

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



# **TESIS**

**EFFECTOS DEL DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO  
SUPERPLASTIFICANTE, MICROSILICE EN LA MEJORA DE  
PROPIEDADES DEL PAVIMENTO  
RÍGIDO - PUNO - 2016**

**Presentado por:**

**Bach. Efraín Carlos COAQUIRA CHURA**

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

**JULIACA - PERÚ**

**2016**

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



Bach. Efraín Carlos COAQUIRA CHURA

**EFFECTOS DEL DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO**  
**SUPERPLASTIFICANTE, MICROSILICE EN LA MEJORA DE**  
**PROPIEDADES DEL PAVIMENTO**  
**RÍGIDO - PUNO - 2016**

Esta tesis fue evaluada y aprobada por la obtención del título de ingeniero civil en la Universidad Alas Peruanas

.....  
Dr. Victor Manuel LIMA CONDORI.  
PRESIDENTE

.....  
Ing. Edwin Rene PARI PARI.  
MIEMBRO/SECRETARIO

.....  
Ing. Alfredo PONCE FLORES.  
MIEMBRO

Juliaca - Perú

2016

## DEDICATORIA

*A Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerza para seguir adelante y enseñarme a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.*

*A mis padres Rebeca y Alberto con amor, a quienes con este logro quiero devolver un poco de lo que me han dado desde antes que naciera, por motivarme y darme la mano cuando más lo necesitaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.*

*A mi Querido hijo Andrey i a mi novia Marilú, por el aliento y apoyo recibido.*

## AGRADECIMIENTO

*Se agradece por su contribución para el desarrollo de la tesis a:*

*Con gratitud agradezco a las Autoridades de la Universidad Alas Peruanas, en especial a la Dirección adjunto de la Facultad de Ingeniería y arquitectura y la Escuela Profesional de Ingeniería Civil donde culminé mis estudios de pre grado satisfactorio.*

*Mi sincero agradecimiento a las autoridades, y el personal administrativo y técnico profesional de la municipalidad de Chucuito - Juli especialmente a las familias que hicieron posible la aplicación y desarrollo de la investigación, quienes con su apoyo y predisposición hicieron posible la realización de la investigación por permitirnos aplicar, plasmar nuestro trabajo experimental.*

*A las Autoridades Universitarias de la Universidad Alas Peruanas, de filial Juliaca, Ing. Gilmer Salas madera por su acertada coordinación y asesoramiento adecuado oportuno con sus sabias orientaciones, para cristalizar y lograr mi anhelado sueño de obtener el título profesional de Ingeniero civil.*

## RESUMEN

En la investigación se estudió es determinar los efectos del diseño de mezcla con aditivo microsilice en la mejora de propiedades del pavimento rígido - Puno - 2016. Asimismo, analizar los efectos del diseño de mezcla con aditivo microsilice, en la resistencia, permeabilidad y trabajabilidad del pavimento rígido en las obras.

Métodos y materiales es de tipo cuantitativo, aplicado y experimental, de nivel explicativo –analítico, con diseño experimental factorial, con una muestra de conformada de obras de la municipalidad de Chucuito Juli atreves del método de muestreo aleatorio simple. Técnicas de observación y ensayos, t de student.

Resultados nos demuestran que Se ha logrado obtener un concreto de alta resistencia a la compresión, con un valor de 1423 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de los 90 días y que además tiene la propiedad de ser un concreto autocompactado, La dosis óptima de microsilice encontrada es de 10% con la cual se obtiene la máxima resistencia a la compresión de 1423 kg/cm<sup>2</sup>, los concretos con adiciones de microsilice (10, 15, 20%) reportan resistencias a la compresión superiores a los concretos con adición de otros (nanosilice, etc.), todos los materiales usados como los agregados, cemento, aditivos y agua son convencionales, es decir se encuentran en la zona lo que le da mayor aplicabilidad a estos concretos de alta resistencia. El aditivo superplastificante en una dosis del 3.0 % en peso del cemento reduce la cantidad de agua en más del 40%. En cuanto al beneficio (resistencia a la compresión) - costo el uso de microsilice al 10%, sin embargo la más alta resistencia es obtenido con el 10% de microsilice (1423 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 90 días).

Como conclusión, se demuestra que el aditivo superplastificante en una dosis del 3.0 % en peso del cemento reduce la cantidad de agua en más del 40%. En cuanto al beneficio (resistencia a la compresión) - costo el uso de microsilice al 10%, sin embargo la más alta resistencia es obtenido con el 10% de microsilice (1423 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 90 días). Palabras-clave: diseño de mezcla, aditivo, superplastificante, microsilice.

## ABSTRACT

The investigation was studied to determine the effects of design microsilica additive mixture with improved properties of rigid pavement in the puno region - 2016. Also analyze the effects mescla design of microsilica additive, resistance, permeability and workability of rigid pavement in the works.

Methods and materials is quantitative, applied and experimental, -analítico explanatory level, with factorial experimental design with a sample composed of works from the municipality of Juli dare the method of simple random sampling. Techniques of observation and tests, t student.

Results show us that has managed to maintain a high concrete compressive strength, with a value of 1423 kg / cm<sup>2</sup> at the age of 90 days and also has the property of being a concrete self-compacting, the optimal dose of microsilica found is 10% with which the maximum compressive strength of 1420 kg / cm<sup>2</sup> is obtained, concretes with additions of microsilica (10, 15, 20%) reported resistance to higher compressive concrete with addition of other (nanosilica , etc.), all materials used as the aggregates, cement, additives and water are conventional, ie are in the area which gives greater applicability to these high strength concrete. The superplasticizer additive in a dose of 3.0% by weight of cement reduces the amount of water in more than 40%. As for the benefit (compressive strength) - cost using 10% microsilica, but the highest strength is obtained with 10% microsilica (1423 kg / cm<sup>2</sup> at the age of 90 days).

In conclusion, it is shown that the superplasticizer additive in a dose of 3.0% by weight of cement reduces the amount of water in more than 40%. As for the benefit (compressive strength) - cost using 10% microsilica, but the highest strength is obtained with 10% microsilica (1423 kg / cm<sup>2</sup> at the age of 90 days).

Key words: design mezcla, additive, superplasticizer, microsilica.

# INDICE

1	DEDICATORIA.....	iii
2	AGRADECIMIENTO.....	iv
3	RESUMEN.....	v
4	ABSTRACT .....	vi
5	INDICE.....	vii
6	INDICE DE CUADROS.....	11
7	INDICE DE GRAFICOS.....	12
8	INTRODUCCIÓN.....	13
1	PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.....	15
1.1	DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	15
1.2	DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
1.2.1	Delimitación espacial.....	17
1.2.2	Delimitación temporal .....	18
1.2.3	Delimitación social/conductual.....	18
1.2.4	Delimitación Conceptual.....	18
1.3	PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN.....	19
1.3.1	Problema General .....	19
1.3.2	Problemas Específicos .....	19
1.4	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.4.1	Objetivo General.....	20
1.4.2	Objetivos Específicos .....	20
1.5	FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.5.1	Hipótesis General.....	20
1.5.2	Hipótesis Específicas .....	21

1.6	VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.6.1	Variable independiente.....	21
1.6.2	Variables dependientes.....	21
1.6.3	Operacionalización de Variables.....	22
1.7	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
1.7.1	Tipo y nivel de Investigación.....	22
1.7.2	Diseños y métodos de Investigación.....	23
1.7.3	Población y muestra de la investigación.....	24
1.7.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25
1.8	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
1.9	VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
2	MARCO TEÓRICO.....	29
2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
2.2	BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS.....	32
2.3	Aditivo Superplastificante.....	32
2.3.1	Definición.....	32
2.3.2	Características y propiedades del aditivo usado.....	33
2.4	Microsilice.....	34
2.4.1	Definición de Microsilice.....	34
2.4.2	Propiedades de microsilice.....	35
2.4.3	Ventajas y desventajas del uso de aditivo microsilice.....	37
2.4.4	Clasificación de aditivos.....	39
2.5	Pavimento rígido.....	40
2.5.1	Definición.....	40
2.5.2	Requisitos y características del pavimento rígido.....	40
2.5.3	Componentes del concreto.....	41

2.5.4	Agregados del pavimento rígido .....	43
2.5.5	Composición química del cemento .....	43
2.5.6	Propiedades de los compuestos químicos .....	46
2.5.7	Tipos de cemento .....	48
2.5.8	Requisitos calidad del cemento .....	49
2.5.9	Agua .....	51
2.5.10	Agregados .....	52
2.5.11	Clasificación de los agregados .....	53
2.5.12	Propiedades físicas de los agregados .....	54
2.5.13	Agregados fino, grueso y global. ....	61
2.5.14	Límites de sustancias perjudiciales .....	63
2.5.15	Agregado grueso .....	63
2.5.16	Agregado global .....	65
2.6	Propuesta de mezcla .....	66
2.6.1	Factores que gobiernan la trabajabilidad.....	67
2.6.2	Medios para evaluar la trabajabilidad del Concreto.....	67
2.6.3	Factores que gobiernan la trabajabilidad.....	68
2.6.4	Homogeneidad y uniformidad.....	69
	CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.....	70
	Resistencia a la compresión.....	70
	Naturaleza de la resistencia a la compresión .....	71
	Factores que influyen en la resistencia a la compresión .....	72
	CONCRETO EN ESTADO FESCO. ....	73
	Tiempo de fraguado. ....	73
2.7	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	75
3	PROPUESTA TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	79

FUNDAMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	79
Agregados .....	79
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE.....	91
CEMENTO.....	93
3.1.1 PREPARACIÓN DEL CONCRETO .....	94
4 PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS... 98	
4.1 PRESENTACIÓN DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES.....	98
4.1.1. ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	98
PRUEBA DE HIPOTESIS GENERAL.....	115
5 CONCLUSIONES.....	119
6 RECOMENDACIONES.....	120
7 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	121

## INDICE DE CUADROS

1	CUADRO 3.1: determinacion del peso unitario y compactado de A.F.....	81
2	CUADRO 3.2: determinacion del peso unitario y compactado de A.G.....	82
3	CUADRO 3.3: determinacion del peso especifico del A.F.....	84
4	CUADRO 3.4: determinacion del peso especifico del A.G.....	85
5	CUADRO 3.5: granulometria del A.F usado.....	86
6	CUADRO 3.6: granulometria del A.G usado.....	87
7	CUADRO 3.7: resumen de las propiedades de los agregados .....	91
8	CUADRO 3.8: caracteristicos fisicas del cemento portland tipo I.....	94
9	CUADRO 3.9: valores de peso unitario compactado de la combinacion.....	95
10	CUADRO 3.10: resumen de diseño de mezclas finales .....	97
11	CUADRO 4.1: valores de consistencia.....	99
12	CUADRO 4.2: valores de peso unitario para el concreto fresco.....	101
13	CUADRO 4.3: valores de capacidad de paso.....	102
14	CUADRO 4.4: valores de porcentaje de aire.....	104
15	CUADRO 4.5: resumen de tiempos de fraguado inicial y final.....	105
16	CUADRO 4.6: valores de resistencia a la compresion según edad.....	108
17	CUADRO 4.7: costo de concreto patron.....	112
18	CUADRO 4.8: costo de concreto con aditivo.....	112
19	CUADRO 4.9: costo de concreto con aditivo mas 10% microsilice.....	113
20	CUADRO 4.10: costo de concreto con aditivo mas 15% microsilice.....	113
21	CUADRO 4.11: costo de concreto con aditivo mas 15% microsilice.....	114
22	CUADRO 4.12: comparacion de costo de concreto.....	114

## INDICE DE GRAFICOS

1	GRAFICO 3.1: curva granulometrica del agregado fino y grueso.....	89
2	GRAFICO 3.2: peso unitario compactado de la combinacion de ag.....	95
3	GRAFICO 4.1: asentamiento y extensibilidad de la mezcla de conc.....	100
4	GRAFICO 4.2: peso unitario para cada tipo de mezcla de conc.....	101
5	GRAFICO 4.3: capacidad de paso.....	103
6	GRAFICO 4.4: contenido de aire.....	104
7	GRAFICO 4.5: tiempos de fraguado inicial y final.....	106
8	GRAFICO 4.6: resistencia a la compresion .....	108
9	GRAFICO 4.7: beneficio costo.....	115

## INTRODUCCIÓN

El avance acelerado en la tecnología de nuevas materias en la elaboración de aditivos y adiciones hace posible la producción de concreto y al mismo tiempo mejorar las propiedades del concreto, hace unos años se habla de los aditivos microsilice como un componente indispensable para lograr concretos de alta resistencia, el aditivo microsilice es un polvo fino que posee propiedades físicas y químicas increíbles, que tiene efectos en el medio ambiente, asimismo existen otros como nanosilice que se presenta en estado líquido que tiene un impacto nulo en el medio ambiente debido a su estado. Entonces de suma importancia el uso de microsilice en cantidades menores para mejorar las propiedades de concreto.

Los concretos de hoy por los cambios vertiginosos de la ciencia y la tecnología y los sistemas de construcción han cambiado y cada vez más acelerado en la gestión de la construcción es por ello en su composición requiere la incorporación de aditivos y adiciones con la finalidad de mejorar las propiedades mecánicas físicas y químicas del concreto.

El aditivo superplastificante, microsilice sigue siendo uno de los productos de mayor uso en el mundo de la construcción para mejorar el concreto. Sus propiedades permiten concretos de alta resistencia a la compresión, al agua y otros elementos químicos. En la actualidad se observan la mayoría de las edificaciones forman parte de edificación el aditivo.

Podemos manifestar que el uso del aditivo no es de ahora sino que existen experiencias desde los años 80. En la actualidad el concreto necesita del microsilice como componente para lograr alta resistencia, pero el microsilice al ser polvo muy fino dificulta su manipulación y a la vez se han reportado problemas de salud al estar expuesto a este polvo. La solución a estos problemas fue sintetizar un material en estado líquido y a la vez que se estable. Pero en su desempeño con el concreto se sabe muy poco entonces estudios de Wan Jo, en el año 2007 desarrolla morteros con microsilice para comprobar la ganancia de la resistencia a la compresión.

Las ventajas que trae la incorporación del aditivo son muchas , mejora el comportamiento frente al impacto y perforación; esencial en trabajos de fortificación, resistencia a compresión por unidad de peso, volumen o costo o sea es importante en la construcción de pilares y columnas en edificaciones de altura, de la misma forma podemos manifestar, tiene una buen funcionamiento en la vigas pretensadas, tiene una importancia en la elasticidad, permitiendo una gran estabilidad y que las flechas en las vigas, para iguales valores de carga, sean reducidas.

El propósito del estudio es determinar los efectos del diseño de mezcla con aditivo microsilice en la mejora de propiedades del pavimento rígido - Puno - 2016. Asimismo; analizar los efectos el diseño de mescla del aditivo superplastificante, microsilice en la resistencia, Tiempo de fraguado y trabajabilidad del pavimento rígido en las obras.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

### 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En la actualidad el pavimento rígido en la región puno no ofrece mayor garantía en el efecto climatológica (Temperaturas muy bajas y Precipitaciones Pluviales) el comportamiento mecánico del concreto es de baja calidad, además el comportamiento del concreto en climas adversos es muy difícil de comprender, tomando en cuenta un clima bajo 0°C, Precipitaciones Pluviales y además vaciados masivos, hacen que sea mucho más difícil de entender el comportamiento del concreto adicionado un aditivo de micro sílice.

La tecnología del concreto moderna considera a los aditivos ya no como una opción alternativa de los diseño de mezcla, sino como un ingrediente más.

Actualmente, según datos de la *European Cement Research Academy* (2005) se estima que en Europa más del 90% de los hormigones preparados contienen algún tipo de aditivo, de los que más del 70% son aditivos plastificantes o superplastificantes manteniéndose esa misma tendencia en los últimos años.

La situación problemática en las zonas alto andinas de la Región de Puno, fluctúan máxima de 25 °C y una mínima de -16 °C grados en ciencia cierta en las obras de pavimentación de vías no sabe de qué manera actúa o no actúa el aditivo Microsílice que adicionamos al pavimento rígido.

Esta situación es reflejo de deficiencias en la solidificación del concreto puesto que su fraguado no supera el porcentaje adecuado de su vida útil del concreto.

Tal situación obedece a factores como la falta de concientización la del aditivo como micro sílice en la aplicación a los pavimentos rígidos para zonas de la Región de Puno, es importante señalar que Mediante el desconocimiento de los métodos apropiados para tratar los problemas del concreto, se desvirtúa el rol del alto conocimiento de lo más importante para la supervivencia a largo plazo del concreto solidificado.

Las circunstancias anteriores pueden llevar en la utilización del concreto en los pavimentos rígidos a desaprovechar las oportunidades que brindan el medio y los métodos con que se pretende llegar en la utilización del concreto con aditivo Microsílice que de rentabilidad y durabilidad. Puesto que la durabilidad su desempeño en trabajabilidad, deformación y resistencia del sólido del concreto fresco de noche enfriado a bajo cero grados y de día secado a plena luz el concreto pierde la eficiencia de la resistencia de su vida útil.

En el Perú, especialmente en la ciudad de Puno, no es frecuente el empleo de aditivos superplastificantes, debido al desconocimiento sobre su uso y potencialidades, ya que al no ser un producto de gran disponibilidad y consumo en el mercado local, son relativamente pocos los profesionales que tienen la oportunidad de emplearlos e investigar para mejorar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido (Trabajabilidad, Tiempo de Fraguado y Resistencia Mecánica), debido a

estas razones la informalidad alcanzada en la fabricación y utilización del concreto es del 77% respecto su producción total (Pasquel, 2010).

En la ciudad de Puno, unos de los problemas principales en la fabricación del concreto son: la reducción de la resistencia del concreto, debido a la modificación sin ningún control de la relación agua/cemento en busca de mejorar la trabajabilidad; y el poco control del Tiempo de Fraguado del concreto, dato que es relevante en la planificación de las operaciones del concreto en obra.

A través del empleo del aditivo superplastificante en las mezclas de concreto, buscaremos contrarrestar estos efectos negativos, es decir buscaremos mejorar la trabajabilidad sin alterar la resistencia mecánica final del concreto; y controlar el Tiempo de Fraguado del concreto, con la finalidad de realizar una adecuada planificación sobre las operaciones del concreto en obra (transporte, colocación, consolidación y acabado).

Esta situación hace necesaria la implantación de un método estratégica en la influencia del aditivo Micro sílice en los pavimentos rígidos en la Región Puno

## **1.2 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 Delimitación espacial**

La investigación se desarrollará en la región Puno y en el distrito de Juli, capital de la provincia de Chucuito conocida como la “Roma de América”, se asienta en la orilla occidental del lago Titicaca a una altitud de 3,884 m.s.n.m y a 79 Km. de la ciudad de Puno. , entre los 16° 12´45´´ latitud Sur y 69° 27´37´´ longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Con una extensión de Tiene una extensión de 1,650 km<sup>2</sup>.

Limites:

- Este: Con Pomata y el Lago Titicaca

- Oeste: Con Ilave y Santa Rosa
- Norte: Con Pilcuyoy el Lago Titicaca
- Sur: Con Huacullani y Condoriri

Las precipitaciones pluviales se presentan en los meses de noviembre a marzo y son escasos durante los meses de abril a octubre. En los meses de mayo, junio y julio el frío es intenso por las noches con una temperatura de hasta  $-10^{\circ}$  bajo cero y de  $19^{\circ}$  de día, tiene un clima seco y semi seco refrescado con la brisa suave del Titicaca

### **1.2.2 Delimitación temporal**

La investigación se realizó a partir de diciembre hasta setiembre del 2015 tiempo que se realizará la planificación y la ejecución de la investigación y presentación sustentación del estudio.

### **1.2.3 Delimitación social/conductual**

La presente investigación se desarrolló en la población urbana de aprox. 23,741 habitantes, es gente muy amable y progresista, de la ciudad de Juli "Roma de América".

### **1.2.4 Delimitación Conceptual**

#### **Aditivo Superplastificante**

También son conocidos como aditivos reductores de agua de alto rango, los cuales tiene por finalidad reducir en forma importante el contenido de agua del concreto manteniendo una consistencia dada y sin producir efectos indeseables sobre el fraguado. Igualmente se emplean para incrementar el asentamiento sin necesidad de aumentar el contenido de agua en la mezcla de concreto.

## **Microsilice**

El microsilice es un aditivo que reacciona en un ambiente húmedo con el hidróxido de calcio resultado de la hidratación del cemento, esta reacción genera nuevos productos de silicato de calcio que proporcionan una mayor resistencia y durabilidad. Las partículas extremadamente finas de la microsilice ocupan fácilmente los espacios entre los granos de cemento creando también una estructura más impermeable.

## **Pavimento Rígido**

El pavimento, es una estructura formada por una o más capas de material pétreo tratado, cuya función es la de proporcionar al usuario un tránsito cómodo, seguro y rápido, al costo más bajo posible.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1 Problema General**

¿Cuáles son los efectos del diseño de mezcla con aditivo superplastificante, microsilice en la mejora de propiedades del pavimento rígido - Puno - 2016?

#### **1.3.2 Problemas Específicos**

- ¿Cuáles son los efectos el diseño de mezcla del aditivo superplastificante, microsilice en la resistencia mecánica del pavimento rígido en las obras?
- ¿Cuáles son los efectos el diseño de mezcla del aditivo superplastificante, microsilice en el tiempo de fraguado del pavimento rígido en las obras?

- ¿Cuáles son los efectos el diseño de mezcla del aditivo superplastificante, microsilice en la trabajabilidad del pavimento rígido en las obras?

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar los efectos del diseño de mezcla con aditivo superplastificante, microsilice en la mejora de propiedades del pavimento rígido - Puno – 2016.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Analizar los efectos el diseño de mezcla del aditivo superplastificante, microsilice en la resistencia mecánica, del pavimento rígido en las obras.
- Analizar los efectos el diseño de mezcla del aditivo superplastificante, microsilice el tiempo de Fraguado del pavimento rígido en las obras.
- Analizar los efectos el diseño de mezcla del aditivo superplastificante, microsilice en la trabajabilidad del pavimento rígido en las obras.

## **1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1 Hipótesis General**

El diseño de mezcla con aditivo superplastificante, microsilice tiene efecto significativo en la resistencia mecanica, tiempo de fraguado y trabajabilidad en la mejora de propiedades del pavimento rígido - Puno - 2016.

### 1.5.2 Hipótesis Específicas

- El diseño de mezcla del aditivo superplastificante, microsilice tiene efectos directos en la mejora de las propiedades de resistencia mecánica del pavimento rígido en las obras.
- El diseño de mezcla del aditivo superplastificante, microsilice tiene efectos significativos en la mejora de las propiedades del tiempo de fraguado del pavimento rígido en las obras.
- El diseño de mezcla del aditivo superplastificante, microsilice tendría una mejora significativa en las propiedades de trabajabilidad del pavimento rígido en las obras.

## 1.6 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.6.1 Variable independiente

- Aditivo superplastificante, microsilice, cemento, agregados, agua.

#### **Indicadores:**

- Componentes de mezcla
- Proporción del aditivo

### 1.6.2 Variables dependientes

- Pavimento rígido.

#### **Indicadores:**

- Resistencia Mecánica.
- Tiempo de fraguado.
- Trabajabilidad.

### 1.6.3 Operacionalización de Variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente (X) Aditivo superplastificante, microsilice	Componentes de mezcla	Agregados
		Cemento
		agua
Variable dependiente (Y) Pavimento rígido	Proporción del aditivo	10%
		15%
		20%
Variable dependiente (Y) Pavimento rígido	Resistencia Mecánica	Resistencia a la compresión
	Tiempo de Fraguado	Método Vicat
	Trabajabilidad	slump

## 1.7 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.7.1 Tipo y nivel de Investigación

#### a) Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación se encuentra enmarcado en el paradigma positivista y en enfoque cuantitativo, debido que se su recolección de los datos está orientado a recoger datos cuantitativos y para su análisis utiliza las estadística y por su propósito es de carácter aplicativo, puesto pretende analizar y evaluar los efectos de la aplicabilidad de Aditivo superplastificante, microsilice en pavimentos

rígido y por sus características del estudio es experimental demuestra los efectos de aditivo en el construcción de pavimentos rígidos en obras.

#### **b) Nivel de investigación**

Por el objeto de estudio y características de diferentes procedimientos de aplicación que se debe realizar corresponde al nivel de investigación explicativa-analítico debido que se experimenta con la aplicación del aditivo superplastificante, microsilice como un complemento para mejorar las propiedades del pavimento rígido. No solamente abarca una descripción de conceptos sino de esta dirigida a demostrar analizar y evaluar los resultados de la aplicación del aditivo y sus resultados en la realidad frente a diferentes características de clima y contexto.

