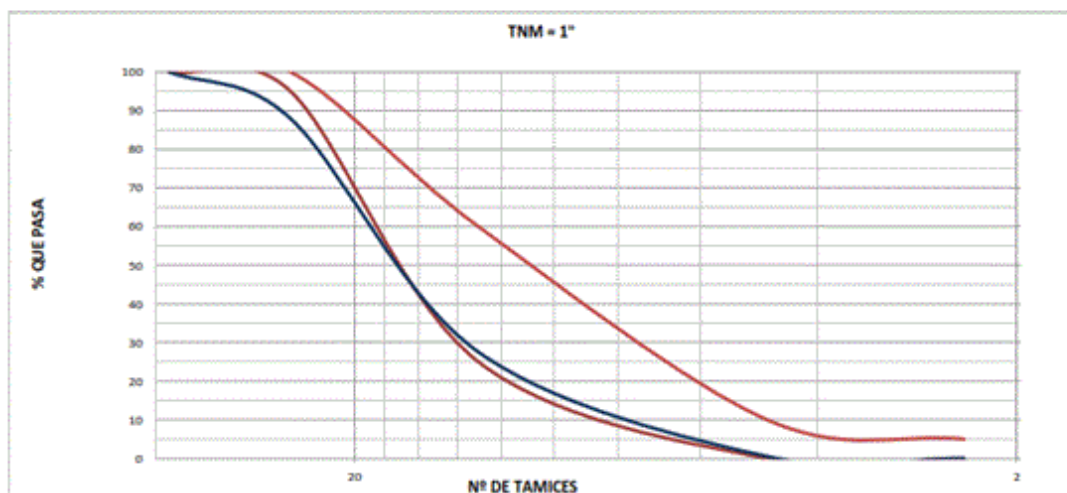


**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
 CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS A.G.**

"INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE MEZCLA Y RESISTENCIA EN CONCRETOS CON LA DISMINUCIÓN DEL MATERIAL FINO PASANTE DEL TAMIZ N°. 200 (ASTM) ,ELABORADOS EN LA CIUDAD DE PUNO "

PROYECTO :  
 SOLICITADO POR : Bach. RUBÉN ALEXANDER PACSI CATACORÁ MUESTRA : M-1 AGREGADO GRUESO NATURAL  
 FECHA : 15 DICIEMBRE DEL 2017 CANTERA : CUTIMBO

TAMIZ Pulg.	ABERTURA mm.	PESO RETEN.	% R. PARCIAL	% R. ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
						TNM = 1"		
3"	76.200	0	0.00	0.00	0.00			P. muestra = 1104  MF = 7.97  Características D10 = 8.92 Cu = 1.913 D30 = 13.03 Cc = 1.114 D60 = 17.08
2 1/2"	63.500	0	0.00	0.00	0.00			
2"	50.600	0	0.00	0.00	100.00			
1 1/2"	38.100	0	0.00	0.00	100.00			
1"	25.400	133	12.05	12.05	87.95	100	100	
3/4"	19.050	147	13.32	25.36	74.64	90	100	
1/2"	12.700	520	47.10	72.46	27.54			
3/8"	9.525	173	15.67	88.13	11.87	20	55	
1/4"	6.350	109	9.87	98.01	1.99			
N° 04	4.760	16	1.45	99.46	0.54	0	10	
N° 08	2.380	6	0.54	100.00	0.00	0	5	
SUM.T		1104	100.00					



OBSERVACIONES:  
 Su granulometría se encuentra dentro de las especificaciones ASTM.