### **1.7.2 Diseños y métodos de Investigación**

#### **a) Diseño de investigación**

En la presente Investigación por sus características peculiares posee la validez interna y externa, consiste en administrar un estímulo o tratamiento a un grupo y después aplicar una de medición de una o más variables para observar cuál es el efecto del aditivo en el mejoramiento del pavimento de obras. Dado que los objetos no se asignan al azar sino a los grupos, ni se emparejan, porque tal grupo ya existe como grupo intacto como comenta (Estévez Cullell, 2004) corresponde al diseño factorial, correspondiente a los diseños experimental puro como manifiesta Hernández y Baptista (Hernández, Baptista, & Fernández, 2006), debido a que se manipula dos variable Independiente; como factor 01, 02, 03 (bloque; 1,2,3,) y factor 04 y 05 (bloque;4,5) para conocer la eficacia de los resultados que se desea en la variable dependiente (ponderación las pruebas a la resistencia) en la población en estudio, para lo cual se utilizará el siguiente esquema:

Figura N° 1.01 factores de análisis del diseño de investigación

BLOQUES	Factor 01	Factor 02	Factor 03	Factor 04	Factor 05
B1	bloques 01				
B2	bloques 01				
B3	bloques 01				
B4	bloques 01				
B5	bloques 01				

Fuente: Elaboración propia

## b) Método de investigación

El estudio hace uso de las etapas de método científico en todas sus fases, de la misma forma como herramienta del conocimiento es el método deductivo- inductivo permite conocer los efectos del aditivo en la mejora de las propiedades de pavimento rígido, como un proceso analítico sintético; siguiendo los siguientes pasos: Observación, experimentación, análisis y evaluación a través de ensayos, comparación y abstracción generalización de los efectos y resultados del proceso de experimentación, como método específico se hace uso de métodos experimentales de laboratorio que permite conocer y evaluar los resultados y las especificaciones técnicas y normativas y estándares que requiere el diseño de mezcla con el aditivo superplastificante microsilice para la mejora de las propiedades del pavimento concreto rígido.

### 1.7.3 Población y muestra de la investigación

#### a) Población

La población está conformado por las obra de pavimento rígido en la provincia de Chucuito Juli en la cantidad de dos obras de plataformas

y veredeo. Para determinar efectos del aditivo superplastificante, microsilice con diseño de mezcla para mejorar la resistencia mecánica, Tiempo de Fraguado, trabajabilidad y otros del pavimento rígido.

#### **b) Muestra**

La muestra de estudio está constituida la obra de construcción de pavimento

Para determinar la muestra se utilizó el método de muestreo no probabilístico por conveniencia de acuerdo a sus características del estudio.

### **1.7.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **a) Técnicas**

##### **Ensayos experimentales.**

Con el propósito de analizar y evaluar los efectos del aditivo en la mejora del pavimento rígido, haciendo uso de diversos materiales y/o componentes, se hace necesario analizar desde el punto de vista técnico y experimental, el uso y comportamiento de dicha mezcla como tratamiento de superficie.

#### **b) Instrumentos**

##### **Certificaciones.**

Se hace uso de estos instrumentos con la finalidad de que los procedimientos que se realizan en los diferentes ensayos sean serios y respondan a la seriedad y rigor científico y a los principios de la investigación científica de la objetividad. Para ello se adjunta en los anexos las diferentes certificaciones de los organismos competentes

## **1.8 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **a) Justificación**

El presente proyecto pretende mejorar el concreto influenciando aditivo Superplastificante y Microsílice en pavimento rígido para en la Región de Puno. ya que en nuestro medio no es frecuente utilizar otro tipo de elementos que no sean los típicos para preparar concreto, esto quiere decir que muchas veces se prepara el concreto en condiciones no aptas para su normal desenvolvimiento en consecuencia si se realizan obras sin un conocimiento previo, estas pueden tener un serio riesgo a su vida útil trayendo consecuencias negativas.

Por lo tanto el presente trabajo se muestra como un documento técnico con la finalidad de poder brindar más información específica acerca del uso de aditivos y que pueda servir como antecedente para futuros proyectos y demás profesionales para reforzar sus conocimientos, esto representa un reto para los Ingenieros Civiles modernos, pues se pretende con esta investigación dar un primer paso hacia la modernización de la preparación del concreto optimizando sus propiedades al máximo.

### **b) Importancia**

La importancia de estudio radica en que el avance acelerado en la tecnología de nuevas materias primas en la elaboración de aditivos y adiciones hace posible que concretos de alta resistencia en obras de pavimento rígido

Asimismo, el uso de microsilice como componente indispensable para lograr concretos de alta resistencia, la microsilice es un polvo muy fino que posee propiedades físicas y químicas increíbles, resumidas en su alta reactividad puzolánica, pero su uso tiene impacto en el medio ambiente. La microsílice sigue siendo uno de los productos más utilizados del mundo en el concreto. Sus propiedades permiten

concretos de alta resistencia a la compresión, pavimentos rígidos resistentes al agua y a los agentes químicos, además forman parte de muchas pavimentaciones de vías de transporte que vemos hoy en día.

La incorporación de aditivos y adiciones con la finalidad de mejorar sus propiedades mecánicas y de durabilidad del pavimento rígido. En este sentido el trabajo de investigación ha experimentado incorporando Microsílice a la mezcla de concreto para obtener Pavimento rígido de alta resistencia para lo cual se ha comparado en base a un concreto patrón.

### **c) Limitaciones.**

- El estudio está orientado exclusivamente al análisis de la resistencia, permeabilidad y trabajabilidad más no otros aspectos en el estudio
- Asimismo, no se profundiza con mayor precisión por falta de acceso a la bibliografía que existe en nuestro contexto.
- Otros factores como el trabajo, familia y el tiempo limitan la profundidad del trabajo.

## **1.9 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

### **a) Viabilidad Económica**

La realización del proyecto de investigación es factible debido a que los costos, serán solventados con los recursos propios del responsable de la investigación.

### **b) Viabilidad Técnica**

El trabajo de investigación es técnicamente viable ya que cuenta con los recursos tecnológicos (laptops, Impresoras, plotters, anilladoras), como equipos de ingeniería (nivel, estación total, GPS), equipos de movilidad (camioneta), para el desarrollo del proyecto estos son propios.

**c) Viabilidad Operativa**

El investigador cuenta con los conocimientos necesarios para el manejo de las diversas herramientas de desarrollo del trabajo de investigación.

El investigador cuenta con el apoyo de la municipalidad de Juli, lugar donde se efectuara la investigación. Se dispone información necesaria que ayude al proceso de investigación como libros, revistas, folletos, acceso a internet, al correo electrónico.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **a) Antecedentes internacionales**

Riva E. 2000 (14) En Europa los primeros conjuntos de normas datan de 1958 en España y 1963 en Inglaterra. En 1962, ASTM extendió la normativa de clasificación a otros tipos de aditivos, normas que fueron tomadas en el Perú de referencia. La norma peruana que abarca sobre los diferentes tipos de aditivos es la ITINTEC 339.086.

En la misma década, especialmente por el desarrollo del concreto premezclado, se llevaron a cabo investigaciones para una nueva generación de aditivos con elevados niveles de reducción de agua en las mezclas de concreto, que fueron denominados superplastificantes o aditivos reductores de agua de alto rango.

Huanca S. 2000 (11) Se estudió la aplicación de superplastificantes en base a las sales de formaldehído melaminasulfonato, productos que inicialmente se encontraban en el

mercado para otros usos industriales, que luego tuvieron gran desarrollo en la industria del premezclado.

Pasquel E. 2000 (13) Paralelamente se investigaron productos a base de sales de formaldehído naftaleno sulfánicos, que fueron empleados intensamente en Estados Unidos, especialmente en concretos de alta resistencia.

Pasquel E. 2000 (12) Los aditivos llamados de segunda generación fueron normalizados por ASTM en 1970, incluyéndolos como tipos E y G en la norma de aditivos químicos; con propiedades de actuar como reductores de agua y como retardadores de fraguado.

A diferencia de los reductores de primera generación, que permiten una reducción del contenido de agua al 95%, los reductores de alto rango llegan al 88% como mínimo.

Abanto F. 2005 (1) Cabe señalar que las normas ASTM tienen un carácter de performance mientras que las normas de la Comunidad Europea tienen además especificaciones descriptivas, como son la homogeneidad, el color, la densidad relativa, el contenido del extracto seco, el valor del PH. En la actualidad una tercera generación de aditivos se introduce rápidamente, solucionando el problema de la pérdida de asentamiento con el tiempo, que afectaba al concreto premezclado, en especial en regiones cálidas

Riva E. 2000 (15) En el Perú los aditivos químicos se introducen a fines de la década del 50', en un mercado restringido. La primera norma nacional de aditivos corresponde al año de 1981 y se basa en la norma ASTM de 1969 comprendiendo los tipos A, B, C, D, y E Los requerimientos de estas normas se refieren a la performance de los concretos con aditivos, especificando su desempeño en trabajabilidad, deformación y resistencia.

Los constituyentes principales fueron básicamente los siguientes:

Los ácidos lignosulfonatos y sus sales. Los ácidos hidroxicarboxílicos y sus sales. Las modificaciones y derivados de los elementos precitados.

Los lignosulfonatos son materiales complejos obtenidos del proceso de producción de pulpa de papel de madera.

Los ácidos hidroxicarboxílicos tienen en su molécula grupos hidroxilos y carboxilos.

Pasquel E. 2000 (12) Los aditivos reductores de agua y acelérenles generalmente han consistido en lignosulfonatos con reducidas adiciones de cloruro de calcio o forniato de calcio.

Estos cinco tipos de aditivos son empleados cuando permiten cumplir los requerimientos especificados a menor costo. También cuando es necesario suplir las deficiencias de los materiales disponibles. Generalmente se evalúa previamente la posibilidad de obtener el comportamiento requerido modificando el diseño de mezclas, evaluando la opción más favorable económicamente.

## **b) Antecedentes nacionales**

Apaza F. 2004 (2) Una primera aproximación a su estudio fue hecha en una Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil UNA-Puno, Titula: "Importancia del Curado y alternativas de solución para evitar el congelamiento del concreto en épocas de heladas para la Zona Altiplánica" donde se describen ciertas propiedades de un tipo de aditivo, mostrando resultados experimentales, orientándose a obras llegando a la conclusión de que el curado de 7 días calendarios garantiza el 80% de la eficiencia de la solides del concreto y el curado de 23 días inter diarios alcanza 85% de la eficiencia de la solides del concreto en épocas de heladas.

Y también existe un precedente referencial una tesis hecha en la Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Ciencias, Escuela Profesional de Ingeniería Física titulada “Evaluación Experimental de Cambios Constructivos para Lograr Confort Térmico en una Vivienda Alto Andina del Perú” estable una propuesta para la modificación constructiva de viviendas en comunidades alto andinas ubicadas sobre los 3,000.00 m.s.n.m. a fin de lograr Confort térmico en sus interiores y pone de manifiesto la importancia de la arquitectura bioclimática en el campo de la construcción de edificaciones y principalmente en el campo de la construcción rural llegando a la conclusión siguiente; la falta de aislamiento térmico de los elementos constructivos de las viviendas es una de las causas de que esta se enfríe tanto durante las noches, siendo la influencia más crítica generada por el techo de calamina metálica, también se comprobó que las infiltraciones de aire exterior, a través de rendijas o agujeros son la otra gran causa de que la vivienda se enfríe a lo largo del día.

## **2.2 BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS**

### **2.3 Aditivo Superplastificante.**

#### **2.3.1 Definición.**

También son conocidos como aditivos reductores de agua de alto rango, los cuales tiene por finalidad reducir en forma importante el contenido de agua del concreto manteniendo una consistencia dada y sin producir efectos indeseables sobre el fraguado. Igualmente se emplean para incrementar el asentamiento sin necesidad de aumentar el contenido de agua en la mezcla de concreto.

### **2.3.2 Características y propiedades del aditivo usado.**

El aditivo usado es el VISCOCRETE 20HE, proporcionado por la empresa Sika Perú S.A; desarrollado a base de polycarboxilatos y se presenta en forma líquida, según la NTP 334.088 y su equivalente ASTM C-494 se clasifica como tipo "F" Reductores de Agua de Alto Rango. La hoja técnica del aditivo se muestra en el Anexo A.

#### **A) Descripción**

Sika Viscocrete 20 HE es un aditivo superplastificante de tercera generación para concreto y mortero a base de polycarboxilatos.

#### **B) Usos**

Sika Viscocrete 20 HE esta especialmente diseñado para la producción de concreto que requiere de un rápido desarrollo de resistencia inicial, alta reducción de agua y excelente trabajabilidad. Sika Viscocrete 20 HE es usado para los siguientes tipos de concreto:

- Concreto prefabricado y pretensado.  
Concreto de rápida puesta en servicio.  
Concretos que requieran un rápido desmolde.
- Concreto autocompactante sin necesidad de vibración.

#### **C) Ventajas**

Sika Viscocrete 20 HE actúa por diferentes mecanismos. Mediante su absorción superficial y el efecto de separación espacial de las partículas de cemento en paralelo al proceso de hidratación, se obtienen las siguientes propiedades:

- Extremadamente alta reducción de agua, generando una alta resistencia, densidad e impermeabilidad del concreto.

- Excelente fluidez, reduciendo al mínimo el trabajo en la colocación y compactación.
- Incremento del desarrollo de resistencia inicial.
- Reduce el gasto de energía en elementos prefabricados curados al vapor.

Sika Viscocrete 20 HE no contiene cloruros u otro ingrediente promotor de la corrosión por lo que puede ser utilizado sin restricciones en concreto armado y pretensado.

#### D) Modo de empleo

Dosis recomendada: 0.2 a 2% del peso del cemento.

Adición: El aditivo debe agregarse diluido en el agua de amasado al momento del mezclado o agregado simultáneamente con el agua al interior del mezclador. Para un óptimo comportamiento, mezclar enérgicamente durante un mínimo de 1 minuto.

#### E) Datos técnicos

Apariencia: líquido marrón claro.

Densidad: 1.08 kg/cm<sup>3</sup>.

## 2.4 Microsilice

### 2.4.1 Definición de Microsilice

Según el ACI 116.R, los aditivos son materiales distintos del agua, agregados, cemento hidráulico, y adiciones que se utilizan como ingredientes del concreto y se añaden a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado, con el objeto de modificar sus propiedades, para que se adecuen mejor a las condiciones de trabajo, haciendo posible un adecuado transporte, comportamiento durante y después de colocado o para reducir los costos de producción.

La rama de la microsílíce es muy amplia, debido a eso surgen varios autores con diferentes definiciones, una definición es: “un polvo muy fino, el cual es obtenido por decantaciones del humo de chimeneas de altos hornos de aleaciones metálicas de la industria de la ferro silicón”, el cual nos dice que está compuesto de 90% al 95% de dióxido de sílice amorfo el cual tiene propiedades puzolánicas, las cuales permiten reaccionar químicamente con el hidróxido de calcio para formar un gel con un notable incremento en las propiedades del concreto, el cual hace que mejore la resistencia a la compresión y durabilidad del mismo.

Es por estos motivos que en la actualidad la aplicación de microsílíce a nivel mundial ha aumentado, siendo esta utilizada en Puentes, altos edificios (rascacielos) o túneles, son las estructuras que por su ubicación, solicitud de carga y/o altas ataques de agentes ambientales se construyen con los concretos de altas resistencia; entre las principales aplicaciones en este tipo de estructuras tenemos:

## 2.4.2 Propiedades de microsilice

### a) Propiedades físicas

La microsílíce presenta varias características comunes; tipo amorfo, diámetro promedio muy pequeño, alto contenido de sílice, condensación por vapores de óxido de silicio, etc. A continuación se muestra unas de sus propiedades físicas, Portugal barriga (2004)

- **Color:** la microsílíce varía de color gris claro a oscuro, dando una lechada de color negro. Debido a que el  $\text{SiO}_2$  es incoloro, el color es determinado por los componentes no silicios, los cuales incluyen el carbón y óxido de hierro. En general al igual que en otros productos derivados de la calcinación por carbón, cuanto más alto es el contenido de carbón, más oscuro es el color.
- **Densidad:** la densidad de la microsílíce es usualmente reportada como 2.2, sin embargo este valor puede variar según el

productor, un alto contenido de carbón en la microsílíce será reflejada en una menor densidad.

- **Peso unitario no densificado:** el peso unitario suelto de microsílíce colectadas de la producción de metales silíceos y/o aleaciones de ferro silicón es del orden de 130 a 430 kg/m<sup>3</sup>, un valor promedio de 300 kg/m<sup>3</sup> es aceptado. Los silos los cuales pueden contener una masa dada de cemento portland, puedan contener únicamente el 25% de microsílíce.
- **Superficie específica:** la microsílíce es un conjunto de partículas vítreas muy finas de perfil esférico y diámetro muy pequeño, cuya superficie específica está en el orden de 200,000 cm<sup>2</sup>/g cuando es determinada empleando las técnicas de absorción de nitrógeno. La distribución por tamaños indica partículas con diámetro promedio de 0.1 micrómetros, el cual es aproximadamente 100 veces menor que el de las partículas de cemento promedio. Así, esta alta superficie específica y el gran contenido de dióxido de sílice amorfa proporcionan excepcionales propiedades puzolánicas.

## **b) Propiedades químicas**

Composición química: la microsílíce es un subproducto con composición química muy constante, aunque puede tener algunos cambios dependiendo de la aleación de silicio que se está produciendo y la naturaleza de las materias primas. En la composición química predomina el SiO<sub>2</sub> con el 90 al 96%.

La proporciona la composición química de microsílíces típicas provenientes de hornos de Noruega y los Estados Unidos. La microsílíce contiene generalmente más del 90% de dióxido de silicio, la mayoría del cual está en estado amorfo. La composición química de las microsílíce

varía de acuerdo al tipo de aleación que está siendo producido. Por ejemplo, la microsílíce de un horno de ferro

### c) Aplicación de microsílíce

La adición microsílíce inicialmente a comenzado a ser un remplazo del cemento, con el fin de que aumente la resistencia y disminuya la cantidad de cemento, eso se hace con la finalidad de construir más estructuras en menos tiempo, optimizando costos silicio generalmente contiene más óxidos de hierro y magnesio que aquellos provenientes de un horno que produce silicio.

Tabla N° 2.02.Rangos para la composición química de las microsílíce.

OXIDO	%
SiO <sub>2</sub>	90.0 - 93.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.4 - 4.5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.3 - 0.5
MgO	0.5 - 0.8
CaO	0.1 - 0.3
Na <sub>2</sub> O	1.0 - 1.2
K <sub>2</sub> O	1.3 - 3.6
C	0.1 - 0.2
S	1.4 - 3.8
C + S	0.4 - 1.3
SO	0.0 - 4.8
H <sub>2</sub> O	0.5 - 0.6

FUENTE: P-C. AÍTCIN. "Tecnología del concreto de alto desempeño".

### 2.4.3 Ventajas y desventajas del uso de aditivo microsílíce

#### Ventajas

- Posibilidad de disminuir secciones transversales de los elementos estructurales.
- Rapidez en la construcción.
- Uso eficiente del cemento.

- Uso eficiente de la mano de obra.
- Su módulo de deformación es más elevado y, por tanto, tienen un menor acortamiento debido a esfuerzos axiales.
- Disminuye el porcentaje de aire en la mezcla de concreto, aumenta el tiempo de fraguado inicial y final.
- Aumenta la vida útil de la estructura.
- El incremento de la resistencia, resistencia a la flexión y una mayor resistencia ante el ataque de agentes agresivos externos al mismo.

### **Desventajas**

- Se requiere personal capacitado para su manejo
- Sensible a las variaciones de las materias primas
- Mayor precio unitario de material.
- Requiere excelentes condiciones de curado.
- Necesidad de utilizar aditivos para mejorar las propiedades de trabajabilidad de la mezcla para la colocación del concreto en la obra.
- Cualquier adición de agua, cemento o aditivo en obra alterará su diseño, perjudicando la calidad del concreto.
- Se deben cumplir estrictamente todas las normas referentes a manejo, protección y control del concreto.

#### 2.4.4 Clasificación de aditivos

Los aditivos se pueden clasificar de distintas formas, esto depende de las características de cada tipo; se presenta una clasificación basada en la función que el aditivo realiza en la mezcla de concreto.

Tabla N° 2.01: Clasificación de los aditivos según su función

TIPO DE ADITIVO	DESCRIPCIÓN
Aditivos inclusores de aire:	Se utilizan para retener intencionalmente burbujas microscópicas de aire en el concreto,
Aditivos reductores de agua	Se emplean para disminuir la cantidad de agua de mezclado requerida para un revenimiento
Aditivos retardantes	Se emplean para compensar los efectos acelerantes que el clima cálido puede producir al fraguado del
Aditivos acelerantes	Se utilizan cuando es necesario desencofrar antes del tiempo que las especificaciones contra actuales fijan
Aditivos superplastificantes	Son aditivos reductores de alto rango, que se agregan a los concretos de bajo revenimiento o de baja relación agua/cemento (de alta resistencia), para producir concretos fluidos de alto revenimiento; la condición esencial que se busca al emplear un aditivo superplastificante consiste en aumentar transitoriamente la fluidez

FUENTE: Guía de clases de Tecnología del Concreto, UES, 2011

## **2.5 Pavimento rígido**

### **2.5.1 Definición**

En tanto que los Pavimentos Rígidos: Son aquellos formados por una losa de concreto Pórtland sobre una base, o directamente sobre la sub-rasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, es auto-resistente, y la cantidad de concreto debe ser controlada.

En función a lo señalado anteriormente; se puede diferenciar que en el pavimento rígido, el concreto absorbe gran parte de los esfuerzos que las ruedas de los vehículos ejercen sobre el pavimento, mientras que en el pavimento flexible este esfuerzo es transmitido hacia las capas inferiores (Base, Sub-base y Sub-rasante).

### **2.5.2 Requisitos y características del pavimento rígido**

- Requisitos de los Materiales.
- Dosificación.
- Equipos Necesarios.
- Procedimiento Constructivo.
- Juntas de Concreto.
- Sellos de Juntas.
- Prevención y Corrección de Defectos.

En el presente blog solo se desarrollará preparación de la base y requerimientos iniciales.

Antes de construir la losa de concreto que va a representar el pavimento rígido, se debe acondicionar la base de apoyo mediante el siguiente procedimiento:

- Se escarificara la base del terraplén hasta 20 centímetros.
- Se coloca el material apilado a lo largo de la carretera.
- Con una moto-niveladora se tumba el material apilado, formando un camellón a lo largo de la carretera.

Mezclar material e incorporar la humedad óptima y compactar, aplicando la siguiente ecuación:  $\text{Humedad Óptima} = \text{Humedad del agregado} + \text{Humedad hidrocópica del material}$ .

Colocación de capas sueltas que al compactarla quedan con un espesor de 20-30 centímetros. La compactación se hace por capas, por ello se debe escarificar la capa inmediata inferior 5.00 centímetros, para lograr un buen adosamiento entre la capa inferior y superior evitando así planos de falla.

En la última capa debemos darle a la sección transversal una pendiente de 2%, esto con el fin de garantizar que el espesor de la capa del pavimento sea igual en toda la sección transversal de la carretera. Esto se hace con una moto-niveladora, la cual hace el perfilado y el acabado o conformación final se realiza con el compactado de rodillo liso; la tolerancia admisible será de  $\pm 3$  centímetros con respecto a la cota del proyecto.

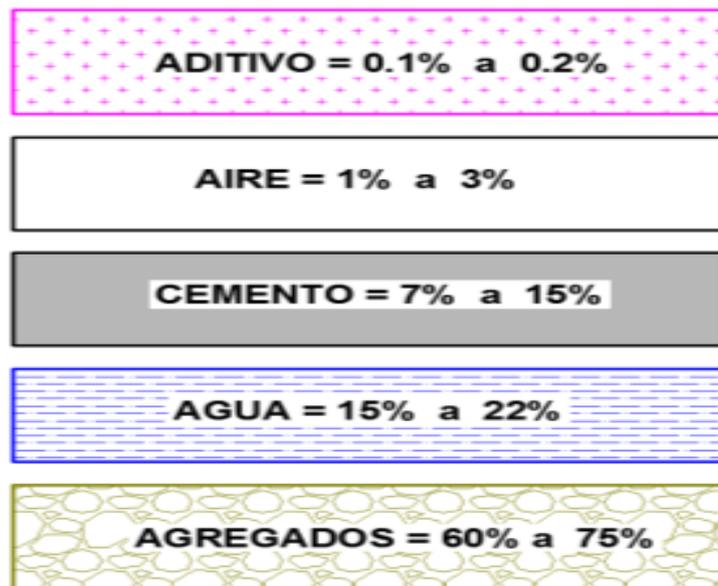
### **2.5.3 Componentes del concreto**

La Tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: Cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo.

Si bien la definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna mundial estos constituyen un ingrediente normal, por cuanto está científicamente demostrada la conveniencia de su empleo en mejorar condiciones de trabajabilidad,

resistencia y durabilidad, siendo a la larga una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra y equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento (Pasquel, 1998).

Figura 2.1. Proporciones en volumen absoluto de los componentes del concreto.



*Fuente: Instituto de Construcción y Gerencia, ICG, 2013.*

La pasta se compone de materiales cementantes, agua, aire atrapado o aire incluido (intencionalmente incorporado) y aditivo. La pasta constituye aproximadamente del 25% hasta 40% del volumen total del concreto.

Como los agregados constituyen aproximadamente del 60% al 75% del volumen total del concreto, su selección es muy importante. Los agregados deben componerse de partículas con resistencia mecánica adecuada y con resistencia a las condiciones de exposición y no deben contener materiales que puedan causar deterioración del concreto.

La calidad del concreto depende de la calidad de la pasta y del agregado y de la unión entre los dos. En un concreto adecuadamente confeccionado, cada y toda partícula de agregado es completamente cubierta por la pasta y todos los espacios entre las partículas de agregados se llenan totalmente con pasta (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese , & Tanesi, 2004).

#### **2.5.4 Agregados del pavimento rígido**

##### **Cemento**

El cemento que se utilizará es de origen local, del tipo de cemento Portland Tipo I, elaborado con base en la norma ASTM C-150, según los fabricantes, el cual es elaborado únicamente de Clinker y Yeso. Este tipo de cemento alcanza resistencias superiores de 5000 psi a 28 días.

Cemento Portland = Clinker Portland + Yeso

El cemento Portland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad.

#### **2.5.5 Composición química del cemento**

##### **Óxidos componentes**

El cemento está conformado por el óxido de calcio (CaO), óxido de sílice (SiO<sub>2</sub>), óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y óxido de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), siendo el total de éstos del 95% al 97%. En pequeñas cantidades también se presentan otros óxidos: la magnesia, el anhídrido sulfúrico, los álcalis y otros de menor importancia (Torre, 2004).

Tabla 2.3. Materias primas usuales para la obtención de los óxidos componente.

Proporción	Oxido Componente	Procedencia Usual
95%	Oxido de Calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Oxido de Sílice (SiO <sub>2</sub> )	Areniscas
	Oxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas
	Oxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas, Mineral de Hierro, Piritita
5%	Óxidos de Magnesio, Sodio, Potasio, Titanio, Azufre, Fósforo y Manganeso	Minerales Varios

Fuente: Pasquel, 1998.

Tabla 2.4. Porcentaje típico de los óxidos componentes del cemento.

Oxido Componente	Porcentaje Típico	Abreviatura
CaO	58% - 67%	C
SiO <sub>2</sub>	16% - 26%	S
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4% - 8%	A
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2% - 5%	F
SO <sub>3</sub>	0.1% - 2.5%	
MgO	1% - 5%	
K <sub>2</sub> O y Na <sub>2</sub> O	0% - 1%	
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0% - 3%	
TiO <sub>2</sub>	0% - 0.5%	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0% - 1.5%	
Pérdida x Calcinación	0.5% - 3%	

Fuente: Torre, 2004.

### Compuestos químicos

Kosmatka et al. (2004) señala que en la fabricación del clinker de cemento portland, durante la calcinación, el calcio se combina con otros

componentes de la mezcla cruda para formar cuatro compuestos principales:

- Silicato tricálcico  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 = \text{C}_3\text{S}$
- Silicato dicálcico  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 = \text{C}_2\text{S}$
- Aluminato tricálcico  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3 = \text{C}_3\text{A}$
- Ferro aluminato tetracálcico  $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{C}_4\text{AF}$

Estos compuestos conforman el 90% al 95% de la masa del cemento. A su vez durante la molienda, se añaden yeso (4% hasta 6%), de representación química:

- Sulfato de calcio dihidratado (yeso)  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \text{CSH}_2$
- 

*Tabla 2.5. Porcentaje típicos de los compuestos químicos principales del cemento.*

Designación	Fórmula	Abreviatura	Porcentaje
Silicato tricálcico	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}$	30% a 50%
Silicato dicálcico	$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}$	15% a 30%
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{A}$	4% a 12%
Ferro aluminato tetracálcico	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$	8% a 13%
Cal libre	$\text{CaO}$		
Magnesia libre (Periclusa)	$\text{MgO}$		

Fuente: Torre, 2004.

## 2.5.6 Propiedades de los compuestos químicos

### Principales

Los compuestos químicos según Torre (2004) tienen las siguientes propiedades:

#### a) Silicato tricálcico (C3S), conocido también como alita.

- Se hidrata y endurece rápidamente.
- Es el más importante de los compuestos del cemento.
- Determina la rapidez o velocidad de fraguado.
- Determina la resistencia inicial del cemento.
- Libera gran cantidad de calor de hidratación es equivalente a 120 cal/gr. Este compuesto tiene mucha importancia en el calor de hidratación de los cementos.
- Contribuye una buena estabilidad de volumen.
- Contribuye a la resistencia al intemperismo.

#### b) Silicato dicálcico (C2S), conocido también como belita.

- Contribuye con las resistencias a edades mayores a una semana.
- Por su porcentaje en el clinker es el segundo en importancia.
- Se hidrata y endurece con lentitud.
- Alcanza elevada resistencia a la compresión a largo plazo (después de prolongado endurecimiento).
- El valor de hidratación es equivalente a 63 cal/gr.
- Contribuye a la resistencia al intemperismo junto al C3S.

- Su contribución a la estabilidad de volumen es regular.

### **c) Aluminato Tricálcico (C3A)**

- Es el primero en hidratarse, o sea fragua con mucha rapidez (hidratación violenta).
- Libera gran cantidad de calor durante los primeros días de la hidratación
- Incide levemente en la resistencia mecánica.
- Tiene baja resistencia al intemperismo (acción del hielo y deshielo).
- Tiene mala estabilidad de volumen.
- Escasa resistencia a la acción del ataque de los sulfatos y ataques químicos.
- Calor de hidratación equivalente a 207 cal /gr.

### **d) Ferro Aluminato Tetra cálcico (C4AF)**

- Reduce la temperatura de formación del clinker.
- Rápida velocidad de hidratación
- El calor de hidratación es equivalente a 100 cal/gr (moderado).
- En la resistencia mecánica no está definida su influencia.
- La estabilidad de volumen es mala.
- Influye en el color final del cemento.

### 2.5.7 Tipos de cemento

Los cementos portland sin adición, constituidos por clinker portland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Acorde con la norma NTP 334.009 presenta la siguiente clasificación:

- **Tipo I:** Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- **Tipo II:** Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- **Tipo III:** Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- **Tipo IV:** Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- **Tipo V:** Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

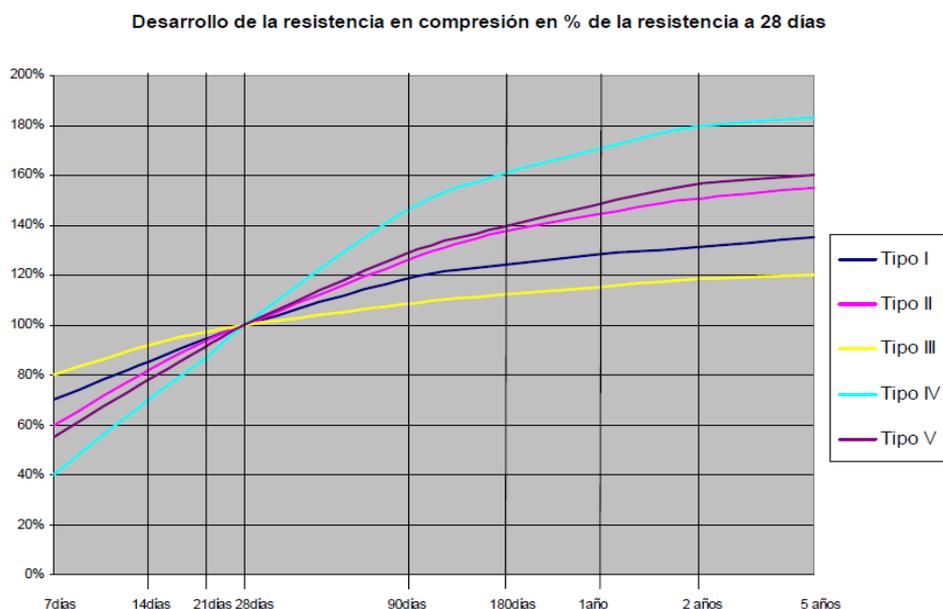
La norma establecida por la “American Society for Testing and Materials” (ASTM

C595), especifica las características de los cementos adicionados, los que contienen además de los compuestos mencionados, escorias, puzolanas y materiales calizos que modifican el comportamiento. Entre los tipos de cementos y el porcentaje añadido, tenemos:

- **Tipo IS:** Contenido de escoria entre 25% y 70%.
- **Tipo IS:** Contenido de escoria entre 25% y 70%.
- **Tipo ISM:** Contenido de escoria menor a 25%

- **Tipo IP:** Contenido de puzolana entre 15% y 40%.
- **Tipo IPM:** Contenido de escoria menor a 15%.
- **Tipo I (CO):** Cemento adicionado obtenido por la pulverización conjunta de Clinker Portland y materiales calizos (travertino), hasta un 30% de peso.

*Figura 2.2. Desarrollo de la resistencia a la compresión en porcentaje de la resistencia a los 28 días, para los cementos sin adiciones*



Fuente: ICG, 2013.

### 2.5.8 Requisitos calidad del cemento

Las normas NTP 334.009 y ASTM C595 señalan que los cementos portland indicados en la sección anterior, deberán satisfacer los requisitos físicos-químicos, obligatorios y opcionales prescritos en la norma, estos requerimientos exigidos por la norma, tiene como finalidad proveer un producto que cumpla con los estándares de calidad.

Tabla 2.6. Requisitos físicos del cemento.

Requisitos Físicos	Tipos					
	I	II	V	MS	IP	ICo
Resistencia la Compresión mín Kg/cm <sup>2</sup>						
3 días	120	100	80	100	130	130
7 días	190	170	150	170	200	200
28 días	280*	280*	210	280*	250	250
Tiempo de fraguado, minutos						
Inicial, mínimo	45	45	45	45	45	45
Final, máximo	375	375	375	420	420	420
Expansión en autoclave, % máximo	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Resistencia a los Sulfatos	--	--	0.04*	0.1	0.10*	--
% máximo de expansión			14 días	6meses	6meses	
Calor de Hidratación, máx, KJ/Kg						
7 días	--	290*	--	--	290*	--
28 días	--	--	--	--	330*	--
* Opcionales						

Fuente: NTP 334.009.

Tabla 2.7. Requisitos químicos del cemento.

Requisitos Químicos	Tipos					
	I	II	V	MS	IP	ICo
Óxido de Magnesio (MgO), máx, %	6	6	6	-	6	6
Trióxido de Azufre (SO <sub>3</sub> ), máx, %	3.5	3	2.3	-	4	4
Pérdida por Ignición, máx, %	3	3	3	-	5	8
Residuo Insoluble, máx, %	0.75	0.75	0.75	-	-	-
Aluminato tricálcico (C <sub>3</sub> A), máx, %	-	8	5	-	-	-
Álcalis equivalentes						
(Na <sub>2</sub> O + 0.658 K <sub>2</sub> O), máx, %	0.6*	0.6*	0.6*	-	-	-
* Opcionales						

Fuente: NTP 334.009.

### 2.5.9 Agua

En la presente investigación el agua que se utilizará para la realización de las diferentes mezclas será agua potable proveniente de la red pública de ANDA (Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados), la cual abastece al Laboratorio en donde realizaremos las pruebas. La norma ASTM C-1602 (ver Tablas N° 2.6 y 2.7), indica los requisitos de calidad del agua para la elaboración de concretos de calidad.

El agua en el concreto tiene tres funciones principales:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los
- Productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de estas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento.

Una regla empírica que sirve para estimar si determinada agua sirve o no para emplearse en la producción de concreto, consiste en establecer su habilidad para el consumo humano, ya que lo que no daña al hombre no daña al concreto (Pasquel, 1998).

Figura 2.3. El agua que es buena para beber es buena para el concreto.



## Requisitos de calidad del agua

La Norma NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los límites señalados en la Tabla 2.12.

Tabla 2.12. Límites permisibles para el agua de mezcla y curado.

Descripción	Límite Permisible	
Sólidos en suspensión	5000 ppm	Máximo
Materia Orgánica	3 ppm	Máximo
Alcalinidad (NaCHCO <sub>3</sub> )	1000 ppm	Máximo
Sulfatos ( ión SO <sub>4</sub> )	600 ppm	Máximo
Cloruros ( ión Cl <sup>-</sup> )	1000 ppm	Máximo
pH	5 a 8	

Fuente: NTP 339.088.

### 2.5.10 Agregados

Se define como agregados al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural y artificial, cuyas dimensiones están comprendidas en los límites fijados por la norma NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto.

Sabemos que el concreto está conformado por una pasta de cemento y agua en la cual se encuentran embebidas partículas de un material conocida como agregado el cual ocupa del 60% al 75% del volumen del concreto (70% a 85% de la masa). Por su peso pueden clasificarse en normal, liviano y pesado. Por su limpieza en sucio y limpio. Por su granulometría en agregado fino, agregado grueso, o agregado integral también conocido como hormigón.

La calidad del agregado es importante desde que aproximadamente  $\frac{3}{4}$  partes del volumen de concreto es ocupada por éste. Desde los estudios iniciales de Gilkey en 1923, se dejó de considerar al

agregado como un material inerte de relleno cuya aplicación permitiría disminuir únicamente el costo de la unidad cúbica del concreto.

Hoy se sabe que el agregado debido a sus propiedades físicas, químicas y térmicas, tiene influencia determinante sobre las propiedades del concreto, especialmente su resistencia y durabilidad (Rivva López, 2010a).

### **2.5.11 Clasificación de los agregados**

Según Pasquel (1998), la clasificación de agregados que detallaremos a continuación no son necesariamente las únicas ni las más completas, pero responden a la práctica usual en tecnología del concreto, a su vez la clasificación se encuentra enmarcada en la norma NTP 400.011.

#### **Según su procedencia**

Pueden ser naturales o artificiales. Los agregados naturales son formados por procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años, estos agregados son los de uso más frecuente a nivel mundial y particularmente en nuestro país por su amplia disponibilidad tanto en calidad como en cantidad, lo que los hace ideales para producir concreto. Los agregados artificiales provienen de un proceso de transformación de materiales naturales, que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto, algunos agregados de este tipo los constituyen la escoria de altos hornos, la arcilla horneada, el concreto reciclado, la microsílíce etc.

#### **Según su tamaño**

Se ha establecido convencionalmente la clasificación entre agregado grueso (piedra) y agregado fino (arena) en función de las

partículas mayores y las menores de 4.75 mm (Malla Standard ASTM # 4).

Esta clasificación responde además a consideraciones de tipo práctico ya que las técnicas de procesamiento de los agregados (zarandeo, chancado) propenden a separarlos en esta forma con objeto de poder establecer un control más preciso en su procesamiento y empleo.

### **Según su densidad**

Entendiendo densidad como la Gravedad específica, es decir el peso entre el volumen de sólidos referido a la densidad del agua, se acostumbra clasificarlos en normales con  $G_e = 2.5$  a  $2.75$ , ligeros con  $G_e < 2.5$  y pesados con  $G_e > 2.75$ . Cada uno de ellos marca comportamientos diversos en relación al concreto, habiéndose establecido técnicas y métodos de diseño y uso para cada caso.

### **2.5.12 Propiedades físicas de los agregados**

Pasquel (1998) considera que las propiedades físicas de mayor importancia son la de peso específico, peso unitario, humedad, porosidad y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra denominar granulometría o gradación.

Asociadas a estas características se encuentran una serie de ensayos o pruebas standard que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos o para emplearlas en el diseño de mezclas.

Es importante para evaluar estos requerimientos el tener claros los conceptos relativos a las siguientes características físicas de los agregados y sus expresiones numéricas:

### a. Peso específico

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. Las normas NTP 400.021 y 400.022 establecen el procedimiento estandarizado para su determinación en laboratorio, distinguiéndose tres maneras de expresarlo en función de las condiciones de saturación. En la Figura 2.03 se muestra gráficamente la distribución de volúmenes de sólidos, poros y vacíos para agregado secado al horno, estableciéndose las siguientes expresiones para la determinación en laboratorio del peso específico:

*Figura 2.4. Distribución de volúmenes de sólidos, poros y vacíos para agregado secado al horno.*

Peso específico de masa seca.

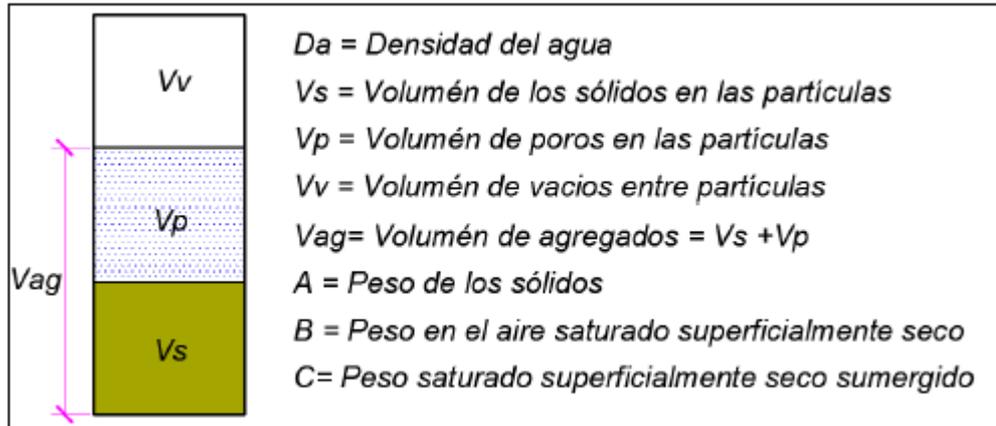
$$P_{em} = \frac{A}{B - C} = \frac{A}{V_{ag} * D_a}$$

Peso específico saturado superficialmente seco.

$$P_{esss} = \frac{B}{B - C} = \frac{B}{V_{ag} * D_a}$$

Peso específico aparente.

$$P_{ea} = \frac{A}{A - C} = \frac{A}{V_s * D_a}$$



Fuente: Pasquel, 1998.

Hay que tomar en cuenta que las expresiones de la norma son adimensionales, luego hay que multiplicarlas por la densidad del agua en las unidades que se deseen para obtener el parámetro a usar en los cálculos. Su valor para agregados normales oscila entre 2500 y 2750 kg/m<sup>3</sup>.

### b. Peso unitario

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos. El procedimiento para la determinación del peso unitario suelto y compactado se encuentra en la norma NTP 400.017. El valor obtenido para el peso unitario compactado, es el que se emplea en algunos métodos de diseños de mezclas para estimar las proporciones; por otro lado, el peso unitario suelto se emplea para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen. La expresión para calcular esta propiedad es la siguiente:

$$\text{Peso Unitario} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Volumen total}}$$

### c. Porcentaje de Vacíos

Es la medida del volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados. Depende también del acomodo entre partículas, por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario.

La misma norma NTP 400.017 indicada anteriormente establece la fórmula para calcularlo, empleando los valores de peso específico masa y peso unitario:

$$\%Vacíos = \frac{P_{em} * D_a - P.U}{P_{em} * D_a} * 100\%$$

Donde:

P<sub>em</sub>: peso específico de la masa

D<sub>a</sub>: Densidad del agua

P.U: peso unitario seco

### d. Absorción

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado. Tiene importancia pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias.

Las normas NTP 400.021 y 400.022 establecen la metodología para su determinación expresada en la siguiente fórmula:

$$\%Absorción = \frac{\text{Peso S.S.S.} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}}$$

#### e. Humedad

La estructura interna de una partícula de agregado, se constituye de materia sólida y de vacíos que pueden contener o no agua. El contenido de humedad, es la relación entre el peso del agua contenido en el agregado y el peso del agregado sólido seco, expresado en porcentaje. Según la norma NTP 339.185 la humedad se expresa de la siguiente manera:

$$\%Humedad = \frac{\text{Peso original de la muestra} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} * 100\%$$

Las condiciones de humedad de los agregados, se muestran en la Figura 2.04 y son:

- Secados al horno: son completamente absorbentes.
- Secados al aire: están secos en la superficie de la partícula pero contienen cierta humedad interior, siendo por lo tanto algo absorbentes.
- Saturados y superficialmente secos (sss): no absorben ni ceden agua a la mezcla de concreto.
- Húmedos: contienen un exceso de humedad en la superficie (agua libre).

Figura 2.5. Condiciones de humedad de los agregados.



Fuente: Kosmatka et al., 2004.

Hay que diferenciar entre absorción y contenido de humedad, ya que la absorción es un valor constante del agregado y el contenido de humedad es variable en función de la exposición del agregado al intemperismo (sol, lluvia, viento, etc.).

Cualquier cantidad de agua que se encuentre en la superficie de los agregados, contribuirá a aumentar el agua de la mezcla y ocupará un volumen, además del de las partículas del agregado.

Cuando el agregado está expuesto a la lluvia, se acumula una cantidad considerable de humedad en la superficie de las partículas y a excepción de la parte superior del apilamiento de los agregados, esa humedad se conserva durante mucho tiempo. Esto ocurre especialmente cuando se trata del agregado fino.

El contenido de humedad del agregado cambia con el clima, y varía también de una pila a otra, por lo que es necesario determinar con frecuencia dicho valor. El agregado grueso retiene mucho menos agua que la arena, tiene un contenido de humedad menos variable y, por lo tanto, presenta menos dificultades.

#### f. Porosidad

Es el volumen de espacios dentro de las partículas de agregados.

Tiene una gran influencia en todas las demás propiedades de los agregados, pues es representativa de la estructura interna de las partículas.

No hay un método estándar en ASTM para evaluarla, sin embargo existen varias formas de determinación por lo general complejas y cuya validez es relativa. Una manera indirecta de estimarla es mediante la determinación de la absorción, que da un orden de magnitud de la porosidad normalmente un 10% menor que la real, ya que como hemos indicado en el párrafo anterior, nunca llegan a saturarse completamente todos los poros de las partículas.

Los valores usuales en agregados normales pueden oscilar entre 0 y 15% aunque por lo general el rango común es del 1 al 5%.

En agregados ligeros, se pueden tener porosidades del orden del 15 al 50%.

#### **g. Granulometría**

Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado. La NTP 400.012 establece el procedimiento para su distribución mediante el tamizado, obteniéndose la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices. Eventualmente se calcula la masa retenida y/o que pasa, también los porcentajes parciales y acumulados.

Durante el proceso de análisis granulométrico es importante conocer los parámetros siguientes:

#### **Módulo de finura**

En la búsqueda de caracterizaciones numéricas que representen la distribución volumétrica de las partículas de agregados, se definió hace muchos años el Módulo de Fineza.

Es un concepto sumamente importante establecido por Duff Abrams en el año 1925 y se define como la suma de los porcentajes retenidos acumulativos de la serie Standard hasta el Tamiz No 100 y esta cantidad se divide entre 100.

$$MF = \frac{\sum \% \text{Acum. ret. (3", 11/2", 3/4", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

Debe tenerse muy en claro que el módulo de finura es un criterio que se aplica tanto a la piedra como a la arena, pues es general y sirve para caracterizar cada agregado independientemente o la mezcla de agregados en conjunto.

### **Tamaño máximo**

La NTP 400.011 lo define como aquel tamaño de la abertura del tamiz que deja pasar todo el agregado.

### **Tamaño máximo nominal**

La NTP 400.011 lo define como aquel tamaño de la abertura del tamiz que produce el primer retenido del agregado.

## **2.5.13 Agregados fino, grueso y global.**

### **Agregado fino**

La NTP 400.011 sostiene que son partículas provenientes de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 3/8".

### **Requisitos granulométricos**

El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037, los cuales están indicados en la Tabla 2.06. Es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

- La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 de la serie de Tyler.
- El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.
- El módulo de fineza del agregado fino se mantendrá dentro del límite de  $\pm 0.2$  del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto; siendo recomendable que el valor asumido esté entre 2.35 y 3.15.
- En la apreciación del módulo de fineza, se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

*Tabla 2.9. Requisitos granulométricos del agregado fino.*

<b>Malla</b>	<b>% Que Pasa</b>
3/8"	100
N°4	95 - 100
N°8	80 - 100
N°16	50 - 85
N°30	25 - 60
N°50	10 - 30
N°100	02 - 10

*Fuente: NTP 400.037.*

### 2.5.14 Límites de sustancias perjudiciales

El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino no deberá exceder los límites fijados por la norma NTP 400.037, los cuales están indicados en la Tabla 2.10.

Tabla 2.10. Límites máximos de sustancias perjudiciales permisibles del agregado fino.

Sustancias Perjudiciales	% Máx.
Lentes de arcilla y partículas desmenuzables	3.0%
Material más fino que la Malla N°200:	
a) Concretos sujetos a abrasión	3.0%
b) Otros concretos	5.0%
Carbón:	
a) Cuando la apariencia superficial del concreto es importante	0.5%
b) Otros Concretos	1.0%

Fuente: NTP 400.037.

### 2.5.15 Agregado grueso

La NTP 400.011 señala que los agregados grueso son partículas retenidas en el tamiz N°4 (4.75 mm), provenientes de la desintegración natural o mecánica de las rocas.