Anexo C: Análisis Granulométrico del agregado fino lavado



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

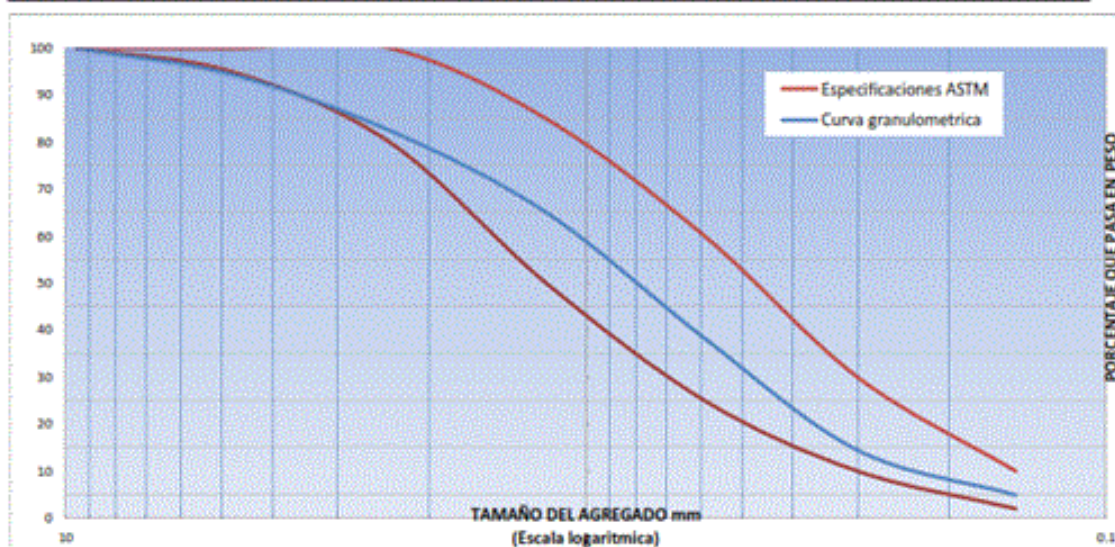


**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
 AGREGADO FINO**

"INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE MEZCLA Y RESISTENCIA EN CONCRETOS CON LA DISMINUCIÓN DEL MATERIAL FINO PASANTE DEL TAMIZ N°. 200 (ASTM) ELABORADOS EN LA CIUDAD DE PUNO"

PROYECTO TESIS :  
 SOLICITADO POR : Bach. RUBÉN ALEXANDER PACSI CATAORA MUESTRA : M-1 AGREGADO FINO NATURAL LAVADO  
 FECHA : 15 DICIEMBRE DEL 2017 CANTERA : CUTIMBO

TAMIZ Pulg.	ABERTURA mm.	PESO RETEN.	% R. PARCIAL	% R. ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES ASTM	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100 100	P. muestra = 429 MF = 3.03 Características D10 = 0.23 Cu = 4.691 D30 = 0.49 Cc = 0.969 D60 = 1.08
1/4"	8.350	9.00	2.10	2.10	97.90		
N° 04	4.780	15.00	3.50	5.59	94.41	95 100	
N° 08	2.380	51.00	11.89	17.48	82.52	80 100	
N° 16	1.190	75.00	17.48	34.97	65.03	50 85	
N° 30	0.590	115.00	26.81	61.77	38.23	25 60	
N° 50	0.300	102.00	23.78	85.55	14.45	10 30	
N° 100	0.149	41.00	9.56	95.10	4.90	02 10	
N° 200	0.074	14.00	3.26	98.37	1.63		
BASE	0.000	7.00	1.63	100.00	0.00		
SUM.T		429.00	100.00	500.93	499.07		