#### Requisitos granulométricos

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037, los cuales están indicados en la Tabla 2.08. Es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

- La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 11/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4".

- El tamaño nominal máximo del agregado grueso no deberá ser mayor de:
- Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados; o
- Un tercio del peralte de las losas; o
- Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzos; paquetes de barras; torones; o ductos de presfuerzo.

En elementos de espesor reducido, o ante la presencia de gran cantidad de armadura; se podrá con autorización de la Inspección reducir el tamaño nominal máximo del agregado grueso, siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad y se cumpla con el asentamiento requerido, y se obtenga las propiedades especificadas para el concreto.

### **Límite de sustancias perjudiciales**

El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado grueso no deberá exceder los límites fijados por la norma NTP 400.037, los cuales están indicados en la Tabla 2.11.

*Tabla 2.11. Límites máximos de sustancias perjudiciales permisibles del agregado grueso.*

Sustancias Perjudiciales	% Máx.
Arcilla	0.25%
Partículas desmenuzables	5.0%
Material más fino que la Malla N°200	1.0%
Carbón:	
a) Cuando la apariencia superficial del concreto es importante	0.5%
b) Otros Concretos	1.0%

Fuente: NTP 400.037.

## 2.5.16 Agregado global

La NTP 400.011 establece que el agregado global está compuesto de agregados finos y gruesos de origen natural o artificial, que en proporciones adecuadas deben cumplir con las especificaciones granulométricas de la norma NTP 400.037, los cuales están indicados en la Tabla 2.10.

*Tabla 2.12. Requisitos granulométricos del agregado global.*

Tamiz	Porcentaje que Pasa por los Tamices Normalizados		
	Tamaño Máximo Nominal		
	37.5 mm (1½)	19.0 mm (¾)	9.5 mm (½)
50 mm (2)	100		
37.5 mm ( 1 ½ )	95 a 100	100	
19,0 mm ( ¾ )	45 a 80	95 a 100	
12.5 mm ( ½ )			100
9,5 mm ( 3/8 )			95 a 100
4.75 mm (N° 4)	25 a 50	35 a 55	30 a 65
2.36 mm (N° 8)			20 a 50
1.18 mm (N° 16)			15 a 40
600 µm (N° 30)	8 a 30	10 a 35	10 a 30
300 µm (N° 50)			5 a 15
150 µm (N° 100)	0 a 8*	0 a 8*	0 a 8*

\* Incrementa a 10% para finos de roca triturada

Fuente: NTP 400.037.

El ICG (2013) establece módulos de finura prácticos para el agregado global según el equipo utilizado en obra, estos valores se muestran en la Tabla 2.13.

*Tabla 2.13. Módulos de finura global según el equipo utilizado en obra.*

Equipo Utilizado	M.F.
Mezcladoras	5.40
Mixers	5.10
Equipo de Bombeo	4.90

Fuente: ICG, 2013.

## **Aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante**

El tipo de aditivo que se utilizará para la elaboración de las cuatro mezclas de concreto es un aditivo que pertenece a la familia de aditivos superplastificantes, el cual no tiene cloruros adicionados en su formulación y es compatible con agentes inclusores de aire, impermeabilizantes, cloruro de calcio y muchos otros aditivos

El módulo de elasticidad y módulo de ruptura con la adición de microsílíce respecto a la mezcla patrón.

### **Ejecución**

- FASE 1: Selección de los materiales.
- FASE 2: Definición de los ensayos a realizar.
- FASE 3: Investigación de las propiedades de los materiales.
- FASE 4: Diseño de mezcla patrón.
- FASE 5: Diseño de mezcla de concreto con microsílíce
- FASE 6: Hechura de las cuatro mezclas definitivas, elaboración de especímenes y ensayo al concreto en estado fresco.
- FASE 7: Ensayos de pavimento rígido.
- FASE 8: Análisis de resultados

## **2.6 Propuesta de mezcla**

El presente trabajo de graduación en su objetivo principal es determinar la influencia de la microsílíce en el concreto tanto en estado fresco como endurecido y pretende determinar las siguientes correlaciones.

- La variación de los porcentajes de microsilíce en la resistencia a la compresión.
- El revenimiento conforme la cantidad de microsilíce va en aumento.
- El contenido de aire y el peso volumétrico con la adición de microsilíce.
- El tiempo de fraguado conforme la variación de la microsilíce.

### 2.6.1 Factores que gobiernan la trabajabilidad

Los factores que gobiernan la trabajabilidad del concreto, descritos en la Tabla 2.14, son los mismos que gobiernan su reología.

**Tabla 2.14.** Factores que influyen en la trabajabilidad del concreto.

FACTORES INTERNOS					FACTORES EXTERNOS	
CEMENTO	AGUA	AGREGADOS	ADITIVOS	DOSIFICACION	MEDIOAMBIENTE	CONDICIONES OBRA
TIPO	CANTIDAD	FORMA	TIPO	RELACION	TEMPERATURA	ENCOFRADOS
CONTIDAD		TEXTURA	CANTIDAD	AGUA/CEMENTO	VELOCIDAD DE VIENTO	ACERO DE REFUERZO
FINURA		GRANULOMETRIA		RELACION	HUMEDAD RELATIVA	METODO DE CAMPACTACION
COMPOSICION		TAMAÑO MAXIMO		FINOS/GRUESOS		
COLOR DE HIDRATACION						

Fuente: Portugal, 2007.

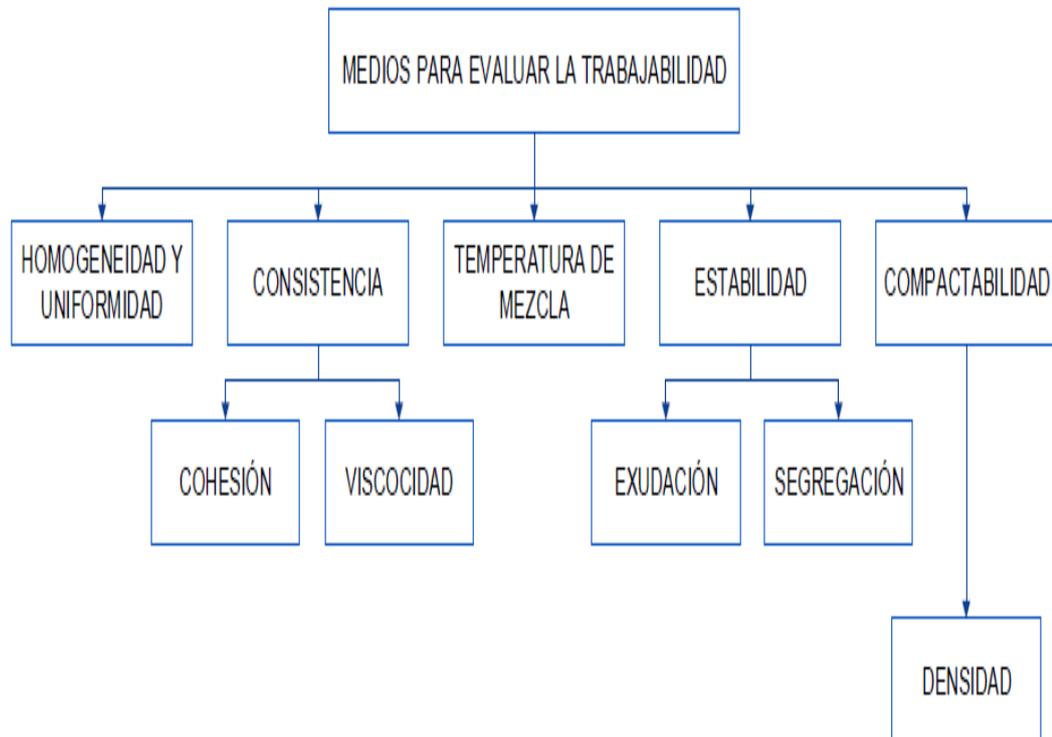
### 2.6.2 Medios para evaluar la trabajabilidad del Concreto

#### Concreto en estado fresco

Para preparar mezclas de concreto que satisfagan las condiciones de obra, deben tomarse en cuenta las características que presenta el concreto en estado fresco, las cuales son verificables por medios accesibles, y en conjunto se complementan para ofrecer una perspectiva global de su trabajabilidad.

Dichas características son: 1) homogeneidad y uniformidad, 2) consistencia, 3) temperatura de la mezcla, 4) estabilidad y 5) compactabilidad (ver Figura 2.6).

**Figura 2.6.** Medios para evaluar la trabajabilidad del concreto en estado fresco.



Fuente: Elaboración propia.

### 2.6.3 Factores que gobiernan la trabajabilidad

Los factores que gobiernan la trabajabilidad del concreto, descritos en la Tabla 2.15, son los mismos que gobiernan su reología.

**Tabla 2.15.** Factores que influyen en la trabajabilidad del concreto.

FACTORES INTERNOS					FACTORES EXTERNOS	
CEMENTO	AGUA	AGREGADOS	ADITIVOS	DOSIFICACION	MEDIOAMBIENTE	CONDICIONES OBRA
TIPO	CANTIDAD	FORMA	TIPO	RELACION	TEMPERATURA	ENCOFRADOS
CONTIDAD		TEXTURA	CANTIDAD	AGUA/CEMENTO	VELOCIDAD DE VIENTO	ACERO DE REFUERZO
FINURA		GRANULOMETRIA		RELACION	HUMEDAD RELATIVA	METODO DE CAMPACTACION
COMPOSICION		TAMAÑO MAXIMO		FINOS/GRUESOS		
COLOR DE HIDRATACION						

*Fuente: Portugal, 2007.*

## 2.6.4 Homogeneidad y uniformidad

### Mezclado

Es la incorporación de los componentes del concreto hasta el grado en que las reacciones entre sí se completen; esta puede llevarse a cabo mediante medios manuales o mecánicos.

Torre (2004) señala que la homogeneidad es la cualidad que tiene un concreto para que sus componentes se distribuyan regularmente en la masa. Es posible considerar la homogeneidad del concreto fresco desde dos puntos de vista:

#### a. Homogeneidad del mezclado

Corresponde a la homogeneidad “en el seno de la bachada”, esta depende esencialmente, del acto de mezclado, que involucra la forma y la secuencia como se administran los ingredientes, y las características y condiciones del funcionamiento del equipo mezclador y el tiempo de revoltura, principalmente.

## **b. Homogeneidad de producción (uniformidad)**

Se refiere a la uniformidad del concreto de bachada a bachada, la cual, es más bien un reflejo de la eficacia del proceso de producción, incluyendo su calibración rutinaria, y el control de calidad.

Para evaluar la homogeneidad y uniformidad al término del mezclado, se toman dos muestras de concreto fresco en diferentes porciones de la bachada, ya sea después del 10%, o bien, antes del 90% de la descarga, según lo establecido en la norma ASTM C94 y haciendo uso del método de muestreo descrito en la norma NTP 339.036 (ASTM C172).

## **CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO**

### **Resistencia a la compresión**

La magnitud y porcentaje de incremento de la resistencia dependen de numerosos factores, algunos de los cuales son el tipo de mezcla, tipo de cemento, cantidad de microsilice, empleo de aditivos reductores de agua, propiedades de los agregados y régimen de curado. Cuando la resistencia a la compresión excede los 60 MPa, no es tan fácil de medir de la forma adecuada, por lo tanto para medirla se debe hacer bajo la norma ASTM C-39 "Método para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto".

El concreto presenta una alta resistencia a los esfuerzos de compresión y muy poca a los de tracción, razón por la cual, la resistencia a la compresión simple es la propiedad a la que se le da mayor importancia.

Desde el punto de vista de la resistencia a la compresión se considera un concreto de resistencia normal cuando no supera los 420 kg/cm<sup>2</sup>. Por otra parte se considera que un concreto es de alta resistencia cuando esta es superior a 420 kg/cm<sup>2</sup> e inferior a 1000 kg/cm<sup>2</sup>, a 28 días.

Cuando tiene resistencias superiores a 1000 kg/cm<sup>2</sup> se considera como de ultra alta resistencia (Instituto del Concreto, 1997).

### **Naturaleza de la resistencia a la compresión**

El concreto es una masa endurecida que por su propia naturaleza es discontinua y heterogénea. El cemento hidratado, es en sí mismo una masa semicristalina discontinua, con un elevado grado de porosidad, que contiene agua libre y agua no evaporable. Adicionalmente, esta agua libre al exudar y evaporarse, deja micro poros y canales capilares continuos en el gel de cemento, los cuales se convierten posteriormente en medios para el intercambio de humedad en el concreto y el ambiente que lo rodea.

Por otra parte la presencia de agregados incide notablemente en la heterogeneidad, debido a la diversidad de tamaños, textura superficial y geometría de las partículas. Todo esto es lo que hace imposible lograr una adherencia perfecta entre la pasta de cemento y cada una de las partículas de agregado, sin embargo la adición de microsílíce en este sistema, incrementa la adherencia en la zona de transición.

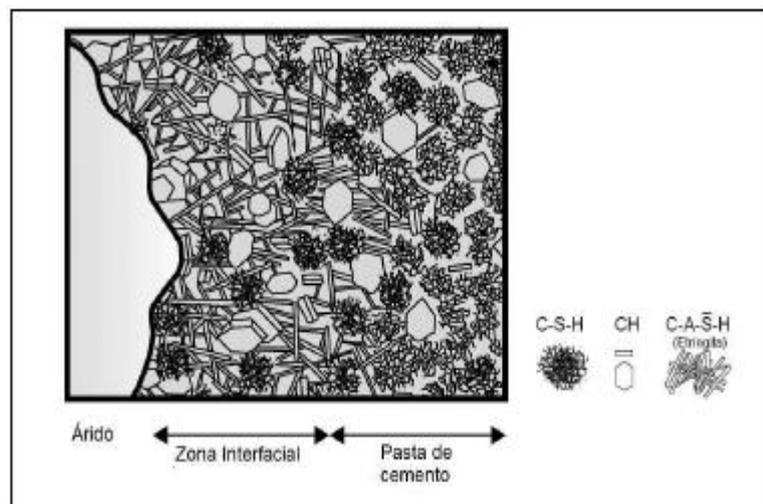
La heterogeneidad y naturaleza discontinua del concreto sin embargo son ventajosas, debido a que proporcionan la “cuasiductibilidad” y los mecanismos de disipación de energía esenciales para un material de sometido a cargas estáticas y dinámicas.

En resumen la resistencia a la compresión del concreto se rige principalmente por la resistencia e interacción de sus fases constituyentes:

Los concretos de alta resistencia suelen tener una zona interfacial que varía entre 10 a 50  $\mu$ m, esta zona contiene una más alta porosidad y un alto volumen de hidróxido de calcio, como se muestra en la Figura 2.18, en los concretos sin adiciones minerales esta zona es consecuentemente frágil y más permeable que la pasta fuera de la zona

de transición, a pesar de ser esta zona delgada esta suele ser una porción importante que varía entre una cuarta a tercera parte del volumen de pasta en el mortero o concreto. En los concretos con adiciones minerales finas esta zona suele llenarse de estas formando una zona más densa, así mismo la mayor acumulación de los cristales de hidróxido de calcio proporcionan un fuente para la combinación con las puzolanas adicionadas, el uso de microsílíce densifica notablemente esta zona creando los mecanismos de alta adherencia entre los agregados y las pasta cementicia (Portugal, 2007).

**Figura 2.7.** Representación de la zona de interface o transición en un concreto sin adiciones.

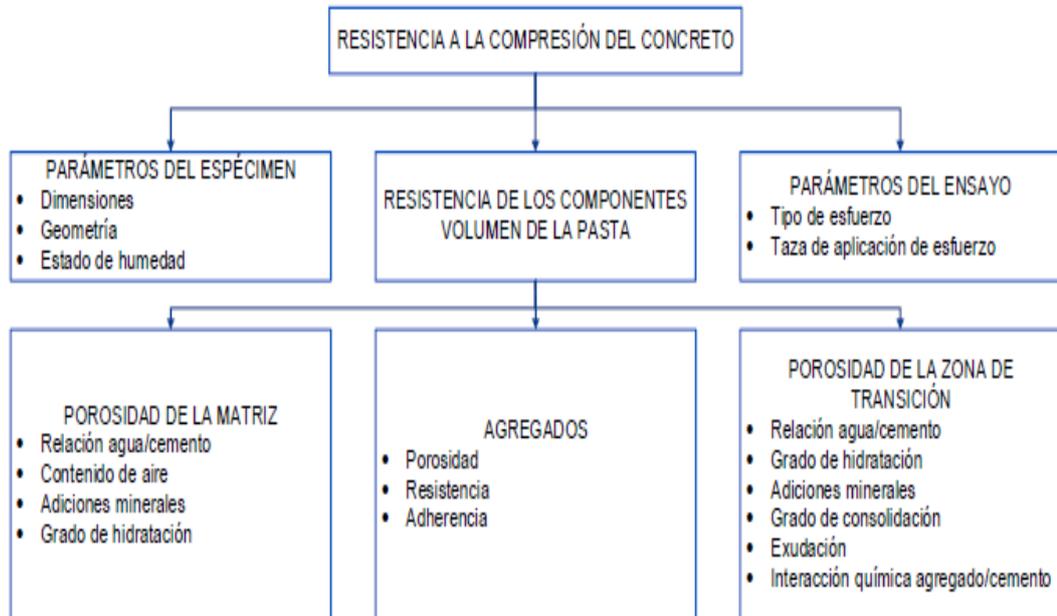


Fuente: Portugal, 2007.

### **Factores que influyen en la resistencia a la compresión**

En general, es factor más importante que afecta la resistencia a la compresión del concreto es la relación agua/cemento, además de este factor se pueden observar otros más en la Figura 2.8.

Figura 2.8. Diagrama de factores que influyen en la resistencia a la compresión del concreto



Fuente: Portugal, 2007.

## CONCRETO EN ESTADO FESCO.

### Tiempo de fraguado.

El Instituto del Concreto (1997) manifiesta que cuando el cemento y el agua entran en contacto, se inicia una reacción química exotérmica (flujo de calor de dentro hacia fuera de la reacción) que determina la paulatina rigidización de la mezcla.

Al seguir el proceso de rigidización del concreto, por el método de las agujas de penetración NTP 339.082 (ASTM C403), se obtiene una evolución como la que se presenta en la Figura 2.17. En el cual se distinguen tres etapas principales:

### **a. El lapso anterior al fraguado**

Durante el cual, el concreto se manifiesta como una mezcla relativamente blanda y moldeable, en función de la consistencia con que se elabora.

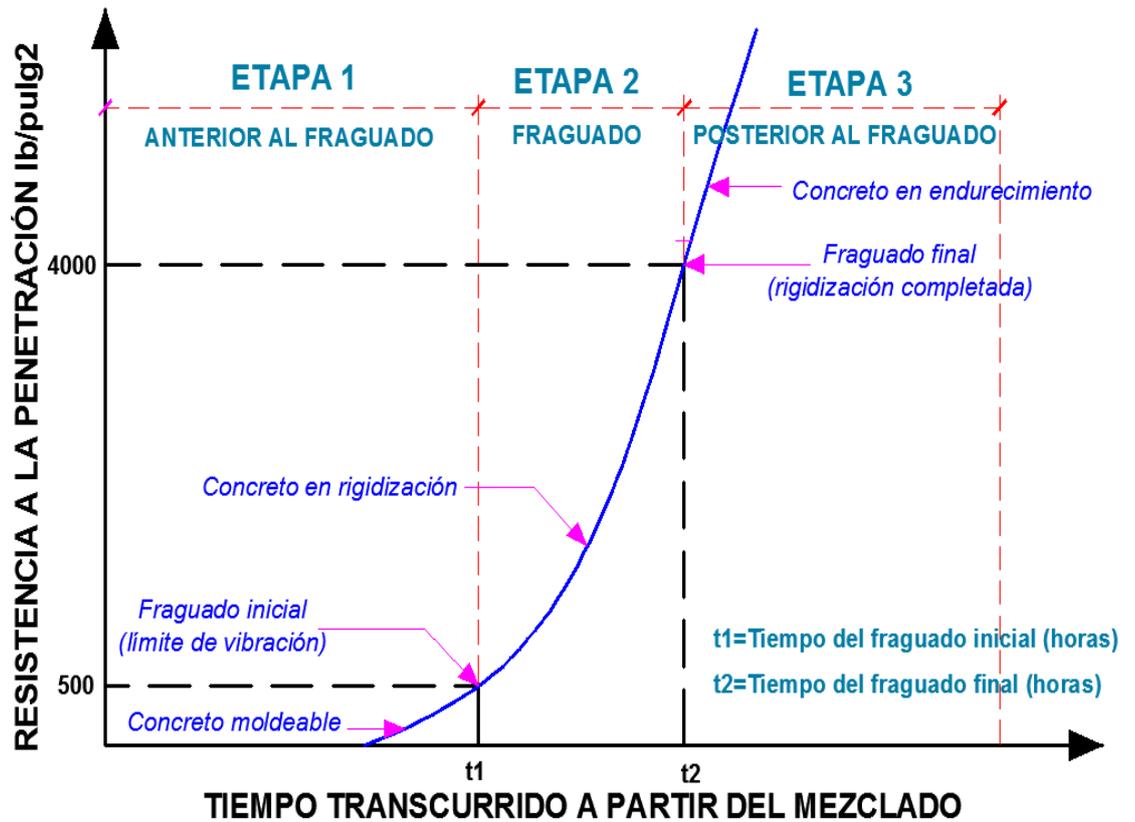
### **b. El lapso de fraguado**

En cuyo curso la mezcla aumenta progresivamente de consistencia, para convertirse en una masa rígida que ya no es moldeable, pero que aún no adquiere resistencia mecánica apreciable.

### **c. El lapso posterior al fraguado**

Corresponde a la etapa del endurecimiento propiamente dicho.

Por razones de utilidad práctica, se considera que la primera etapa, es aquella en que el concreto puede ser moldeado o remoldeado; en la segunda etapa, el concreto se halla en curso de rigidización y ya no puede ser moldeado o remoldeado, sin riesgo de causarle daño permanente. En la tercera etapa, al concreto debe dársele el curado adecuado para asegurar con esto, que el concreto satisfaga los requisitos de resistencia y durabilidad exigidos por la obra.



## 2.7 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

### Aditivo

VISCOCRETE 20HE: Aditivo superplastificante reductor de agua de mezclado de alto rango

### Microsilice

Según el ACI 116R la microsilice se define como un “muy fino y no cristalino sílice producido en horno de arco eléctrico, como un subproducto de la producción de silicio o de aleaciones elementales que contienen silicio; también es conocido como humo de sílice condensado o humo de sílice” La microsilice que se utilizará es del tipo densificada y debe tener una superficie específica alrededor de 200,000 cm<sup>2</sup>/g.

## **Fraguado del cemento**

Cuando el cemento y el agua entran en contacto, se inicia una reacción química exotérmica que determina el paulatino endurecimiento de la mezcla. Dentro del proceso general de endurecimiento se presenta un estado en que la mezcla pierde apreciablemente su plasticidad y se vuelve difícil de manejar; tal estado corresponde al fraguado inicial de la mezcla.

## **Trabajabilidad**

La prueba de medición del revenimiento está regida bajo la norma ASTM C-143, aunque esta sea criticada en cuanto a su valor científico y tecnológico, se seguirá usando por más tiempo para controlar la trabajabilidad del concreto, sea este convencional o de alta resistencia

De acuerdo al comité ACI 309R, la trabajabilidad es aquella propiedad del mortero o del concreto recién mezclado que determina la facilidad y homogeneidad con que puede ser mezclado, transportado, colocado, compactado y acabado. Para lograr una mayor aproximación a la trabajabilidad. La reología, que es la ciencia que estudia el flujo o desplazamiento de los materiales, ha establecido los siguientes conceptos, como se observa en la Figura 2.12, que permiten enfocar con más precisión el comportamiento reológico del concreto en estado fresco y por consiguiente su trabajabilidad:

## **Estabilidad**

Es el desplazamiento o flujo que se produce en el concreto sin mediar la aplicación de fuerzas externas.

Se cuantifica por medio de la exudación y la segregación, evaluadas con métodos standard que permiten comparar dichas características entre varios diseños, siendo obvio que se debe buscar obtener los valores mínimos.

## **Compactabilidad**

Es la facilidad con que el concreto o mortero fresco es compactado o consolidado para reducir el volumen de vacíos y por lo tanto el aire atrapado.

## **Movilidad**

Es la facilidad del concreto a ser desplazado mediante la aplicación de trabajo externo. Se evalúa en función de la viscosidad, cohesión y resistencia interna al corte.

La viscosidad viene dada por la fricción entre las capas de la pasta de cemento, la cohesión es la fuerza de adherencia entre la pasta de cemento y los agregados, y la resistencia interna al corte la provee la habilidad de las partículas de agregados a rotar y desplazarse dentro de la pasta.

## **Agregados**

Los agregados utilizados en la investigación constituyen en promedio 65% del volumen total de una mezcla de concreto y muchas de las propiedades principalmente mecánicas dependen directamente de los agregados, es decir, de sus propiedades físicas y químicas.