OBSERVACIONES:  
 El modulo de fineza se encuentra dentro del rango

Anexo D: Análisis Granulométrico del agregado fino natural



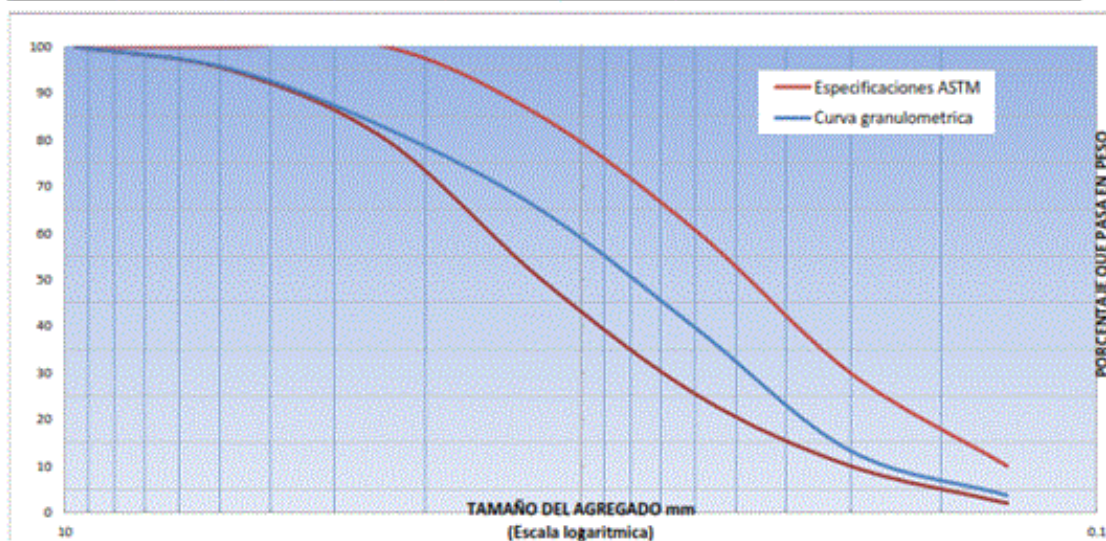
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA  
 LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
 AGREGADO FINO**

PROYECTO TESIS : "INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE MEZCLA Y RESISTENCIA EN CONCRETOS CON LA DISMINUCIÓN DEL MATERIAL FINO PASANTE DEL TAMIZ N°. 200 (ASTM) ,ELABORADOS EN LA CIUDAD DE PUNO "  
 SOLICITADO POR : Bach. RUBÉN ALEXANDER PACSI CATACORA MUESTRA : M-1 AGREGADO FINO NATURAL  
 FECHA : 15 DICIEMBRE DEL 2017 CANTERA : CUTIMBO

TAMIZ Pulg.	ABERTURA mm.	PESO RETEN.	% R. PARCIAL	% R. ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES ASTM	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100 100	P. muestra = 407 MF = 3.02 Características D10 = 0.25 Cu = 4.333 D30 = 0.49 Cc = 0.89 D60 = 1.08
1/4"	8.350	4.00	0.98	0.98	99.02		
N° 04	4.780	15.00	3.69	4.67	95.33	95 100	
N° 08	2.380	52.00	12.78	17.44	82.56	80 100	
N° 16	1.190	72.00	17.69	35.14	64.86	50 85	
N° 30	0.590	105.00	25.80	60.93	39.07	25 60	
N° 50	0.300	105.00	25.80	86.73	13.27	10 30	
N° 100	0.149	39.00	9.58	96.31	3.69	02 10	
N° 200	0.074	12.00	2.95	99.26	0.74		
BASE	0.000	3.00	0.74	100.00	0.00		
SUM.T		407.00	100.00	501.47	498.53		



OBSERVACIONES:  
 El modulo de fineza se encuentra dentro del rango

Anexo E: Peso específico y absorción en el agregado grueso lavado



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 : "INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE MEZCLA Y RESISTENCIA EN CONCRETOS CON LA DISMINUCIÓN DEL MATERIAL FINO PASANTE DEL TAMIZ N°. 200 (ASTM) ,ELABORADOS EN LA CIUDAD DE PUNO "  
 SOLICITADO POR : Bach. RUBÉN ALEXANDER PACSI CATAORA MUESTRA : AGREGADO GRUESO NATURAL LAVADO  
 FECHA : 15 DICIEMBRE DEL 2017 CANTERA : CUTIMBO