## **Impermeabilidad**

Se refiere a la cantidad de migración de agua a través del concreto cuando esta se encuentra a presión, o a la capacidad del concreto de resistir la penetración de agua u otras sustancias

## **Resistencia**

La magnitud y porcentaje de incremento de la resistencia dependen de numerosos factores, algunos de los cuales son el tipo de mezcla, tipo de cemento, cantidad de microsilíce, empleo de aditivos

reductores de agua, propiedades de los agregados y régimen de curado. Cuando la resistencia a la compresión excede los 60 MPa, no es tan fácil de medir de la forma adecuada, por lo tanto para medirla se debe hacer bajo la norma ASTM C-39 “Método para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto”.

### **Mezclado**

Es la incorporación de los componentes del concreto hasta el grado en que las reacciones entre sí se completen; esta puede llevarse a cabo mediante medios manuales o mecánicos.

### **Movilidad**

Es la facilidad del concreto a ser desplazado mediante la aplicación de trabajo externo. Se evalúa en función de la viscosidad, cohesión y resistencia interna al corte.

## **CAPÍTULO III**

### **PROPUESTA TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **FUNDAMENTACIÓN DE LA PROPUESTA**

##### **Agregados**

Los agregados utilizados en la investigación constituyen en promedio 65% del volumen total de una mezcla de concreto y muchas de las propiedades principalmente mecánicas dependen directamente de los agregados, es decir, de sus propiedades físicas y químicas.

El agregado fino proviene de la cantera de Rio llave y el agregado grueso proviene de la cantera Rio llave; cumplen con la NTP 400.037 y la Norma ASTM C 33.

##### **A. Propiedades físicas de los agregados**

Conocer las propiedades físicas de los agregados es muy importante para conocer el comportamiento del concreto elaborado con estos agregados, además de tener en cuenta un control de calidad estricto tanto en cantera como en laboratorio, ya que el concreto de alta resistencia es altamente susceptible de los cambios en su constitución. Los ensayos para determinar las propiedades físicas de los agregados se realizaron para tres muestras (M-1, M-2 y M-3) de agregado fino y grueso respectivamente, tomándose los valores promedios de las tres muestras como representativos. La metodología utilizada para

determinar las propiedades físicas de los agregados está de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas vigentes y las Normas ASTM.

## **B. Peso unitario de los agregados**

Se denomina peso unitario del agregado al peso que alcanza un determinado volumen unitario. Este valor es requerido cuando se trata de clasificar agregados ligeros o pesados y en el caso de realizar proporciones de mezcla de concreto por volumen. El peso unitario del agregado varía de acuerdo a condiciones intrínsecas, como la forma, granulometría y tamaño máximo. Asimismo, depende de factores externos como la relación de tamaño máximo con el volumen del recipiente utilizado para realizar el ensayo, la consolidación impuesta, la forma de colocación, etc. De acuerdo al tipo de consolidación hay dos tipos de peso unitario: suelto y compactado. Los pesos unitarios para el agregado fino y grueso utilizados fueron determinados según la NTP 400.017 y los valores obtenidos se muestran en los Cuadros 3.1 y 3.2 respectivamente.

**Cuadro 3.1:** Determinación del peso unitario suelto y compactado del agregado fino

<b>AGREGADO FINO (ARENA)</b>				
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>				
Nº DE PRUEBAS	Nº	01	02	03
PESO MOLDE + MUESTRA.	gr.	7480.00	7490.00	7485.00
PESO DEL MOLDE	gr.	5280.00	5280.00	5280.00
PESO DE LA MUESTRA.	gr.	2200.00	2210.00	2205.00
VOLUMEN DEL MOLDE.	gr.	1337.98	1337.98	1337.98
PESO UNITARIO	Kg/m <sup>3</sup>	1644.27	1651.74	1648.01
PESO UNITARIO PROMEDIO	Kg/m <sup>3</sup>	<b>1648.01</b>		
<b>PESO UNITARIO COMPACTO</b>				
Nº DE PRUEBAS	Nº	01	02	03
PESO MOLDE + MUESTRA.	gr.	7730.00	7760.00	7750.00
PESO DEL MOLDE	gr.	5280.00	5280.00	5280.00
PESO DE LA MUESTRA.	gr.	2450.00	2480.00	2470.00
VOLUMEN DEL MOLDE.	gr.	1337.98	1337.98	1337.98
PESO UNITARIO	Kg/m <sup>3</sup>	1831.12	1853.54	1846.07
PESO UNITARIO PROMEDIO	Kg/m <sup>3</sup>	<b>1843.58</b>		

Fuente: **Base de datos**

**Cuadro 3.2:** Determinación del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

<b>AGREGADO GRUESO (GRAVA)</b>				
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>				
Nº DE PRUEBAS	Nº	01	02	03
PESO MOLDE + MUESTRA.	gr.	7240.00	7250.00	7230.00
PESO DEL MOLDE	gr.	5280.00	5280.00	5280.00
PESO DE LA MUESTRA.	gr.	1960.00	1970.00	1950.00
VOLUMEN DEL MOLDE.	gr.	1337.98	1337.98	1337.98
PESO UNITARIO	Kg/m <sup>3</sup>	1464.89	1472.37	1457.42
PESO UNITARIO PROMEDIO	Kg/m <sup>3</sup>	<b>1464.89</b>		
<b>PESO UNITARIO COMPACTO</b>				
Nº DE PRUEBAS	Nº	01	02	03
PESO MOLDE + MUESTRA.	gr.	7470.00	7410.00	7430.00
PESO DEL MOLDE	gr.	5280.00	5280.00	5280.00
PESO DE LA MUESTRA.	gr.	2190.00	2130.00	2150.00
VOLUMEN DEL MOLDE.	gr.	1337.98	1337.98	1337.98
PESO UNITARIO	Kg/m <sup>3</sup>	1636.80	1591.95	1606.90
PESO UNITARIO PROMEDIO	Kg/m <sup>3</sup>	<b>1611.88</b>		

Fuente: Base de datos

### C. Peso específico

El peso específico de los agregados adquiere importancia en la construcción, cuando se requiere que el concreto tenga un peso límite, sea máximo o mínimo. Además, el peso específico es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que el peso específico bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles, caso en el que es recomendable realizar pruebas adicionales.

Los pesos específicos para el agregado fino y grueso utilizados en la investigación fueron determinados según la NTP 400.022 y los

valores obtenidos se muestran en los Cuadros 3.3 y 3.4 respectivamente.

### **Absorción**

La capacidad que tiene los agregados de atrapar las moléculas de agua en sus poros, producido por la capilaridad, es la absorción. Su influencia radica en el aporte de agua al concreto haciendo variar propiedades importantes como la resistencia y la trabajabilidad. La absorción de los agregados fino y grueso utilizados en la investigación fueron determinados según la **NTP** 400.022 y los valores obtenidos se muestran se detallan en los Cuadros 3.3 y 3.4 respectivamente.

### **D. Contenido de humedad**

La cantidad de agua retenida por las partículas del agregado es el contenido de humedad, esta propiedad varía en función del tiempo y condiciones ambientales, es por esto *que* para *la* investigación el contenido de humedad fue determinado para cada diseño de mezcla según la NTP 400.016.

**Cuadro 3.3:** Determinación del peso específico del agregado fino

<b>AGREGADO FINO (ARENA) ASTM C-128</b>			
DESCRIPCION	UND	Nº DE PRUEBAS	
		01	02
A) Peso material saturado superficialmente seca (en el aire) gr.	gr.	297.6	297.8
B) Peso frasco + H2O gr.	gr.	676.0	676.2
C) Peso frasco + H2O + A gr.	gr.	973.6	974.0
D) Peso material + H2O en el frasco gr.	gr.	853.2	853.4
E) Volumen de masa + volumen de vacios =C-D	cm <sup>3</sup>	120.4	120.6
F) Peso material seco gr.	gr.	294.3	294.4
G) Volumen de masa = E-(A-F)	cm <sup>3</sup>	117.0	117.2
P.E. Bulk (base seca) = F/E	gr/cm <sup>3</sup>	2.44	2.44
P.E. Bulk (base saturada) = A/E	gr/cm <sup>3</sup>	2.47	2.47
P.E. Aparente (base seca) = F/G	gr/cm <sup>3</sup>	2.51	2.51
% de Absorción = ((A-F)/F)X100	%	1.13	1.15
<b>PESO ESPECIFICO (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.51</b>	<b>ABSORCION (%)</b>	<b>1.14</b>

Fuente: Base de datos

**Cuadro 3.4:** Determinación del peso específico del agregado grueso

<b>AGREGADO GRUESO (GRAVA) ASTM C-127</b>				
DESCRIPCION	UND	Nº DE PRUEBAS		
		01	02	
A) Peso material saturado superficialmente seca (en el aire) gr.	gr.	299.6	299.5	
B) Peso frasco + H2O gr.	gr.	622.4	622.2	
C) Peso frasco + H2O + A gr.	gr.	922.0	921.7	
D) Peso material + H2O en el frasco gr.	gr.	798.1	798.5	
E) Volumen de masa + volumen de vacios =C-D	cm <sup>3</sup>	123.9	123.2	
F) Peso material seco gr.	gr.	291.8	291.5	
G) Volumen de masa = E-(A-F)	cm <sup>3</sup>	116.2	115.2	
P.E. Bulk (base seca) = F/E	gr/cm <sup>3</sup>	2.36	2.37	
P.E. Bulk (base saturada) = A/E	gr/cm <sup>3</sup>	2.42	2.43	
P.E. Aparente (base seca) = F/G	gr/cm <sup>3</sup>	2.51	2.53	
% de Absorción = ((A-F)/F)X100	%	2.65	2.75	
<b>PESO ESPECIFICO (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.52</b>	<b>ABSORCION (%)</b>		<b>2.70</b>

Fuente: Base de datos

### E. Granulometría de los agregados

La distribución de los tamaños del agregado, la granulometría está directamente relacionada con las características de manejabilidad del concreto en estado fresco, la demanda de agua, la compacidad y la resistencia mecánica del concreto en estado endurecido. Los límites granulométricos que recomienda la NTP 400.037 para el agregado fino se muestra en la Tabla 3.1 y para el agregado grueso en la Tabla 3.2. Resultados del análisis granulométrico de los agregados se presentan en los Cuadros 3.5 y 3.6, y las curvas granulométricas de los agregados se encuentran en el Gráfico 3.1.

**Tabla 3.1:** Límites granulométricos para el agregado fino

Tamiz estándar (abertura cuadrada)	Porcentaje que pasa
3/8" (9.51 mm)	100
N° 4 (4.75 mm)	95 a 100
N° 8 (2.38 mm)	80 a 100
N° 16(1.19 mm)	50 a 85
N° 30 (0.595 mm)	25 a 60
N° 50 (0.297 mm)	5 a 30
N° 100 (0.148 mm)	0 a 10

Fuente: Norma Técnica Peruana **NTP** 400.037

**Cuadro 3.5:** Granulometría del agregado fino usado

AGREGADO FINO							NORMA : MTC E-204 - 2000
N° DE MALLAS	ABERTURA DE MALLAS (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	
							Peso Inicial : 515.0 Gr.
3/8"	9.525			0.00	100.00	100	
N° 4	4.760	28.0	5.44	5.44	94.56	95 - 100	Módulo de fineza : 2.88
N° 8	2.380	72.0	13.98	19.42	80.58	80 - 100	% que pasa malla 100 : 12
N°16	1.190	108.0	20.97	40.39	59.61	50 - 85	
N° 30	0.590	101.0	19.61	60.00	40.00	25 - 60	<b>Observaciones:</b> La curva granulométrica del Agregado Fino entra en grán parte a las especificaciones técnicas de MTC.
N° 50	0.297	77.0	14.95	74.95	25.05	10 - 30	
N° 100	0.149	68.0	13.20	88.16	11.84	2 - 10	
N° 200	0.074	47.0	9.13	97.28	2.72	0 - 5	
< 200		14.0	2.72	100.00	0.00		

Fuente: Base de datos

**Cuadro 3.6:** Granulometría del agregado grueso usado

AGREGADO GRUESO							NORMA : MTC E-204 - 2000
Nº DE MALLAS	ABERTURA DE MALLAS (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	
							358 0.0 Peso Inicial : Gr.
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	100	
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00	100	Modulo de fineza : 7.32
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00	100 - 0	% que pasa malla 3/8 : 5.31
1"	25.400	750.0	20.95	20.95	79.05	90 - 0	
3/4"	19.050	600.0	16.76	37.71	62.29	40 - 85	<b>Observaciones:</b> La curva granulométrica del Agregado grueso entra en grán parte a las especificaciones técnicas de MTC gradación "AG-4".
1/2"	12.700	1280.0	35.75	73.46	26.54	10 - 40	
3/8"	9.525	760.0	21.23	94.69	5.31	0 - 15	
Nº 4	4.470	190.0	5.31	100.00	0.00	0 - 5	

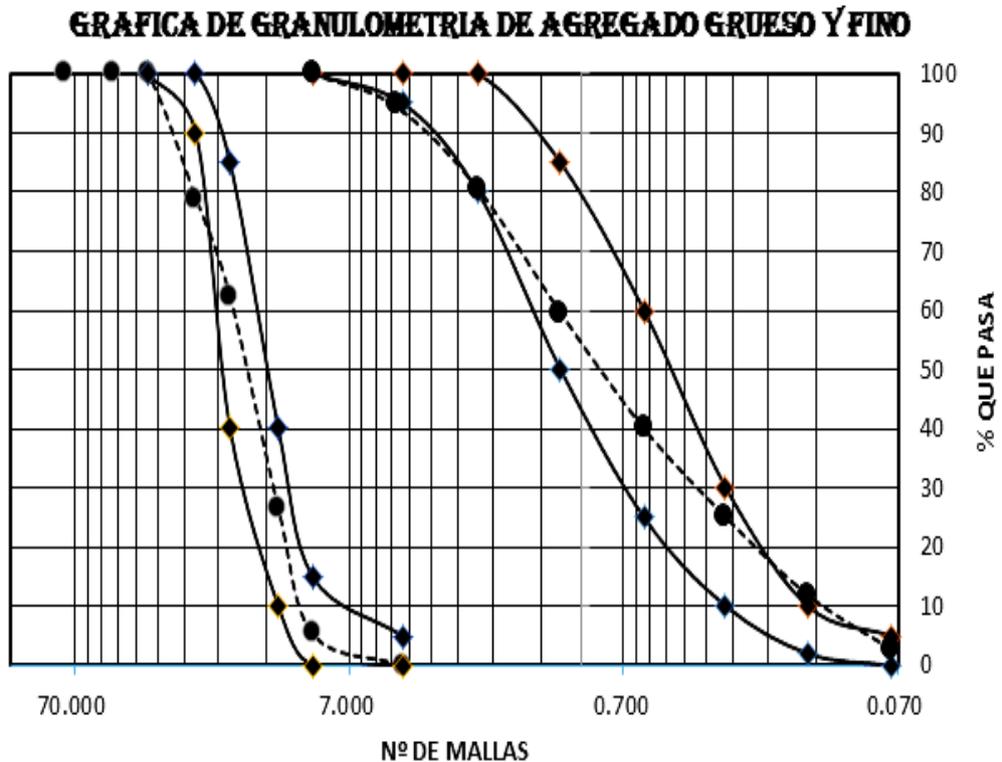
Fuente: Base de datos

**Tabla 3.2:** Límites granulométricos para el agregado grueso

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm (4 pulg.)	90 mm (3 1/2 pulg.)	75 mm (3 pulg.)	63 mm (2 1/2 pulg.)	50 mm (2 pulg.)	37,5 mm (1 1/2 pulg.)	25,0 mm(1)	19,0 mm (3/4 pulg.)	12,5 mm (1/2 pulg.)	9,5 mm (3/8 pulg.)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	4,75 pm (No. 50)
1	90 mm a 37,5 mm (3 1/2 a 1 1/2 pulg.)	100	90 a 100	---	25 a 60	---	0 a 15	---	0 a 15	---	---	---	---	---	---
2	63 mm a 37,5 mm (2 1/2 a 1 1/2 pulg.)	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	-	---	---	---
3	50 mm a 25,0 mm (2 a 1 pulg.)	---	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	-	---	---	-	---
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg. a No. 4)	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	0 a 30	---	0 a 5	---	---	---
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 1/2 a 3/4 pulg.)	---	-	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	---	0 a 5	---	---	---	---
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 1/2 pulg. a No. 4)	---	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---	---	---
5	25,0 mm a 12,5 mm (1 a 1/2 pulg.)	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---	---
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 a 3/8 pulg.)	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---	---
57	25,0 mm a 4,75 mm (1 pulg. a No. 4)	---	---	---	---	---	100	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---	---
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4 a 3/8 pulg.)	-	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---	---	---
67	19,0 mm a 4,75 mm (3/4 pulg. a No. 4)	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg. a No. 4)	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---	---
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg. a No. 8)	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	---
89	9,5 mm a 1,18 mm (3/8 pulg. a No. 16)	---	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 35	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037

**Gráfico 3.1:** Curva granulométrica del agregado fino y Grueso.



**F. Módulo de finura de los agregados**

El módulo de finura de los agregados se determina a partir de los resultados del ensayo granulométrico, siendo de 3.04 para el agregado fino determinado a partir del Cuadro 3.7 y el módulo de finura para el agregado grueso es de 5.37 determinado a partir del Cuadro 3.8. El módulo de finura se obtiene de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de la serie de tamices especificados de acuerdo a la siguiente expresión:

Porcentajes retenidos acumulados

$$MF = \frac{\sum \% \text{Acum. ret. (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

### **Materiales más finos que pasan la malla N°200 (75 pm)**

El material muy fino, constituido por arcilla y limo, se presenta recubriendo al agregado grueso, o mezclado con la arena. En el primer caso, afecta la adherencia del agregado y la pasta; en el segundo, incrementa los requerimientos de agua para la mezcla. En principio, un moderado porcentaje de finos menores a 75 pm puede favorecer la trabajabilidad, pero su incremento afecta la resistencia a la compresión del concreto. El agregado fino usado presenta un 3.6% de finos que pasan la malla N°200 y el agregado grueso un 0.6% se determinaron según la **NTP** 400.018 y su valor se muestra en el Cuadro 3.7 a continuación.

### **Materiales más finos que pasan la malla N°200 (75 pm)**

El material muy fino, constituido por arcilla y limo, se presenta recubriendo al agregado grueso, o mezclado con la arena. En el primer caso, afecta la adherencia del agregado y la pasta; en el segundo, incrementa los requerimientos de agua para la mezcla. En principio, un moderado porcentaje de finos menores a 75 pm puede favorecer la trabajabilidad, pero su incremento afecta la resistencia a la compresión del concreto. El agregado fino usado presenta un 3.6% de finos que pasan la malla N°200 y el agregado grueso un 0.6% se determinaron según la **NTP** 400.018 y su valor se muestra en el Cuadro 3.7 a continuación.

**Cuadro 3.7:** Resumen de las propiedades de los agregados

<b>Descripción</b>	<b>Agregado fino</b>	<b>Agregado grueso</b>	<b>Unidades</b>
Cantera	Rio llave	Rio llave	
Absorción	1.14	2.70	%
Peso específico	2.51	2.52	
Peso unitario suelto	1648	1465	Kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1844	1612	Kg/m <sup>3</sup>
Módulo de finura	2.88	7.32	
Finos que pasan la malla N°200	3.60	0.60	%
Tamaño máximo	---	1/2	Pulgada
Tamaño máximo nominal	---	1	Pulgada

*Fuente: Base de datos*

### **ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE**

También son conocidos como aditivos reductores de agua de alto rango, los cuales tiene por finalidad reducir en forma importante el contenido de agua del concreto manteniendo una consistencia dada y sin producir efectos indeseables sobre el fraguado. Igualmente se emplean para incrementar el asentamiento sin necesidad de aumentar el contenido de agua en la mezcla de concreto.

#### **Características y propiedades del aditivo usado**

El aditivo usado es el VISCOCRETE 20HE, proporcionado por la empresa Sika Perú S.A; desarrollado a base de policarboxilatos y se presenta en forma líquida, según la NTP 334.088 y su equivalente ASTM C-494 se clasifica como tipo "F" Reductores de Agua de Alto Rango. La hoja técnica del aditivo se muestra en el Anexo A.

#### **A. Descripción**

Sika Viscocrete 20 HE es un aditivo superplastificante de tercera generación para concreto y mortero a base de policarboxilatos.

## **B. Usos**

Sika Viscocrete 20 HE está especialmente diseñado para la producción de concreto que requiere de un rápido desarrollo de resistencia inicial, alta reducción de agua y excelente trabajabilidad. Sika Viscocrete 20 HE es usado para los siguientes tipos de concreto:

- Concreto prefabricado y pretensado.
- Concreto de rápida puesta en servicio.
- Concretos que requieran un rápido desmolde.
- Concreto autocompactante sin necesidad de vibración.

## **C. Ventajas**

Sika Viscocrete 20 HE actúa por diferentes mecanismos. Mediante su absorción superficial y el efecto de separación espacial de las partículas de cemento en paralelo al proceso de hidratación, se obtienen las siguientes propiedades:

Extremadamente alta reducción de agua, generando una alta resistencia, densidad e impermeabilidad del concreto.

Excelente fluidez, reduciendo al mínimo el trabajo en la colocación y compactación.

Incremento del desarrollo de resistencia inicial.

Reduce el gasto de energía en elementos prefabricados curados al vapor.

Es altamente apropiado para la producción de concreto autocompactante, sin necesidad de vibración.

Mejoramiento del comportamiento en fluencia y retracción.

Reducida velocidad de carbonatación del concreto.

Sika Viscocrete 20 HE no contiene cloruros u otro ingrediente promotor de la corrosión por lo que puede ser utilizado sin restricciones en concreto armado y pretensado.

#### **D. Modo de empleo**

Dosis recomendada: 0.2 a 2% del peso del cemento.

Adición: El aditivo debe agregarse diluido en el agua de amasado al momento del mezclado o agregado simultáneamente con el agua al interior del mezclador. Para un óptimo comportamiento, mezclar enérgicamente durante un mínimo de 1 minuto.

#### **E. Datos técnicos**

Apariencia: líquido marrón claro.

Densidad: 1.08 kg/cm<sup>3</sup>.

### **CEMENTO**

#### **Cemento usado**

El cemento usado es el Cemento Portland Tipo I Rumi, en presentación de bolsas de 42.5 kg, de la Fábrica de Cementos Arequipa. Cumple con **NTP** 334.009 y **ASTM** C-150. Las características físicas del cemento usado se presentan en el Cuadro 3.8 a continuación.

**Cuadro 3.8:** Características físicas del Cemento Portland Tipo I – Sol

<b>Característica física</b>	<b>Tipo I - Rumi</b>	<b>Requisito ASTM C-150</b>
Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	3.15	--
Fineza Malta 100 (%)	0.04	—
Fineza Malta 200 (%)	4.14	---
Superficie específica Blaine (cm <sup>2</sup> /gr)	3480	Mínimo 2800
Contenido de aire (%)	9.99	Máximo 12
Expansión autoclave (%)	0.18	Máximo 0.8
Fraguado inicial Vicat (hr.min)	1.49	Mínimo 0.45
Fraguado final Vicat (hr.min)	3.29	Máximo 6.15
fc a 3 días (kg/cm <sup>2</sup> )	254	124 (12.4 Mpa)
fc a 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	301	193 (19.3 Mpa)
fc a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	357	276 (27.6 Mpa)*
Calor de hidratación 7 días (cal/gr)	70.6	---
Calor de hidratación 28 días (callgr)	84.3	---

Fuente: Información proporcionada por el fabricante. (\*) Requisito opcional

### **3.1.1 PREPARACIÓN DEL CONCRETO**

#### **3.1.1.1.1 Diseño del concreto patrón — CPO**

Para el diseño del concreto patrón se usó el Método del Peso Unitario Compactado Máximo, de donde se obtuvo la relación agregado fino/agregado grueso = 53/47, se empleó un contenido de cemento igual a 356 kg por metro cúbico de mezcal de concreto y una relación agua-cemento de 0.54 para obtener un asentamiento de 3 a 4 pulgadas. Este diseño no posee en su composición ningún aditivo ni adición.