AGREGADO GRUESO

METODO DEL CESTO SUMERGIDO

Numero de ensayo		1	2	3	Und.
A	Peso del cesto + gancho	985.00	985.00		g
B	Peso del cesto + gancho + Msss	1763.00	2251.00		g
C	Peso del cesto sumergido	938.00	944.00		g
D	Peso del cesto sumergido + Msss	1412.00	1709.00		g
E	Peso charola	443.00	438.00		g
F	Peso charola + material seco	1197.00	1660.00		g
G	Peso de la muestra seca (F-E)	754.00	1222.00		g
H	Peso del material SSS (B-A)	778.00	1266.00		g
I	Peso en el agua de la muestra SSS (D-C)	474.00	765.00		g
J	Peso específico (G/(H-I))	2.480	2.439		g/cm <sup>3</sup>
	Promedio peso específico (G/(H-I))		2.460		g/cm <sup>3</sup>
K	Absorción % ((H-G)/G)	3.183	3.601		%
	Promedio absorción % ((H-G)/G)		3.392		%

**Anexo F: Peso específico y absorción en el agregado grueso natural**



**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 : "INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE MEZCLA Y RESISTENCIA EN CONCRETOS CON LA DISMINUCIÓN DEL MATERIAL FINO PASANTE DEL TAMIZ N°. 200 (ASTM) ,ELABORADOS EN LA CIUDAD DE PUNO "

SOLICITADO POR : Bach. RUBÉN ALEXANDER PACSI CATACTORA MUESTRA : AGREGADO GRUESO NATURAL

FECHA : 15 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	1747.00	1645.00		g
C	Peso del cesto sumergido	935.00	934.00		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)	759.00	657.00		g
I	Peso en el agua de la muestra SSS (D-C)	461.00	403.00		g
J	Peso específico (G/(H-I))	2.466	2.504		g/cm <sup>3</sup>
	Promedio peso específico (G/(H-I))		2.485		g/cm <sup>3</sup>
K	Absorción % ((H-G)/G)	3.265	3.302		%
	Promedio absorción % ((H-G)/G)		3.284		%

Anexo G: Peso específico y absorción en el agregado fino lavado



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 : "INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE MEZCLA Y RESISTENCIA EN CONCRETOS CON LA DISMINUCIÓN DEL MATERIAL FINO PASANTE DEL TAMIZ N°. 200 (ASTM) ,ELABORADOS EN LA CIUDAD DE PUNO "

SOLICITADO POR : Bach. RUBÉN ALEXANDER PACSI CATACORA MUESTRA : AGREGADO FINO NATURAL LAVADO

FECHA : 15 DICIEMBRE DEL 2017 CANTERA : CUTIMBO

AGREGADO FINO

METODO DEL PIGNOMETRO

	Numero de ensayo	1	2	3	Und.
A	Peso pignometro	306.00	306.00		g
B	Peso pignometro + H2O	861.00	861.00		g
C	Peso pignometro + Msss	696.00	521.00		g
D	Peso pignometro + H2O + Msss	1099.00	994.00		g
E	Peso charola	273.00	274.00		g
F	Peso charola + M.seco	649.00	481.00		g
G	Peso de la muestra seca (F-E)	376.00	207.00		g
H	Peso de la muestra saturada SS (C-A)	390.00	215.00		g
I	Peso especifico (G/(B+H-D))	2.474	2.524		g/cm³
<b>Contenido de humedad promedio (%)</b>		<b>2.499</b>			
J	Absorción ((H-G)/G)	3.723	3.865		%
Absorción promedio		<b>3.794</b>			%

Anexo H: Peso específico y absorción en el agregado fino natural



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 : "INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE MEZCLA Y RESISTENCIA EN CONCRETOS CON LA DISMINUCIÓN DEL MATERIAL FINO PASANTE DEL TAMIZ N°. 200 (ASTM) ,ELABORADOS EN LA CIUDAD DE PUNO "

SOLICITADO POR : Bach. RUBÉN ALEXANDER PACSI CATACTORA MUESTRA : AGREGADO FINO NATURAL

FECHA : 15 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	859.00	860.00		g
D	Peso pignometro + H2O + Msss	1192.00	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)	553.00	553.00		g
I	Peso especifico (G/(B+H-D))	2.284	2.240		g/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad promedio (%)		2.262			
J	Absorción ((H-G)/G)	7.588	7.797		%
Absorción promedio		7.692			%

Anexo I: Peso unitario del agregado grueso lavado



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 : "INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE MEZCLA Y RESISTENCIA EN CONCRETOS CON LA DISMINUCIÓN DEL MATERIAL FINO PASANTE DEL TAMIZ N°. 200 (ASTM) ,ELABORADOS EN LA CIUDAD DE PUNO "

SOLICITADO POR : Bach. RUBÉN ALEXANDER PACSI CATACTORA MUESTRA : AGREGADO GRUESO NATURAL LAVADO

FECHA : 15 DICIEMBRE DEL 2017 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)	13.105	13.309	
Peso del agregado suelto en el molde (kg)	12.385	12.589	
Peso volumétrico seco suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1535.963	1561.262	
Peso volumétrico promedio seco suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1548.612		

**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)	14.321	14.194	
Peso del agregado compactado en el molde (kg)	13.601	13.474	
Peso volumétrico seco compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1686.769	1671.018	
Peso volumétrico promedio seco compact. (kg/m <sup>3</sup> )	1678.893		

Anexo J: 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 : "INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE MEZCLA Y RESISTENCIA EN CONCRETOS CON LA DISMINUCIÓN DEL MATERIAL FINO PASANTE DEL TAMIZ Nº. 200 (ASTM) .ELABORADOS EN LA CIUDAD DE PUNO "

SOLICITADO POR : Bach. RUBÉN ALEXANDER PACSI CATACTORA MUESTRA : AGREGADO GRUESO NATURAL

FECHA : 15 DICIEMBRE DEL 2017 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		



**Anexo K: Peso unitario del agregado fino lavado**



**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 : "INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE MEZCLA Y RESISTENCIA EN CONCRETOS CON LA DISMINUCIÓN DEL MATERIAL FINO PASANTE DEL TAMIZ N°. 200 (ASTM) ,ELABORADOS EN LA CIUDAD DE PUNO "

SOLICITADO POR : Bach. RUBÉN ALEXANDER PACSI CATACTORA MUESTRA : AGREGADO FINO NATURAL LAVADO

FECHA : 15 DICIEMBRE DEL 2017 CANTERA : CUTIMBO

**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)	4.641	4.646	
Peso del agregado suelto en el molde (kg)	4.309	4.314	
Peso volumétrico seco suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1550.030	1551.828	
Peso volumétrico promedio seco suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1550.929		

**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)	4.939	4.936	
Peso del agregado compactado en el molde (kg)	4.607	4.604	
Peso volumétrico seco compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1657.226	1656.147	
Peso volumétrico promedio seco compact. (kg/m <sup>3</sup> )	1656.686		

Anexo L: 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 : "INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE MEZCLA Y RESISTENCIA EN CONCRETOS CON LA DISMINUCIÓN DEL MATERIAL FINO PASANTE DEL TAMIZ N°. 200 (ASTM) ,ELABORADOS EN LA CIUDAD DE PUNO "

SOLICITADO POR : Bach. RUBÉN ALEXANDER PACSI CATAORA MUESTRA : AGREGADO FINO NATURAL

FECHA : 15 DICIEMBRE DEL 2017 CANTERA : CUTIMBO

**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)	4.665	4.633	
Peso del agregado suelto en el molde (kg)	4.333	4.301	
Peso volumétrico seco suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1558.663	1547.152	
Peso volumétrico promedio seco suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1552.907		