#### **3.1.1.1.2 Peso unitario compactado de la combinación de los agregados**

Esta metodología empírica ayuda a obtener las cantidades en porcentajes de agregado fino y grueso que nos dan el mejor acomodamiento de las partículas de agregado en la mezcla. El peso unitario compactado de la combinación de los agregados se determina combinando diferentes porcentajes de arena y piedra para

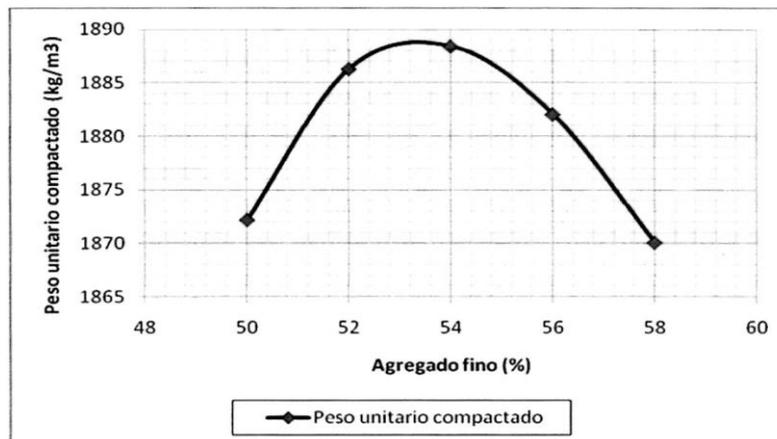
luego obtener su peso unitario compactado. Los resultados para determinar el peso unitario compactado de la combinación de los agregados se muestra en el Cuadro 3.1 y Gráfico 3.1.

**Cuadro 3.1:** Valores del peso unitario compactado de la combinación de los agregados

Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	Proporción de agregados	
	Agregado o fino (%)	Agregado grueso (%)
1831.12	50	50
1853.54	52	48
1846.07	54	46
1843.58	PROMEDIO	

Fuente: Base de datos

**Gráfico 3.1:** Peso unitario compactado de la combinación de los agregados



### 3.1.1.1.3 Diseño del concreto con aditivo — CPA

Para el diseño del concreto con aditivo (CPA) se mantuvo la misma relación agregado fino/agregado grueso = 53/47, con un

contenido de cemento constante e igual a  $356 \text{ kg/m}^3$ , una relación agua-cemento de 0.54 y una dosis de  $3.56 \text{ Kg/m}^3$  de Viscocrete 20 HE (Superplastificante) por kilogramo de cemento.

#### **3.1.1.1.4 Diseño del concreto con aditivo más microsílíce — SF10, SF15 y SF20**

Para el diseño del concreto *con* aditivo más microsílíce (SF10) se mantuvo la misma relación agregado fino/agregado grueso = 53/47, contenido de cemento constante e igual a  $356 \text{ kg/m}^3$ , contenido de microsílíce igual a  $35.6 \text{ kg/m}^3$  (10% del peso del cemento), una relación agua-cemento de 0.54 y una dosis de  $27.78 \text{ cm}^3$  (3% del peso del cemento) de superplastificante por kilogramo de cemento.

Para el diseño del concreto con aditivo más microsílíce (SF15) se mantuvo la misma relación agregado fino/agregado grueso = 53/47, contenido de cemento constante e igual a  $356 \text{ kg/m}^3$ , contenido de microsílíce igual a  $53.4 \text{ kg/m}^3$  (15% del peso del cemento), una relación agua cemento de 0.54 y una dosis de  $27.78 \text{ cm}^3$  (3% del peso del cemento) de superplastificante por kilogramo de cemento.

Para el diseño del concreto con aditivo más microsílíce (SF20) se mantuvo la misma relación agregado fino/agregado grueso = 53/47, contenido de cemento constante e igual a  $356 \text{ kg/m}^3$ , contenido de microsílíce igual a  $71.2 \text{ kg/m}^3$  (20% del peso del cemento), una relación agua cemento de 0.25 y una dosis de  $27.78 \text{ cm}^3$  (3% del peso del cemento) de superplastificante por kilogramo de cemento.

**Cuadro 3.10:** Resumen de los diseños de mezcla finales

<b>Mezcla</b>	<b>a/c</b>	<b>Agregado fino (kg)</b>	<b>Agregado grueso (kg)</b>	<b>Super-plastificante (kg)</b>	<b>Micro-sílice (kg)</b>
<b>CPO</b>	0.54	828.24	730.65	---	---
<b>CPA</b>	0.54	908.68	801.61	16.80	---
<b>SFIO</b>	0.54	872.91	770.06	16.80	56.00
<b>SF15</b>	0.54	855.02	754.28	16.80	84.00
<b>SF20</b>	0.54	837.14	738.51	16.80	112.00

*Fuente: Base de datos*

# **CAPÍTULO IV**

## **PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1 PRESENTACIÓN DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES**

#### **4.1.1. ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO**

En la presente etapa se realizara una breve descripción de los ensayos utilizados en la recolección de datos de las propiedades del concreto en estado fresco: asentamiento, peso unitario, capacidad de paso, contenido de aire y tiempo de fraguado.

#### **Asentamiento.**

Se determinó el asentamiento de las mezclas de concreto según la NTP 339.035, así como también la extensibilidad de las mezclas según la NTP 339.219, haciendo uso del cono de Abrams. Los valores de consistencia de las mezclas de concreto se muestran en el cuadro 4.1 y gráfico 4.1.

## CUADRO N° 4.1

### VALORES DE CONSISTENCIA

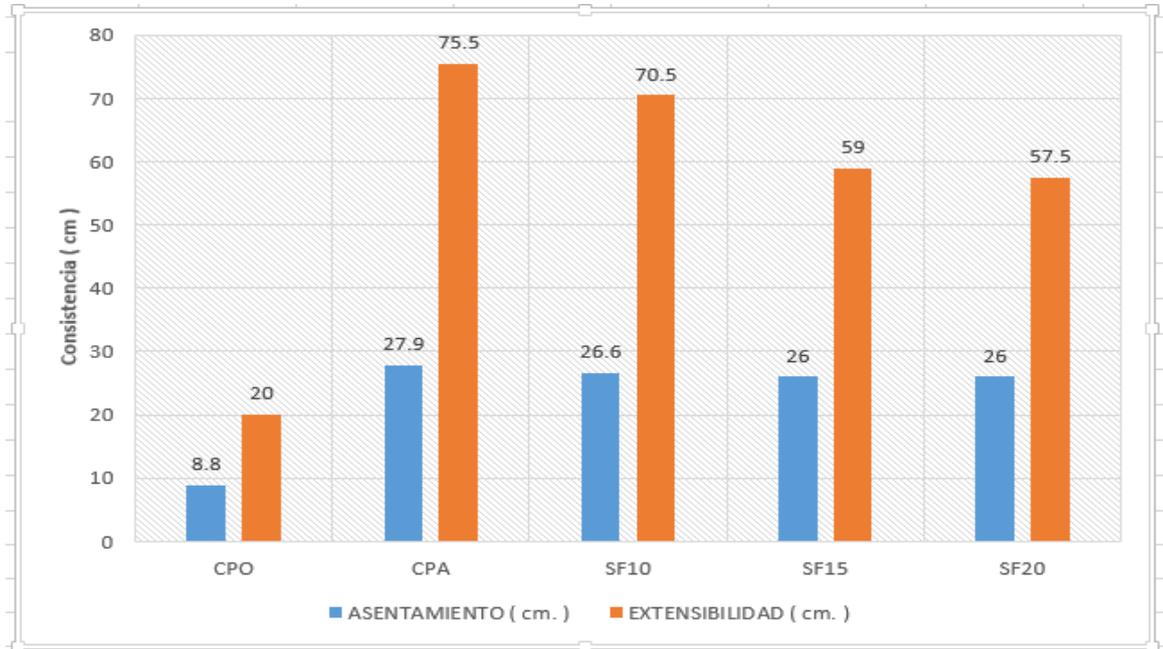
<b>MEZCLA</b>	<b>Asentamiento (cm.)</b>	<b>Asentamiento (pulg.)</b>	<b>Extensibilidad (cm.)</b>
<b>CPO</b>	8.8	3 1/2	20.0
<b>CPA</b>	27.9	11	75.5
<b>SF10</b>	26.6	10 1/2	70.5
<b>SF15</b>	26.0	10 1/4	59.0
<b>SF20</b>	26.0	10 1/4	57.5

*Fuente: Base De Datos*

*Elaboración: Propia*

**Gráfico N° 4.1**

**Asentamiento y extensibilidad de las mezclas de concreto**



Fuente: Base De Datos

**Peso unitario**

Se determinó el peso unitario de las mezclas de concreto según la NTP 339.046. Los valores del peso unitario varían entre 2365 y 2492 kg/m<sup>3</sup>, clasificándose como concretos de *peso normal* (1700 — 2500 kg/m<sup>3</sup>). Resultados del ensayo de peso unitario para los diferentes tipos de mezcla se encuentran en el cuadro 4,2 y Gráfico 4.2.

## CUADRO N° 4.2

### VALORES DE PESO UNITARIO PARA EL CONCRETO FRESCO

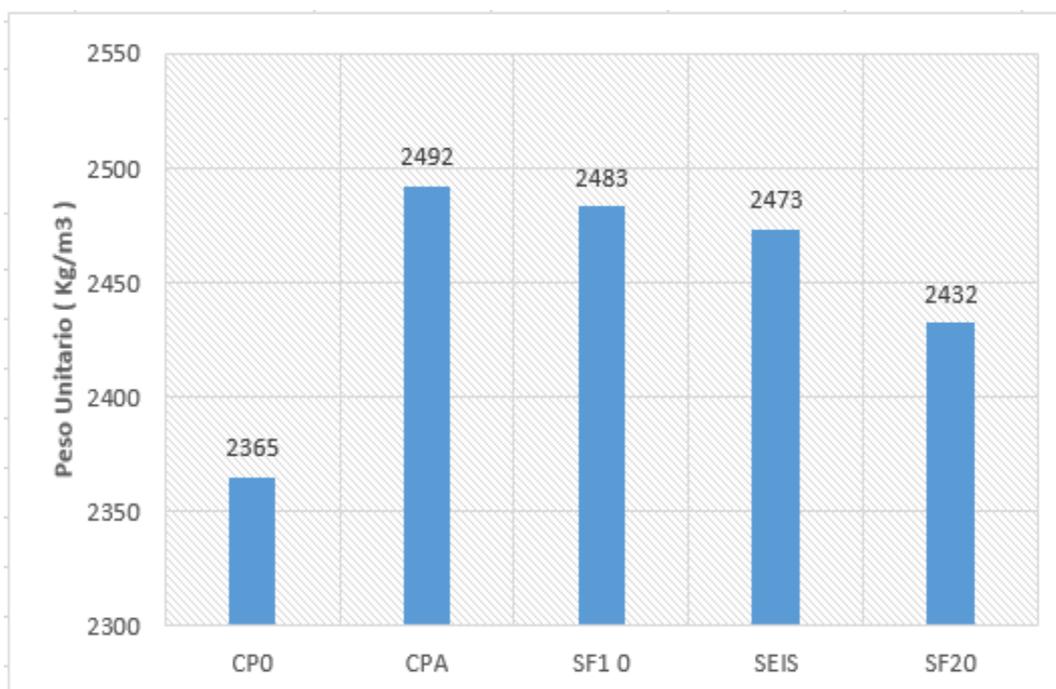
MEZCLA	PESO UNITARIO (kg/m <sup>3</sup> )
CP0	2365
CPA	2492
SF1 0	2483
SEIS	2473
SF20	2432

Fuente: Base De Datos

Elaboración: Propia

## GRÁFICO N°

### 4.2: PESO UNITARIO PARA CADA TIPO DE MEZCLA DE CONCRETO



Fuente: Base De Datos

Elaboración: Propia

## Capacidad de paso

La capacidad de paso describe la capacidad de la mezcla fresca, de fluir a través de espacios confinados y aperturas estrechas así como zonas densamente armadas, sin segregación, pérdida de uniformidad o bloqueo. En la definición de la capacidad de paso, es necesario considerar la geometría y la densidad de las armaduras, el flujo-capacidad de relleno y el tamaño máximo de los agregados. El ensayo para determinar la capacidad de paso se realiza en la caja L, el procedimiento detallado se encuentra en el anexo.

### CUADRO N°4.3

#### VALORES DE LA CAPACIDAD PASO, PARA CADA TIPO DE MEZCLA DE CONCRETO

MEZCLA	h1 (mm)	h2 (mm)	Capacidad de paso h2/h1
<b>CPA</b>	91	90	0.99
<b>SF1 O</b>	89	89	1.00
<b>SF15</b>	92	89	0.97
<b>SF20</b>	98	84	0.86

*Fuente: Base De Datos*

*Elaboración: Propia*

**GRÁFICO N° 4.3**

**CAPACIDAD DE PASO, PARA CADA TIPO DE MEZCLA DE CONCRETO**



*Fuente: Base De Datos*

*Elaboración: Propia*

**Contenido de aire**

Se determinó el contenido de aire de las mezclas de concreto según la NTP 339.083. Este ensayo determina el contenido de aire en mezclas de concreto fresco excluyendo el *aire* contenido dentro de los poros del agregado. Los valores del contenido de aire para los diferentes tipos de mezcla se encuentran en el cuadro 4.4 y grafica 4.4.

**CUADRO N° 4.4**

**VALORES DE PORCENTAJE DE AIRE**

<b>MEZCLA</b>	<b>% DE AIRE</b>
<b>CP0</b>	2.86
<b>CPA</b>	1.05
<b>5F10</b>	1.60
<b>SF15</b>	1.70
<b>SF20</b>	2.10

*Fuente: Base De Datos*

*Elaboración: Propia*

**GRÁFICO N° 4.4**

**CONTENIDO DE AIRE, PARA CADA MEZCLA DE CONCRETO**



*Fuente: Base De Datos*

*Elaboración: Propia*

## Tiempo de fraguado

Las reacciones entre el cemento y el agua son la causa principal del fraguado del concreto. La fragua inicial y final del concreto indican la velocidad de solidificación de la mezcla fresca en el sistema agua-cemento. El tiempo *de* fragua inicial y final del concreto está definido arbitrariamente mediante un método de ensayo denominado método de *resistencia a la penetración* (NTP 339.082). Los valores de fragua del concreto en estado fresco se determinaron según la NTP 339.082 y se muestran en el Cuadro 4.5, Gráfico 4.5.

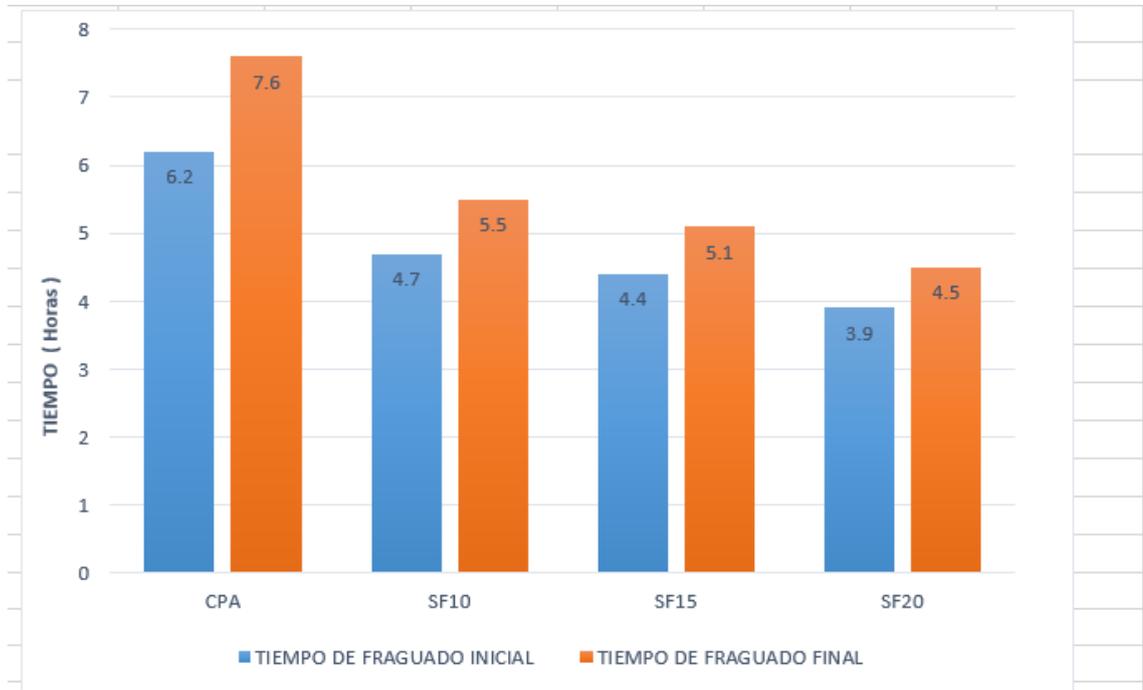
**CUADRO 4.5:**

### RESUMEN DE TIEMPOS DE FRAGUA INICIAL Y FINAL

MEZCLA	T. F. INICIAL	T. F. FINAL
CPA	6 h 14 min	7 h 38 min
SF10	4 h 43 min	5 h 32 min
SF15	4 h 21 min	5 h 6 min
SF20	3 h 53 min	4 h 32 min

**Gráfico 4.5:**

**TIEMPOS DE FRAGUA INICIAL Y FINAL PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE MEZCLA**



**Curado de Especímenes.**

La norma NTP 339.183 establece las siguientes recomendaciones y procedimientos para el curado de especímenes (probetas) de concreto en el laboratorio:

- Después de finalizar el moldeado de los especímenes, éstos deberán cubrirse para evitar la pérdida de humedad.
- Las probetas serán desmoldadas después de 24 h  $\pm$  8 h luego de haber sido vaciadas.

- El curado de los especímenes, se realizara a temperatura de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  y en una poza que contenga agua saturada de hidróxido de calcio con 3 gr/lit.

### **Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión del concreto es la medidad más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión. En la mayoría de los casos los requerimientos de resistencia a la compresión se alcanzan a los 28 días y en el caso de los concretos de alta resistencia a la edad de los 90 días o posterior. La resistencia a la compresión del concreto se calcula dividiendo la máxima carga soportada por la probeta para producir su fractura entre el área promedio de su sección transversal. Los ensayos a compresión se realizaron en especímenes cilíndricos de 4x8 pulgadas (100x200 mm) curados bajo agua y se ensayaron a las edades de 3, 7, 28 y 90 días. Para los ensayos se usaron pads de neopreno. Los resultados de los ensayos a compresión se muestran en el Cuadro 4.6 y Gráfico 4.6.

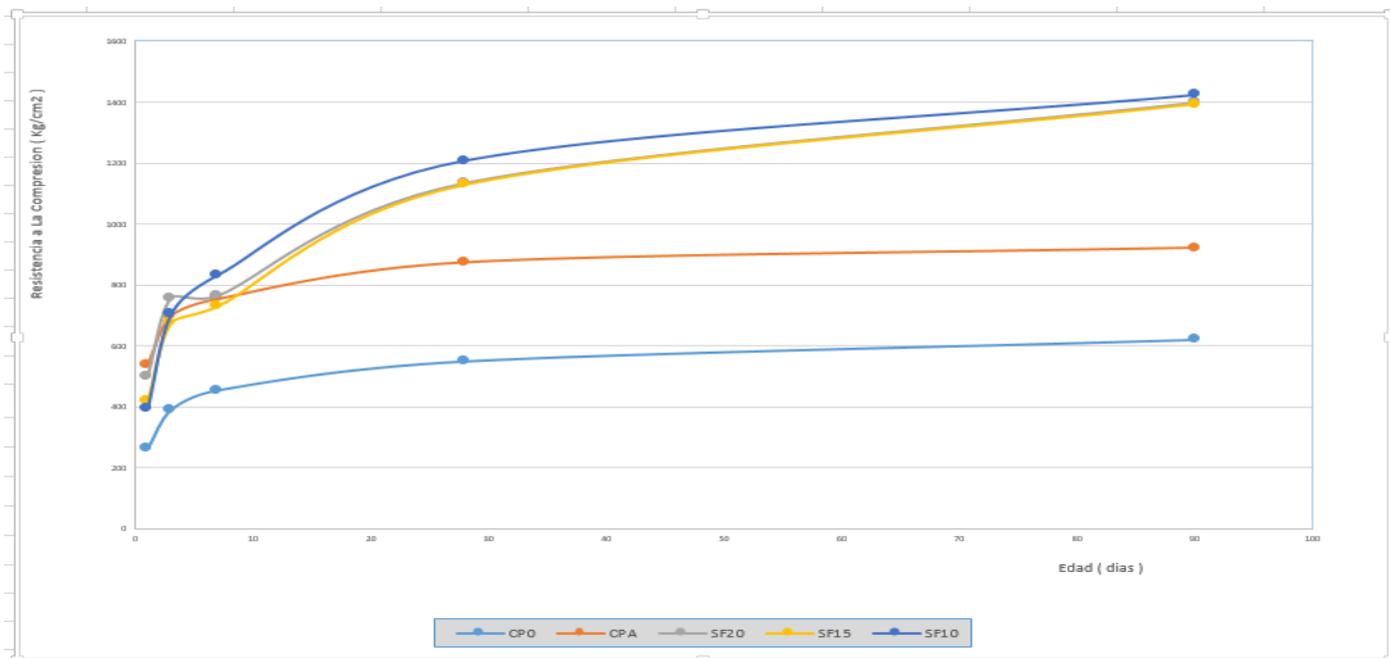
CUADRO N° 4.6

VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SEGÚN EDAD

MEZCLA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )				
	EDAD (días)				
	1	3	7	28	90
CP0	262	390	455	550	621
CPA	539	698	754	874	922
SF20	501	757	764	1134	1398
SF15	419	676	731	1129	1393
SF10	393	704	833	1208	1423

CUADRO 4.6:

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA DIFERENTES DISEÑOS DE MEZCLA



## **Generalidades**

Los resultados obtenidos a nivel general son muy alentadores, ya que se han utilizado agregados de tamaño máximo nominal de 3/8", también el uso de un aditivo superplastificante de tercera generación, el Viscocrete 20HE y adiciones minerales como la microsílíce que han hecho posible producir concretos autocompactados y de alta resistencia. Todas estas propiedades nos acercan a un concreto de alta performance.

## **Agregados**

El agregado fino proveniente de la cantera rio ilave cumple la norma ASTM su porcentaje de finas es menor al 10% como se muestra en el Cuadro 3,5. El agregado grueso cumple el huso granulométrico 89 de la NTP 400.037 como se muestra en el Gráfico 3.2. El agregado fino también cumple los requerimientos de la NTP 400.037 como se muestra en el Gráfico 3,1, posee un módulo de finura igual a 3.04, valor mostrado en el Cuadro 3.5, según el ACI 363R un valor de módulo de finura *para* el agregado fino alrededor de 3 y un tamaño máximo del agregado grueso de 1/2", garantizan la obtención de un concreto de alta resistencia.

## **Asentamiento.**

El concreto patrón posee un asentamiento de 3.5" debido a que no posee ningún aditivo y una relación agua-cemento igual a 0.54, para las demás mezclas los asentamientos son superiores a 10" y las extensibilidades superiores a 56 cm, mostrando una consistencia fluida de excelente trabajabilidad (concretos autocompactados), como se muestra en el Cuadro 4.1. La extensibilidad de las mezclas de concreto con adición de microsílíce varía inversamente a la cantidad de microsílíce adicionada en un

rango de 57.5 cm a 70.5 cm. Aumentando su resistencia a la segregación.

### **Peso unitario**

Las mezclas de concreto con adición de microsilice poseen un peso unitario superior al concreto patrón en todos los casos. El peso unitario de los concretos con adición de microsilice varía inversamente a la cantidad de microsilice adicionada como se muestra en el Gráfico 4.2.

### **Capacidad de paso**

Los concretos investigados presentan valores de 0.86 a 1.0 (excepto el concreto patrón), por lo anterior los concretos preparados con el aditivo superplastificante Sika Viscocrete 20HE son concretos autocompactados. Esta capacidad disminuye en función del porcentaje de adición de microsilice. Los concretos preparados con adición de microsilice, como se aprecia en el Gráfico 4.3.

### **Contenido de aire**

Los concretos investigados presentan valores de 1.00 a 2.30 (excepto el concreto patrón que tiene un valor de 2.86), lo que concuerda con el ACI 211 para agregados de **TMN** igual a 3/8" un contenido de 3% de aire. Esto indica que los concretos preparados con superplastificante, microsilice hacen del concreto más compacto por lo que se aprecia un menor contenido de aire atrapado. Los valores de contenido de aire.

#### **4.1.1.1. Tiempo de fraguado.**

Los tiempos de *fraguado inicial* y final de los concretos con adición de microsilice disminuyen a medida que se incrementa el porcentaje de adición de la misma. En el caso de los concretos preparados con adición de nanosílice los tiempos de fraguado no

presentan mayores diferencias entre sí, tal como se aprecia en el Gráfico 4.5.

### **Resistencia a la compresión**

Las mezclas con microsilice presentan resistencias a la compresión superiores a las mezclas de concreto que tiene superplastificante (CPA).

La máxima resistencia a la compresión es de 1423 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 90 días, se obtuvo con la adición de microsilice al 10% en peso del cemento, la ganancia de resistencia de este tipo de concreto es muy importante ya que a las 24 horas alcanza los 400 kg/cm<sup>2</sup>, a los 3 días alcanza los 700 kg/cm<sup>2</sup>, a los 7 días alcanza los 830 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días llega a los 1200 kg/cm<sup>2</sup>, tal como se muestra en el Cuadro 4.6.