**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)	5.137	5.192	
Peso del agregado compactado en el molde (kg)	4.805	4.860	
Peso volumétrico seco compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1728.450	1748.235	
Peso volumétrico promedio seco compact. (kg/m <sup>3</sup> )	1738.343		

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 : "INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE MEZCLA Y RESISTENCIA EN CONCRETOS CON LA DISMINUCIÓN DEL MATERIAL FINO PASANTE DEL TAMIZ N°. 200 (ASTM) ,ELABORADOS EN LA CIUDAD DE PUNO "

SOLICITADO POR : Bach. RUBÉN ALEXANDER PACSI CATAFORA MUESTRA : AGREGADO NATURAL LAVADO

FECHA : 15 DICIEMBRE DEL 2017 CANTERA : CUTIMBO

**AGREGADO FINO**

	Numero de ensayo	1	2	3	Und.
A	Peso tamiz N° 200	345.00	346.00		g
B	Peso tamiz + agregado sin lavar	741.00	618.00		g
C	Peso charola	444.00	441.00		g
D	Peso charola + agregado seco	835.00	709.00		g
E	peso de muestra sin lavar	396.00	272.00		
F	Peso de muestra lavado	391.00	268.00		
G	Porcentaje que pasa N° 200	1.28	1.49		g
		<b>1.386</b>			

**AGREGADO GRUESO**

	Numero de ensayo	1	2	3	Und.
A	Peso tamiz N° 200	348.00	348.00		g
B	Peso tamiz + agregado sin lavar	879.00	869.00		g
C	Peso charola	273.00	285.00		g
D	Peso charola + agregado seco	798.00	799.00		g
E	peso de muestra sin lavar	531.00	521.00		
F	Peso de muestra lavado	525.00	514.00		
G	Porcentaje que pasa N° 200	1.14	1.36		g
		<b>1.252</b>			

**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 : "INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE MEZCLA Y RESISTENCIA EN CONCRETOS CON LA DISMINUCIÓN DEL MATERIAL FINO PASANTE DEL TAMIZ N°. 200 (ASTM) ,ELABORADOS EN LA CIUDAD DE PUNO "

SOLICITADO POR : Bach. RUBÉN ALEXANDER PACSI CATAFORA MUESTRA : AGREGADO NATURAL

FECHA : 15 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		

Anexo Ñ: Resumen de resistencia de concretos con agregados lavados



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



**ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS**

"INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE MEZCLA Y RESISTENCIA EN CONCRETOS CON LA DISMINUCIÓN DEL MATERIAL FINO PASANTE DEL TAMIZ N°. 200 (ASTM), ELABORADOS EN LA CIUDAD DE PUNO "