### **ANÁLISIS DE COSTOS**

El análisis de los diseños de mezcla, se realizó para 1 m<sup>3</sup> de concreto, teniendo en cuenta el costo de insumos sin IGV, teniendo en cuenta los siguientes materiales empleados para cada diseño de mezcla:

- Agregado fino de la cantera "rio llave"
- Agregado grueso de la cantera "rio llave"
- Cemento Rumi tipo 1
- Aditivo superplastificante: Sika Viscocrete 201-IE
- Microsilice: Sika fume.

El análisis de los diseños de mezcla, se realizó para 1 m<sup>3</sup> de concreto, teniendo en cuenta el costo de insumos sin IGV. Cuadro: costos del concreto patrón.

**Cuadro 4.7:** Costo del concreto patrón

<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. U. (SI.)</b>	<b>Parcial</b>
CEMENTO	BLS	13.18	24.5	322.91
AGUA POTABLE	M3	0.22	5.52	1.24
ARENA	M3	0.52	42.98	22.49
PIEDRA CHANCADA HUSO 89	M3	0.49	43.98	21.65
<b>TOTAL (SI.)</b>				<b>368.29</b>

**Cuadro 4.8:** Costo del concreto con aditivo

<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. U. (SI.)</b>	<b>Parcial</b>
CEMENTO	BLS	13.18	24.50	322.91
AGUA POTABLE	M3	0.14	5.52	0.77
ARENA	M3	0.52	42.98	22.49
PIEDRA CHANCADA HUSO 89	M3	0.49	43.98	21.65
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	CIL	0.07	3,467.20	229.47
<b>TOTAL (SI.)</b>				<b>597.29</b>

**Cuadro 4.9:** Costo del concreto con aditivo más 10% de microsilice

Descripción	Und.	Cantidad	P. U. (SI.)	Parcial
CEMENTO	BLS	13.18	24.50	322.91
MICROSÍLICE	BLS	2.80	102.86	288.01
AGUA POTABLE	M3	0.14	5.52	0.77
ARENA	M3	0.52	42.98	22.49
PIEDRA CHANCADA HUSO 89	M3	0.49	43.98	21.65
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	CIL	0.08	3,467.20	264.77
<b>TOTAL (SI.)</b>				<b>598.01</b>

**Cuadro 4.10:** Costo del concreto con aditivo más 15% de microsilice

Descripción	Und.	Cantidad	P. U.(51.)	Parcial
CEMENTO	BLS	13.18	24.50	322.91
MICROSÍLICE	BLS	4.20	102.86	432.01
AGUA POTABLE	M3	0.14	5.52	0.77
ARENA	M3	0.52	42.98	22.49
PIEDRA CHANCADA HUSO 89	M3	0.49	43.98	21.65
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	CIL	0.08	3,467.20	264.77
<b>TOTAL (51.)</b>				<b>1064.6</b>

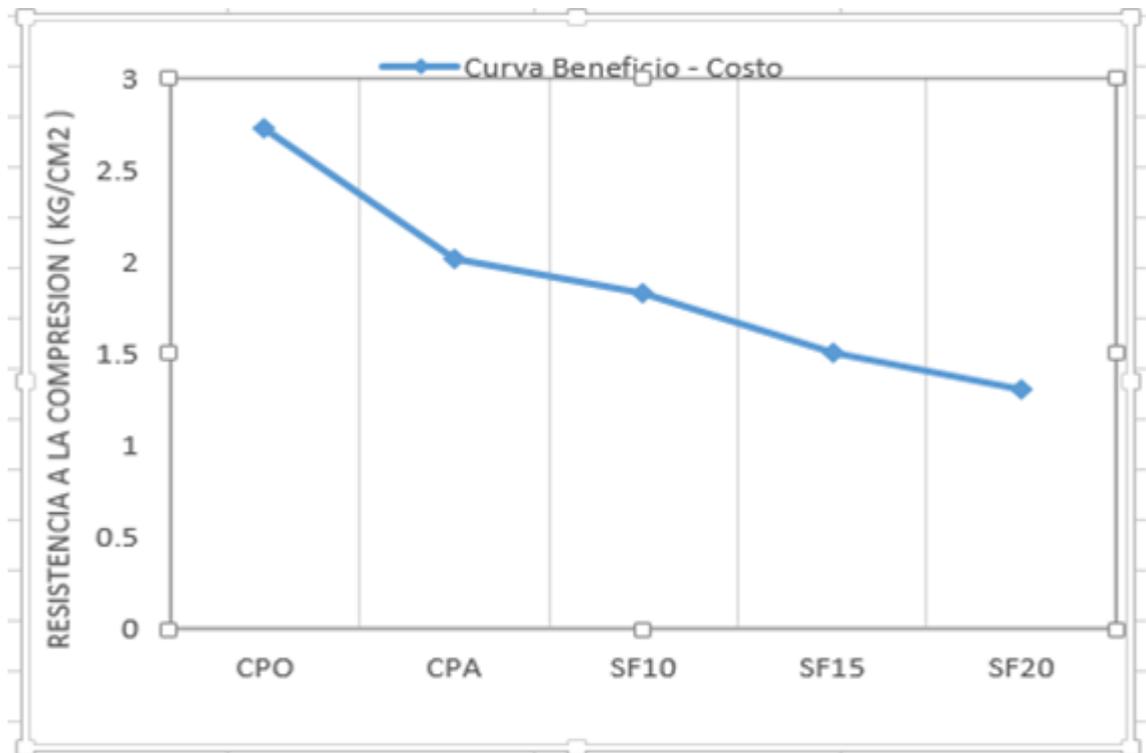
**Cuadro 4.11:** Costo del concreto con aditivo más 20% de microsilice

Descripción	Und.	Cantidad	P. U.(SI.)	Parcial
CEMENTO	BLS	13.18	24.50	322.91
MICROSÍLICE	BLS	5.60	102.86	576.02
AGUA POTABLE	M3	0.14	5.52	0.77
ARENA	M3	0.52	42.98	22.49
PIEDRA CHANCADA HUSO 89	M3	0.49	43.98	21.65
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	CIL	0.08	3,467.20	264.77
<b>TOTAL (Si.)</b>				<b>1208.61</b>

**Cuadro 4.12:** Comparación de costos del concreto

MEZCLA	COSTO (SI.)	fe (90) kg/crn <sup>2</sup>	(kg/cm <sup>2</sup> )/SL
<b>CPO</b>	368.29	621	2.73
<b>CPA</b>	597.29	922	2.02
<b>SF10</b>	598.01	1423	1.83
<b>SF15</b>	1064.60	1393	1.51
<b>SF20</b>	1208.61	1398	1.31

Gráfico 4.7 Beneficio-costo para concretos de alta resistencia obtenidos



## 4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS

### PRUEBA DE HIPOTESIS GENERAL

#### a. FORMULACIÓN DE LA HIPOTESIS

HO: El diseño de mezcla con aditivo superplastificante, microsilice tiene no tiene diferencias significativo en la resistencia mecánica, tiempo de fraguado y trabajabilidad en la mejora de propiedades del pavimento rígido - Puno - 2016.

HI: El diseño de mezcla con aditivo superplastificante, microsilice tiene diferencias significativo en la resistencia mecánica, tiempo de fraguado y trabajabilidad en la mejora de propiedades del pavimento rígido - Puno - 2016.

**b. NIVEL DE SIGNIFICACIA**

El nivel de significancia q se toma para esta investigación en la prueba estadística es de un alfa ( $\alpha = 0.05$ ).

**c. REGLA DE DECICIÓN**

$$T_c = (|x_A - x_B|) / \sqrt{[S_1]^2/n_A + [S_2]^2/n_B}$$

**Donde:**

**T\_C**= Valor de T calculada

**S\_1^2**=Varianza de la muestra X1

**S\_2^2** = Varianza de la muestra X2.

**X\_A**= Media de la muestra tomada X1.

**X\_B**= Media de la muestra tomada X2.

**n\_A**= Tamaño de la muestra tomada X1.

**n\_B**= Tamaño de la muestra tomada X2.

**d. PRUEBA**

PRUEBA (MESCLA)	RESISTENCIA A LA COMPRESION Kg/Cm2	
	Resistencia a 28 Días	Resistencia a 90 Días
CPO	550	621
CPA	874	922
SF10	1208	1423
SF15	1129	1393
SF20	1134	1398

## e. CONCLUSIÓN

Como  $T_c = 0,65$  es menor que  $T_t = 12.65$  se acepta la hipótesis  $H_0$  porque existe diferencia significativa entre las características mecánicas de resistencia del concreto con aditivo microsilice utilizado.

## PRUEBA DE HIPOTESIS ESPECIFICA 01

### a. HIPOTESIS

HO: • El diseño de mezcla del aditivo superplastificante, microsilice tiene o no tiene diferencias directas en la mejora de las propiedades de resistencia mecánica del pavimento rígido en las obras.

HI: • El diseño de mezcla del aditivo superplastificante, microsilice tiene diferencias directas en la mejora de las propiedades de resistencia mecánica del pavimento rígido en las obras.

### b. NIVEL DE SIGNIFICANCIA

El nivel de significancia  $\alpha$  se toma para esta investigación en la prueba estadística es de un alfa ( $\alpha = 0.05$ ).

### c. ESTADÍSTICO DE PRUEBA

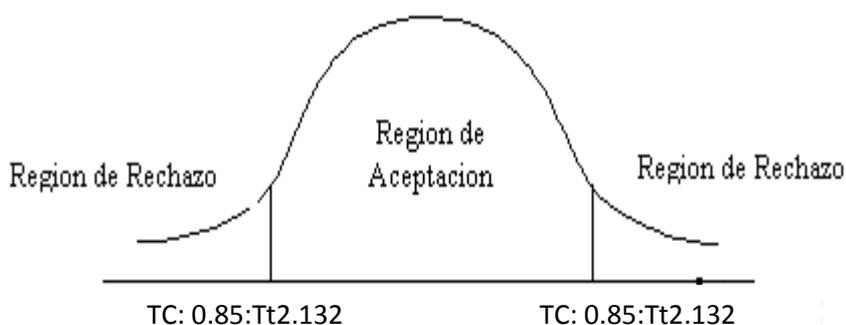
$$T_c = \frac{|x_A - x_B|}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_A} + \frac{S_2^2}{n_B}}}$$

$$T_c = \frac{|979 - 1151|}{\sqrt{\frac{8.6455E+10}{5} + \frac{2.77621E+11}{5}}}$$

$$T_c = 0.85$$

#### d. REGIÓN CRÍTICA

Para el nivel de significación  $T_c: 0.85$  y  $H_1: \mu \neq \mu_0$ , entonces existe una diferencia  $T_t: 2.132$  se ubica a la izquierda y la otra mitad  $\alpha$  se ubica a la derecha



#### e. CALCULO

PRUEBA DE MEZCLA	RESISTENCIA ALA COMPRESION Kg/Cm2					
	28 dias	Xa -Xa	(Xa -Xa)^2	90 dias	Xb -Xb	(Xb -Xb)^2
CPO	550	-429	184041	621	-530.4	281324.16
CPA	874	-105	11025	922	-229.4	52624.36
SF10	1208	229	52441	1423	271.6	73766.56
SF15	1129	150	22500	1393	241.6	58370.56
SF20	1134	155	24025	1398	246.6	60811.56
<b>X</b>	<b>979</b>	SUMA =	294032	<b>1151.4</b>	SUMA =	526897.2
			<b>8.6455E+10</b>			<b>2.77621E+11</b>

#### f. CONCLUSIÓN

Como  $T_c = 0,85$  es menor q  $T_t = 2.132$  se acepta la hipótesis  $H_0$  porque existe diferencia significativo entre las características mecánicas de resistencia del concreto con aditivo microsilice utilizado.

## CONCLUSIONES

PRIMERA: Se ha logrado obtener un concreto de alta resistencia a la compresión, con un valor de  $1423 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de los 90 días y que además tiene la propiedad de ser un concreto autocompactado.

SEGUNDA. La dosis óptima de microsílíce encontrada es de 10% con la cual se obtiene la máxima resistencia a la compresión de  $1420 \text{ kg/cm}^2$

TERCERA: Los concretos con adiciones de microsílíce (10, 15, 20%) reportan resistencias a la compresión superiores a los concretos con adición de otros (nanosilíce, etc.)

CUARTA: Todos los materiales usados como los agregados, cemento, aditivos y agua son convencionales, es decir se encuentran en la zona lo que le da mayor aplicabilidad a estos concretos de alta resistencia.

QUINTA: El aditivo superplastificante en una dosis del 3.0 % en peso del cemento reduce la cantidad de agua en más del 40%.

SEXTA: En cuanto al beneficio (resistencia a la compresión) - costo el uso de microsílíce al 10%, sin embargo la más alta resistencia es obtenido con el 10% de microsílíce ( $1423 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 90 días).

## **RECOMENDACIONES**

**PRIMERA:** La elaboración de estos tipos de concretos debe ser estrictamente controlada tanto en la temperatura del ambiente y la humedad relativa, además de las temperaturas de todos los materiales utilizados.

**SEGUNDO:** Mantener el curado bajo agua a una misma temperatura hasta la fecha de ensayo, los concretos de alta resistencia son muy susceptibles a los cambios de temperatura.

**TERCERA:** Realizar investigaciones con reemplazo de nanosílice. En el caso de la microsílice con porcentajes de reemplazo menores al 10% y para el caso de la nanosílice menores al 1%.

**CUARTA:** Tener en cuenta el acabado superficial de los especímenes cilíndricos a ser ensayados, investigar a cerca de diferentes tipos de capping.

**QUINTA:** Investigar el comportamiento de concretos de alta resistencia utilizando aditivos retardantes.

**SEXTA:** Investigar la performance de los concretos de alta resistencia elaborados con polvo de cuarzo.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

P-C. AİTCIN, “Concreto de Alto Desempeño”, Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá (2006).

S.H. Kosmatka, B. Kerkhoff, W.C. Panarese, and J. Tanesi. “Diseño y Control de Mezclas de Concreto”. Asociación del Cemento Portland (PCA). (2004).

Comisión Federal de Electricidad (CFE); “Manual de Tecnología del Concreto”.

Tomo I, II y III; Instituto de Ingeniería Universidad Autónoma de México (UNAM), Editorial Limusa. México D.F., México. (1994).

Germán González – Isabel, Ingeniero Técnico de O. P. “Hormigón de Alta Resistencia”. Instituto técnico de materiales y construcciones (INTEMAC 1993).

Instituto mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC), “Aditivos superfluidificante para concreto”. Editorial Limusa, Primera edición. México (1990)

Revista del Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto (ISCYC), Año 12, Nº 45, Antiguo Cuscatlán, El Salvador. (2007).

Revista de los hormigones de alto desempeño primera parte (INECY), instituto ecuatoriano del cemento y de hormigón (2011).

Revista El concreto en la práctica ,información Técnica preparada por la nationalreadymixed concrete association, 900 silverspring

ACI 211.1-91 (2002): “Standard Practice for Selecting Proportions for Normal Heavyweight, and Mass Concrete”.

ACI 211.4-93 (1998): “Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete with Portland Cement and Fly Ash”.

**ANEXOS**

**Anexos N° 01**  
**Certificaciones de los ensayos**

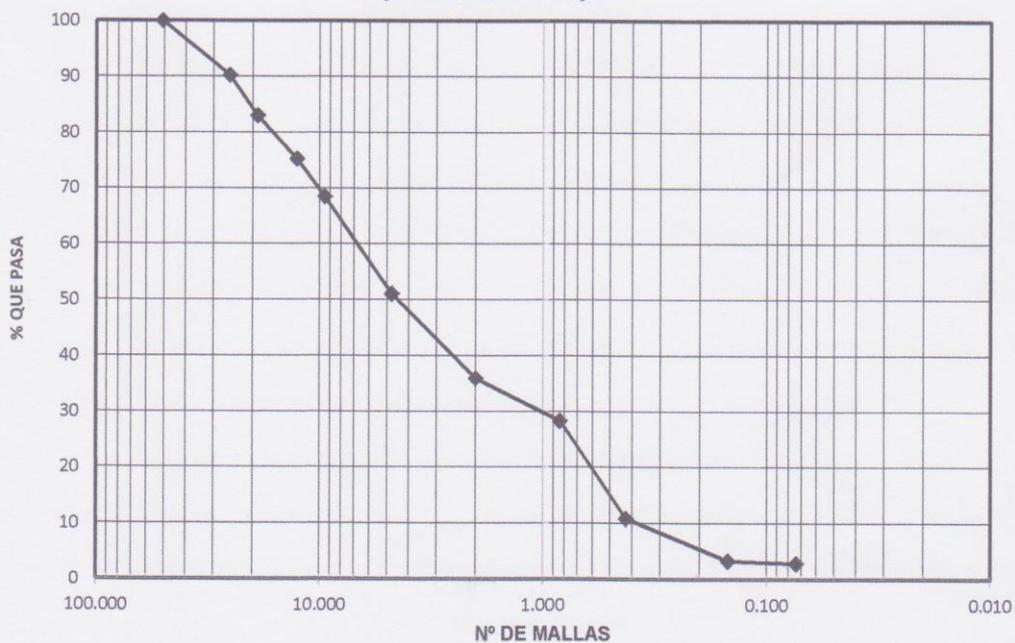


## ANALISIS GRANULOMETRICO GENERAL

<b>PROYECTO</b>	: EFECTOS DEL DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE, MICROSILICE EN LA MEJORA DE PROPIEDADES DEL PAVIMENTO RÍGIDO - PUNO - 2016	<b>MUESTRA</b>	: 01
<b>UBICACIÓN</b>	: CHUCUITO JULI - PUNO	<b>CAPA</b>	: 0.10 a 1.10 m. de profundidad.
<b>LUGAR</b>	: ILAVE	<b>ENCARGADO</b>	: A.J.C.V.
<b>CANTERA</b>	: RIO ILAVE	<b>FECHA</b>	: ABRIL DE 2016

PROCEDENCIA DEL MATERIAL : Cantera de Río ILAVE.							NORMA : ASTM D422, AASHTO T88, MTC E-107.	
N° DE MALLAS	ABERTURA DE MALLAS (mm)	PESO RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN. ACUMUL	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES		
3"	76.200	0.00			100.00		Peso Inicial	: 3,310.00 Gr.
2 1/2"	63.500	0.00		0.00	100.00		Peso Fracción	: 0.00 Gr.
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		Humedad Natural	: 4.74 %
1 1/2"	38.100	156.65	4.73	4.73	95.27		Limite Liquido	:
1"	25.400	166.36	5.03	9.76	90.24		Limite Plastico	: N.P.
3/4"	19.050	238.95	7.22	16.98	83.02		Indice Plastico	:
1/2"	12.700	256.91	7.76	24.74	75.26		<b>CLASIFICACION</b>	
3/8"	9.525	224.67	6.79	31.53	68.47		AASHTO :	A-1-a (0)
1/4"	6.350						SUCS :	GP
N° 4	4.760	575.85	17.40	48.92	51.08		I.G. :	0.00
N° 6	3.360						C.C. :	0.42
N° 8	2.380	0.00	0.00	48.92	51.08		C.U. :	18.26
N° 10	2.000	499.18	15.08	64.01	35.99		Observaciones : Es un material transportado (fluvial), consistente de grava con arena de forma sub redondeada.	
N° 16	1.190	0.00	0.00	64.01	35.99			
N° 20	0.840	254.33	7.68	71.69	28.31			
N° 30	0.590	0.00	0.00	71.69	28.31			
N° 40	0.426	577.76	17.45	89.14	10.86			
N° 50	0.297	0.00	0.00	89.14	10.86			
N° 80	0.177							
N° 100	0.149	248.84	7.52	96.66	3.34			
N° 200	0.074	16.04	0.48	97.15	2.85			
-200		94.46	2.85	100.00	0.00			

## GRANULOMETRIA



GOBIERNO REGIONAL DE PUNO  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  
Armando J. Gallata Vilca  
C.I.P. 154233  
INGENIERO DE LABORATORIO DE  
MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS



**GOBIERNO REGIONAL PUNO**  
**PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO**



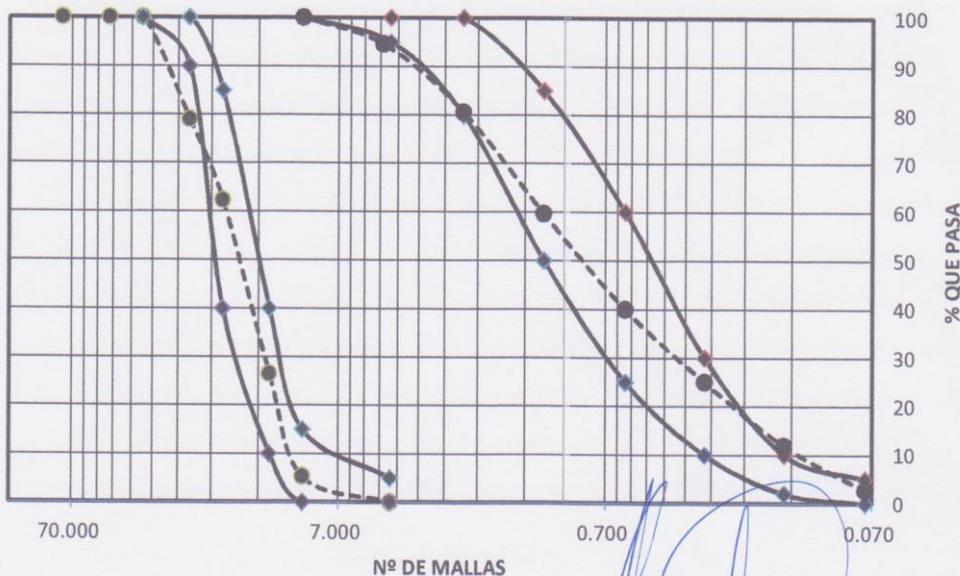
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

<b>PROYECTO</b>	SUPERPLASTIFICANTE, MICROSILICE EN LA MEJORA DE PROPIEDADES DEL PAVIMENTO RÍGIDO - PUNO - 2016	<b>MUESTRA</b>	: 01
<b>UBICACION</b>	: CHUCUITO JULI - PUNO	<b>CAPA</b>	: 0.10 a 1.10 m. de profundidad.
<b>LUGAR</b>	: ILAVE	<b>ENCARGADO</b>	: A.J.C.V.
<b>CANTERA</b>	: RIO ILAVE	<b>FECHA</b>	: ABRIL DE 2016

AGREGADO FINO							NORMA : MTC E-204 - 2000
Nº DE MALLAS	ABERTURA DE MALLAS (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	
3/8"	9.525			0.00	100.00	100	Peso Inicial : 515.0 Gr.
Nº 4	4.760	28.0	5.44	5.44	94.56	95 - 100	Modulo de fineza : 2.88
Nº 8	2.380	72.0	13.98	19.42	80.58	80 - 100	% que pasa malla 100 : 12
Nº 16	1.190	108.0	20.97	40.39	59.61	50 - 85	
Nº 30	0.590	101.0	19.61	60.00	40.00	25 - 60	<b>Observaciones:</b> La curva granulométrica del Agregado Fino entra en gran parte a las especificaciones técnicas de MTC.
Nº 50	0.297	77.0	14.95	74.95	25.05	10 - 30	
Nº 100	0.149	68.0	13.20	88.16	11.84	2 - 10	
Nº 200	0.074	47.0	9.13	97.28	2.72	0 - 5	
< 200		14.0	2.72	100.00	0.00		

AGREGADO GRUESO							NORMA : MTC E-204 - 2000
Nº DE MALLAS	ABERTURA DE MALLAS (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	100	Peso Inicial : 3580.0 Gr.
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00	100	Modulo de fineza : 7.32
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00	100 - 100	% que pasa malla 3/8 : 5.31
1"	25.400	750.0	20.95	20.95	79.05	90 - 100	<b>Observaciones:</b> La curva granulométrica del Agregado grueso entra en gran parte a las especificaciones técnicas de MTC gradación "AG-4".
3/4"	19.050	600.0	16.76	37.71	62.29	40 - 85	
1/2"	12.700	1280.0	35.75	73.46	26.54	10 - 40	
3/8"	9.525	760.0	21.23	94.69	5.31	0 - 15	
Nº 4	4.470	190.0	5.31	100.00	0.00	0 - 5	

**GRAFICA DE GRANULOMETRIA DE AGREGADO GRUESO Y FINO**



GOBIERNO REGIONAL DE PUNO  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE

Ing. Armando J. Calata Vilca  
C.I.P. 154233  
JEFE DE LABORATORIO DE  
MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS



**GOBIERNO REGIONAL PUNO**  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO



REGIÓN PUNO

**PESO UNITARIO Y HUMEDAD NATURAL DE LOS AGREGADOS**

<b>PROYECTO</b>	: EFECTOS DEL DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE, MICROSILICE EN LA MEJORA DE PROPIEDADES DEL PAVIMENTO RÍGIDO - PUNO - 2016	<b>MUESTRA</b>	: 01
<b>UBICACIÓN</b>	: CHUCUITO JULI - PUNO	<b>CAPA</b>	: 0.10 a 1.10 m. de profundidad.
<b>LUGAR</b>	: ILAVE	<b>ENCARGADO</b>	: A.J.C.V.
<b>CANTERA</b>	: RIO ILAVE	<b>FECHA</b>	: ABRIL DE 2016

**AGREGADO FINO (ARENA)**

PESO UNITARIO SUELTO				
Nº DE PRUEBAS	Nº	01	02	03
PESO MOLDE + MUESTRA.	gr.	7480.00	7490.00	7485.00
PESO DEL MOLDE	gr.	5280.00	5280.00	5280.00
PESO DE LA MUESTRA.	gr.	2200.00	2210.00	2205.00
VOLUMEN DEL MOLDE.	gr.	1337.98	1337.98	1337.98
PESO UNITARIO	Kg/m³	1644.27	1651.74	1648.01
PESO UNITARIO PROMEDIO	Kg/m³	<b>1648.01</b>		
PESO UNITARIO COMPACTO				
Nº DE PRUEBAS	Nº	01	02	03
PESO MOLDE + MUESTRA.	gr.	7730.00	7760.00	7750.00
PESO DEL MOLDE	gr.	5280.00	5280.00	5280.00
PESO DE LA MUESTRA.	gr.	2450.00	2480.00	2470.00
VOLUMEN DEL MOLDE.	gr.	1337.98	1337.98	1337.98
PESO UNITARIO	Kg/m³	1831.12	1853.54	1846.07
PESO UNITARIO PROMEDIO	Kg/m³	<b>1843.58</b>		

**AGREGADO GRUESO (GRAVA)**

PESO UNITARIO SUELTO				
Nº DE PRUEBAS	Nº	01	02	03
PESO MOLDE + MUESTRA.	gr.	7240.00	7250.00	7230.00
PESO DEL MOLDE	gr.	5280.00	5280.00	5280.00
PESO DE LA MUESTRA.	gr.	1960.00	1970.00	1950.00
VOLUMEN DEL MOLDE.	gr.	1337.98	1337.98	1337.98
PESO UNITARIO	Kg/m³	1464.89	1472.37	1457.42
PESO UNITARIO PROMEDIO	Kg/m³	<b>1464.89</b>		
PESO UNITARIO COMPACTO				
Nº DE PRUEBAS	Nº	01	02	03
PESO MOLDE + MUESTRA.	gr.	7470.00	7410.00	7430.00
PESO DEL MOLDE	gr.	5280.00	5280.00	5280.00
PESO DE LA MUESTRA.	gr.	2190.00	2130.00	2150.00
VOLUMEN DEL MOLDE.	gr.	1337.98	1337.98	1337.98
PESO UNITARIO	Kg/m³	1636.80	1591.95	1606.90
PESO UNITARIO PROMEDIO	Kg/m³	<b>1611.88</b>		

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL**

AGREGADO	GRAVA		ARENA	
TARRO+MUESTRA HUMEDA	126.15	126.15	161.66	161.66
TARRO+MUESTRA SECA	123.89	123.89	154.21	154.21
PESO DE TARRO	43.1	43.1	42.88	42.88
PESO DE LA MUESTRA HUENDA	83.05	83.05	118.78	118.78
PESO DE LA MUESTRA SECA	80.79	80.79	111.33	111.33
CONTENIDO DE AGUA	2.26	2.26	7.45	7.45
CONTENIDO DE HUMEDAD	2.80	2.80	6.69	6.69
PROMEDIO	<b>2.80</b>		<b>6.69</b>	

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE

Ing. Armando J. Caillata Vilca

C.I.P. 154233  
JEFE DE LABORATORIO DE  
MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS



**GOBIERNO REGIONAL PUNO**  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO



**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS**

<b>PROYECTO</b>	: EFECTOS DEL DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE, MICROSILICE EN LA MEJORA DE PROPIEDADES DEL PAVIMENTO	<b>MUESTRA</b>	: 01
<b>UBICACIÓN</b>	: CHUCUITO JULI - PUNO	<b>CAPA</b>	: 0.10 a 1.10 m. de profundidad.
<b>LUGAR</b>	: ILAVE	<b>ENCARGADO</b>	: A.J.C.V.
<b>CANTERA</b>	: RIO ILAVE	<b>FECHA</b>	: ABRIL DE 2016

**AGREGADO FINO (ARENA) ASTM C-128**

DESCRIPCION	UND	N° DE PRUEBAS	
		01	02
A) Peso material saturado superficialmente seca (en el aire) gr.	gr.	297.6	297.8
B) Peso frasco + H2O gr.	gr.	676.0	676.2
C) Peso frasco + H2O + A gr.	gr.	973.6	974.0
D) Peso material + H2O en el frasco gr.	gr.	853.2	853.4
E) Volumen de masa + volumen de vacios =C-D	cm <sup>3</sup>	120.4	120.6
F) Peso material seco gr.	gr.	294.3	294.4
G) Volumen de masa = E-(A-F)	cm <sup>3</sup>	117.0	117.2
P.E. Bulk (base seca) = F/E	gr/cm <sup>3</sup>	2.44	2.44
P.E. Bulk (base saturada) = A/E	gr/cm <sup>3</sup>	2.47	2.47
P.E. Aparente (base seca) = F/G	gr/cm <sup>3</sup>	2.51	2.51
% de Absorción = ((A-F)/F)X100	%	1.13	1.15
<b>PESO ESPECIFICO (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.51</b>	<b>ABSORCION (%)</b>	<b>1.14</b>

**AGREGADO FINO (GRAVA) ASTM C-127**

DESCRIPCION	UND	N° DE PRUEBAS	
		01	02
A) Peso material saturado superficialmente seca (en el aire) gr.	gr.	299.6	299.5
B) Peso frasco + H2O gr.	gr.	622.4	622.2
C) Peso frasco + H2O + A gr.	gr.	922.0	921.7
D) Peso material + H2O en el frasco gr.	gr.	798.1	798.5
E) Volumen de masa + volumen de vacios =C-D	cm <sup>3</sup>	123.9	123.2
F) Peso material seco gr.	gr.	291.8	291.5
G) Volumen de masa = E-(A-F)	cm <sup>3</sup>	116.2	115.2
P.E. Bulk (base seca) = F/E	gr/cm <sup>3</sup>	2.36	2.37
P.E. Bulk (base saturada) = A/E	gr/cm <sup>3</sup>	2.42	2.43
P.E. Aparente (base seca) = F/G	gr/cm <sup>3</sup>	2.51	2.53
% de Absorción = ((A-F)/F)X100	%	2.65	2.75
<b>PESO ESPECIFICO (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.52</b>	<b>ABSORCION (%)</b>	<b>2.70</b>

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE

Ing. Armando J. Callata Vilca  
C.I.P. 154233  
C.E. DEL LABORATORIO DE  
MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS



**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO M-A.C.I.**

**F'C = 210 KG/CM<sup>2</sup>**

PROYECTO	: EFECTOS DEL DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE, MICROSILICE EN LA MEJORA DE PROPIEDADES DEL PAVIMENTO RÍGIDO - PUNO - 2016	MUESTRA	: 01
UBICACIÓN	: CHUCUITO JULI - PUNO	CAPA	: 0.10 a 1.10 m. de profundidad.
LUGAR	: ILAVE	ENCARGADO	: A.J.C.V.
CANTERA	: RIO ILAVE	FECHA	: ABRIL DE 2016

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS

DESCRIPCION		UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
PROCEDENCIA	RIO ILAVE		TIPO IP	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		Pulg.		1/16	1"
PESO UNITARIO SUELTO		Kg/m <sup>3</sup>		1648	1465
PESO UNITARIO COMPACTO		Kg/m <sup>3</sup>		1844	1612
PESO ESPECIFICO		gr/cm <sup>3</sup>	3.15	2.51	2.52
ABSORCION		%		1.14	2.70
MODULO DE FINURA				2.88	7.32
CONTENIDO DE HUMEDAD		%		6.69	2.80

DOSIFICACION

F'c	SLUMP	CONTENIDO	RELACION	AIRE	CANTIDAD DE CEMENTO		MODULO DE FINURA
f'cr (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pulg.	DE AGUA Lt.	A/C	(%)	Kg/m <sup>3</sup>	bolsas	DEL AGR.GRUESO
294	3"-4"	195	0.548	1.50	356	8.37	5.5

DOSIFICACION EN PESO

DESCRIPCION	PESO ESTIMADO	VOLUMEN	DISEÑO	DISEÑO EN	DISEÑO UNIT.
	SECO/m <sup>3</sup>	ABSOLUTO m <sup>3</sup>	UNIT.SECA	OBRA	EN OBRA
CEMENTO	355.58	0.1129	1.00	356	1.00
AGREGADO FINO	699.00	0.2781	1.97	746	2.10
AGREGADO GRUESO	1005.90	0.3990	2.83	1034	2.91
AGUA (Ltros.)	195.00	0.1950	0.55	155	0.44
AIRE	1.50	0.0150			

DOSIFICACION EN OBRA

DESCRIPCION	BOLSA/C=42.5 Kg.	PROPORCION
CEMENTO	42.50	1.00
AGREGADO FINO	89.14	1.91
AGREGADO GRUESO	123.59	2.98
AGUA	18.55	18.55 Ltros.

**OBSERVACION :** EL DISEÑO DE MEZCLA ES, SOLO TEORICO, REQUIERE SU COMPROBACION A LOS 7 Y 14 DIAS, PARA SU CORRECCION \* EL AGUA ES VARIABLE SE DEBE CONTROLAR EN OBRA CORRESPONDIENTES Y EL USO ADECUADO DE LOS AGREGADOS SERIA EN FUNCION A LA SEPARACION DEL AGREGADO GRUESO Y FINO, TAMIZADO POR LAS MALLAS N° 1/4" ó 3/8".

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE

Ing. Armando J. Calista Vilca  
C.I.P 154233  
JEFE DE LABORATORIO DE  
MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS



**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO M-A.C.I. - 211**

**F'c = 280 KG/CM<sup>2</sup>**

PROYECTO	EFFECTOS DEL DISEÑO DE MEZCLA CON ADIVITO SUPERPLASTIFICANTE, MICROSILICE EN LA MEJORA DE PROPIEDADES DEL PÁVIMENTO RIGIDO - PUNO.	MUESTRA	: 01
UBICACIÓN	: PROV. CHUCUITO JULI - REGION PUNO	CAPA	: 0.10 a 1.10 m. de profundidad.
LUGAR	ILAVE	ENCARGADO	: A.J.C.V.
CANTERA	: RIO ILAVE	FECHA	: ABRIL DE 2016

**CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS**

DESCRIPCION		UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
PROCEDENCIA	RIO ILAVE		TIPO IP	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		Pulg.		1/16	1"
PESO UNITARIO SUELTO		Kg/m <sup>3</sup>		1579	1684
PESO UNITARIO COMPACTO		Kg/m <sup>3</sup>		1836	1790
PESO ESPECIFICO		gr/cm <sup>3</sup>	2.96	2.57	2.44
ABSORCION		%		5.08	3.12
MODULO DE FINURA				2.96	7.47
CONTENIDO DE HUMEDAD		%		5.45	3.63

**DOSIFICACION**

F'c	SLUMP	CONTENIDO	RELACION	AIRE	CANTIDAD DE CEMENTO		MODULO DE FINURA
f'cr (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pulg.	DE AGUA Lt.	A/C	(%)	Kg/m <sup>3</sup>	bolsas	EQUIPOS A UTILIZAR
280	3"-4"	195	0.440	1.50	443	10.43	5.5
364							

**DOSIFICACION EN PESO**

DESCRIPCION	PESO ESTIMADO	VOLUMEN	DISEÑO	DISEÑO EN	DISEÑO UNIT.
	SECO/m <sup>3</sup>	ABSOLUTO m <sup>3</sup>	UNIT. SECO	OBRA	EN OBRA
CEMENTO	443.18	0.1497	1.00	443	1.00
AGREGADO FINO	718.65	0.2795	1.62	758	1.71
AGREGADO GRUESO	879.60	0.3608	1.98	912	2.06
AGUA (Ltros.)	195.00	0.1950	0.44	188	0.42
AIRE	1.50	0.0150			

**DOSIFICACION EN OBRA**

DESCRIPCION	BOLSA/C=42.5 Kg.	PROPORCION
CEMENTO	42.50	1.00
AGREGADO FINO	72.67	1.63
AGREGADO GRUESO	87.41	1.83
AGUA	18.01	18.01 Ltros.

**OBSERVACION :** EL DISEÑO DE MEZCLA ES, SOLO TEORICO, REQUIERE SU COMPROBACION A LOS 7 Y 14 DIAS, PARA SU CORRECCION \* EL AGUA ES VARIABLE SE DEBE CONTROLAR EN OBRA CORRESPONDIENTES Y EL USO ADECUADO DE LOS AGREGADOS SERIA EN FUNCION A LA SEPARACION DEL AGREGADO GRUESO Y FINO, TAMIZADO POR LAS MALLAS N° 1/4" ó 3/8".

*Armando J. Colla Vilca*  
INGENIERO GEOLOGO  
CIP. N° 154933



GOBIERNO REGIONAL PUNO  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO



ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS

**PROYECTO** :EFECTOS DEL DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO SUPERPLATIFICANTE, MICROSILICE EN LA MEJORA DE PROPIEDADES DEL PAVIMENTO RIGIDO PUNO 2016  
**SOLICITANTE** : BACHILLER EFRAIN CARLOS COAQUIRA CHURA  
**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE CHUCUITO JULI - DEPARTAMENTO DE PUNO  
**LUGAR/SECTOR/ZONA** : POVINCIA DE CHUCUITO JULI  
**FECHA** : 10/04/2016  
**PROYECTO** :  
**OPERADOR** :

Nº	PROBETAS (testigos y/o briquetas)	AREA (cm2)	F'C (kg/cm2)	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	LECTURA DEL DIAL	RESISTENCIA (kg/cm2)	%
1	MUESTRA PATRON CPO	176.71	300	10/01/16	11/01/16	1	46298.02	261.99	87.33
2	CPA	176.71	300	10/01/16	11/01/16	1	95246.69	538.99	179.66
3	SF20	176.71	300	10/01/16	11/01/16	1	88531.71	500.99	167.00
4	SF15	176.71	300	10/01/16	11/01/16	1	74041.49	418.99	139.66
5	SF10	176.71	300	10/01/16	11/01/16	1	69447.03	392.99	131.00
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-

OBSERVACION: Se ha procedido a efectuar los ensayos de resistencia a la compresión de probetas de concreto de acuerdo a la solicitud del interesado, las muestras fueron tomados por el solicitante (proyecto de investigacion).

  Efrain Carlos Coaquira Chura D.N. 44392243 ASISTENTE TECNICO SOLICITANTE	 GOBIERNO REGIONAL DE PUNO PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE Ing. Amando J. Caillata Vilca C.I.P. 154233 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS RESPONSABLE DE LABORATORIO
---	---



REGIÓN PUNO

ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS

PROYECTO : EFECTOS DEL DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO SUPERPLATIFICANTE, MICROSILICE EN LA MEJORA DE PROPIEDADES DEL PAVIMENTO RIGIDO PUNO 2016

SOLICITANTE : BACHILLER EFRAIN CARLOS COAQUIRA CHURA

UBICACIÓN : PROVINCIA DE CHUCUITO JULI - DEPARTAMENTO DE PUNO

LUGAR/SECTOR/ZONA : POVINIA DE CHUCUITO JULI

FECHA : 10/04/2016

PROYECTO :

OPERADOR :

Nº	PROBETAS (testigos y/o briquetas)	AREA (cm2)	F'c (kg/cm2)	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	LECTURA DEL DIAL	RESISTENCIA (kg/cm2)	%
1	MUESTRA PATRON CPO	176.71	300	10/01/16	17/01/16	7	80403.05	454.99	151.66
2	CPA	176.71	300	10/01/16	17/01/16	7	133239.34	753.98	251.33
3	SF20	176.71	300	10/01/16	17/01/16	7	135006.44	763.98	254.66
4	SF15	176.71	300	10/01/16	17/01/16	7	129175.01	730.98	243.66
5	SF10	176.71	300	10/01/16	17/01/16	7	147199.43	832.98	277.66
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-

OBSERVACION: Se ha procedido a efectuar los ensayos de resistencia a la compresión de probetas de concreto de acuerdo a la solicitud del interesado, las muestras fueron tomadas por el solicitante (proyecto de investigación).

  Efraim C. Coaquira Chura DNI. 44392243 ASISTENTE TECNICO	GOBIERNO REGIONAL DE PUNO PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  Ing. Armando J. Callata Vilca C.I.P. 154233 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS RESPONSABLE DE LABORATORIO
SOLICITANTE	RESPONSABLE DE LABORATORIO



REGIÓN PUNO

ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS

PROYECTO : EFECTOS DEL DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO SUPERPLATIFICANTE, MICROSILICE EN LA MEJORA DE PROPIEDADES DEL PAVIMENTO RIGIDO PUNO 2016 RIGIDO- PUNO -2016  
 SOLICITANTE : BACHILLER EFRAIN CARLOS COAQUIRA CHURA  
 UBICACIÓN : PROVINCIA DE CHUCUITO JULI - DEPARTAMENTO DE PUNO  
 LUGAR/SECTOR/ZONA : POVINIA DE CHUCUITO JULI  
 FECHA : 10/04/2016  
 PROYECTO :  
 OPERADOR :

Nº	PROBETAS (testigos y/o briquetas)	AREA (cm2)	F'C (kg/cm2)	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	LECTURA DEL DIAL	RESISTENCIA (kg/cm2)	%
1	MUESTRA PATRON CPO	176.71	300	10/01/16	07/02/16	28	97190.5	549.99	183.33
2	CPA	176.71	300	10/01/16	07/02/16	28	154444.54	873.98	291.33
3	SF20	176.71	300	10/01/16	07/02/16	28	200389.14	1133.97	377.99
4	SF15	176.71	300	10/01/16	07/02/16	28	199505.59	1128.97	376.32
5	SF10	176.71	300	10/01/16	07/02/16	28	213465.68	1207.97	402.66
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-

OBSERVACION: Se ha procedido a efectuar los ensayos de resistencia a la compresión de probetas de concreto de acuerdo a la solicitud del interesado, las muestras fueron tomadas por el solicitante (proyecto de investigación).

  Efrain C. Coaquira Chura DNI. 44392243 ASISTENTE TECNICO SOLICITANTE	GOBIERNO REGIONAL DE PUNO PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  Ing. Armando J. Callata Vilca C.I.P. 154233 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS RESPONSABLE LABORATORIO
--	---



REGIÓN PUNO

ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS

ELECCION DEL TIPO DE MUESTRA CON BASE EN LA IDENTIFICACION, MICROSCOPIA EN LA REDONDA DE LOS ESPALDOS DEL PAVIMENTO RIGIDO PUNO 2016  
RIGIDO- PUNO -2016

**PROYECTO** : RIGIDO- PUNO -2016  
**SOLICITANTE** : BACHILLER EFRAIN CARLOS COAQUIRA CHURA  
**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE CHUCUITO JULI - DEPARTAMENTO DE PUNO  
**LUGAR/SECTOR/ZONA** : POVINCIA DE CHUCUITO JULI  
**FECHA** : 10/04/2016  
**PROYECTO** :  
**OPERADOR** :

Nº	PROBETAS (testigos y/o briquetas)	AREA (cm2)	F'c (kg/cm2)	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	LECTURA DEL DIAL	RESISTENCIA (kg/cm2)	%
1	UESTRA PATRON C	176.71	300	10/01/16	09/04/16	90	109736.91	620.98	206.99
2	CPA	176.71	300	10/01/16	09/04/16	90	162926.62	921.98	307.33
3	SF20	176.71	300	10/01/16	09/04/16	90	247040.58	1397.96	465.99
4	SF15	176.71	300	10/01/16	09/04/16	90	246157.03	1392.96	464.32
5	SF10	176.71	300	10/01/16	09/04/16	90	251458.33	1422.96	474.32
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-

OBSERVACION: Se ha procedido a efectuar los ensayos de resistencia a la compresión de probetas de concreto de acuerdo a la solicitud del interesado, las muestras fueron tomados por el solicitante (proyecto de investigación).

  Bach. Efraín C. Coaquira Chura DNI. 44392243 ASISTENTE TÉCNICO SOLICITANTE	GOBIERNO REGIONAL DE PUNO PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE <hr/> Ing. Amando J. Callata Vilca C.I.P. 154238 JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETOS RESPONSABLE DE LABORATORIO
---	--



GOBIERNO REGIONAL PUNO  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y  
DRENAJE



### ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

**OBRA** : EFECTOS DEL DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE, MICROSILICE EN LA MEJORA DE PROPIEDADES DEL PAVIMENTO RIGIDO - PUNO - 2016  
**SOLICITANTE** : BACH. EFRAIN CARLOS COAQUIRA CHURA  
**UBICACIÓN** : DEP. PUNO  
**LUGAR/SECTOR/ZONA** : PUNO  
**FECHA** : 10/04/2016  
**PRUEBAS** : PRUEBAS DE TIEMPO DE FRAGUADO  
**OPERADOR** : BACH. EFRAIN CARLOS COAQUIRA CHURA

Nº	MEZCLA	TIEMPO REAL HORAS:MIN.	TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL	TIEMPO DE FRAGUADO FINAL
1	CPA	1 h. 24 min	6 h : 14 min.	7 h. : 38 min.
2	SF10	49 min	4 h : 43 min.	5 h : 32 min.
3	SF15	45 min.	4 h : 21 min.	5 h : 6 min.
4	SF20	39 min.	3 h : 53 min.	4 h : 32 min.
-	-	-	-	-

**OBSERVACION:** Se ha procedido a efectuar los ensayos de Tiempo de fraguado del concreto de acuerdo a la solicitud del interesado, fueron realizados por el solicitante.

 SOLICITANTE	  Armando J. Callata Vique INGENIERO GEOLOGO C.P. N° 154233 RESPONSABLE DE LABORATORIO
--	--

**ANEXO N° 02  
CUADRO DE CONSISTENCIA**

**EFFECTOS DEL DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE, MICROSILICE EN LA MEJORA DE PROPIEDADES DEL PAVIMENTO RÍGIDO - PUNO -2016**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p><b>Problema General</b> ¿Cuáles son los efectos del diseño de mezcla con aditivo microsilice en la mejora de propiedades del pavimento rígido en la región puno -2016?</p> <p><b>Problemas Específicos</b> ¿Cuáles son los efectos el diseño de mezcla del aditivo microsilice en la resistencia del pavimento rígido en las obras? ¿Cuáles son los efectos el diseño de mezcla del aditivo microsilice en el fraguado del pavimento rígido en las obras? ¿Cuáles son los efectos el diseño de mezcla del aditivo microsilice en la trabajabilidad del pavimento rígido en las obras?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Determinar los efectos del diseño de mezcla con aditivo microsilice en la mejora de propiedades del pavimento rígido en la región puno -2016.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b> Analizar los efectos el diseño de mezcla del aditivo microsilice en la resistencia del pavimento rígido en las obras. Analizar los efectos el diseño de mezcla del aditivo microsilice en el tiempo de fraguado del pavimento rígido en las obras. Analizar los efectos el diseño de mezcla del aditivo microsilice en la trabajabilidad del pavimento rígido en las obras.</p>	<p><b>Hipótesis General</b> El diseño de mezcla con aditivo microsilice tendría efectos significativo en la resistencia, permeabilidad y trabajabilidad en la mejora de propiedades del pavimento rígido en la región Puno -2016.</p> <p><b>Hipótesis Específicas</b> El diseño de mezcla del aditivo microsilice tendría efectos directos en la mejora de las propiedades de resistencia del pavimento rígido en las obras. El diseño de mezcla del aditivo microsilice tendría efectos significativos en la mejora de las propiedades del tiempo de fraguado del pavimento rígido en las obras. El diseño de mezcla del aditivo microsilice tendría una mejora significativa en las propiedades de trabajabilidad del pavimento rígido en las obras.</p>	<p align="center"><b>Variable Independiente (X)</b></p> <p>Diseño de mezcla - aditivo microsilice</p>	Componentes de la mezcla	Agregados	<p><b>Tipo.</b> Cuantitativo Aplicado experimental <b>Nivel:</b> Explicativo- analítico <b>Diseño.</b> Experimental Factorial <b>Método:</b> Deductivo Modelamiento <b>Población:</b> <b>Muestra:</b> La muestra está conformada 3 obras de pavimento rigido en la municipalidad de Juli, mediante el muestreo probabilístico aleatorio simple. <b>Técnicas:</b> • Observación • Ensayos <b>Instrumentos:</b> Ficha de observación certificaciones <b>Procedimiento:</b> Análisis regresión lineal T student Anova.</p>
					Cemento	
					agua	
				Proporción de aditivo	10%	
					15%	
					20%	
			<p align="center"><b>Variable dependiente (y)</b></p> <p>Propiedades del pavimento rígido</p>	Resistencia	Resistencia a la compresión	
		Tiempo de Fraguado		Método Vicat.		
		Trabajabilidad		slump		