PROYECTO TESIS : Bach. RUBÉN ALEXANDER PACSI CATAORA

MUESTRA : CONCRETO CON AGREGADO LAVADO  
 CANTERA : CUTIMBO

Nº	Peso (kg)	Diámetro			Area (cm2)	Altura			Volumen (cm3)	Peso unitario (kg/m3)	Resistencia (KN)	f'c (kg/cm2)	Adición de cemento	Proceso de curado
		1	2	3		1	2	3						
1	12.128	15.1	15.1	14.9	177.5	29.9	30.0	29.9	5313.2	2282.6	478.4	274.7	0%	si
2	12.035	15.1	14.9	15.1	177.5	30.0	30.0	29.9	5319.1	2262.6	529.6	304.2	0%	si
3	12.004	15.2	14.8	15.2	178.3	30.0	30.0	30.1	5354.6	2241.8	224.9	128.6	0%	no
4	12.100	15.2	14.9	15.1	178.3	30.1	30.0	30.0	5354.6	2259.7	226.0	129.2	0%	no
5	12.139	14.8	15.0	14.7	172.8	29.9	29.9	30.1	5178.5	2344.1	589.9	348.0	10%	si
6	12.035	14.9	14.8	15.0	174.4	29.9	30.0	29.9	5219.4	2305.8	585.7	342.4	10%	si
7	11.587	14.8	14.9	14.9	173.6	29.8	29.8	29.8	5178.7	2237.4	292.4	171.7	10%	no
8	11.605	14.9	14.8	14.9	173.6	30.0	30.0	30.1	5213.4	2226.0	294.0	172.6	10%	no
9	12.719	15.6	15.1	15.3	184.7	30.4	30.5	30.4	5619.7	2263.3	642.4	354.7	20%	si
10	12.160	15.3	15.2	15.0	180.7	30.0	29.9	29.9	5407.9	2248.6	639.7	360.9	20%	si
11	12.359	15.3	15.2	15.4	183.9	30.4	30.4	30.5	5595.3	2208.8	288.2	159.8	20%	no
12	12.400	15.4	15.2	15.2	183.1	30.4	30.3	30.4	5558.7	2230.7	290.0	161.5	20%	no

Anexo O: Resumen, resistencia de concretos con agregados sin lavados



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



**ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS**

"INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE MEZCLA Y RESISTENCIA EN CONCRETOS CON LA DISMINUCIÓN DEL MATERIAL FINO PASANTE DEL TAMIZ N°. 200 (ASTM), ELABORADOS EN LA CIUDAD DE PUNO"

PROYECTO TESIS :  
 RESUMEN ELABORADO:

Bach. RUBÉN ALEXANDER PACSI CATAFORA

MUESTRA : CONCRETO CON AGREGADO SIN LAVADO

CANTERA : CUTIMBO

Nº	Peso (kg)	Diámetro			Area (cm <sup>2</sup> )	Altura			Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	Resistencia (KN)	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Adición de cemento	Proceso de curado		
		1	2	3		prom.	1	2							3	prom.
1	11.834	14.9	14.8	15.0	14.9	174.4	29.9	29.9	30.0	29.9	5219.4	2267.3	222.9	130.3	0%	si
2	11.693	14.8	14.6	14.8	14.7	170.5	29.9	29.9	30.0	29.9	5103.3	2291.3	280.4	167.7	0%	si
3	11.590	14.9	15.1	14.9	15.0	175.9	30.0	29.9	30.0	30.0	5272.0	2198.4	142.8	82.7	0%	no
4	11.587	15.1	14.9	15.0	15.0	176.7	30.0	30.0	29.0	29.7	5242.5	2210.2	145.9	84.2	0%	no
5	11.873	15.0	15.0	15.1	15.0	177.5	29.9	29.8	29.9	29.9	5301.4	2239.6	424.1	243.5	10%	si
6	11.758	14.9	15.0	14.6	14.8	172.8	29.9	29.9	29.8	29.9	5161.2	2278.1	391.4	230.8	10%	si
7	11.326	15.0	14.8	15.0	14.9	175.1	29.8	29.8	29.9	29.8	5225.2	2167.6	171.2	99.7	10%	no
8	11.325	15.0	15.0	14.8	14.9	175.1	30.0	30.0	29.8	29.9	5242.7	2160.1	169.5	98.7	10%	no
9	12.778	15.2	15.5	15.3	15.3	184.7	30.5	30.5	30.5	30.5	5632.0	2268.8	539.1	297.6	20%	si
10	12.170	15.1	15.2	15.1	15.1	179.9	30.1	29.9	29.9	30.0	5390.1	2257.8	584.5	331.2	20%	si
11	12.151	15.2	15.2	15.3	15.2	182.3	30.3	30.4	30.3	30.3	5528.4	2197.9	241.7	135.2	20%	no
12	12.153	15.2	15.3	15.2	15.2	182.3	30.3	30.3	30.4	30.3	5528.4	2198.3	243.8	136.4	20%	no

**Anexo P: 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, 1996)