

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA  $f'_c = 450$   
Kg/cm<sup>2</sup> PARA LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA, USANDO  
MATERIALES LOCALES**

**TESIS**

**para optar el título profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**Autor:**

**BACH. DÁVALOS HUATANGARI IGNACIO**

**Asesor:**

**MCS. MANUEL LINCOLN MINCHAN PAJARES**

**Cajamarca**


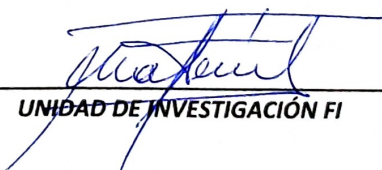
**2023**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: Bach. DÁVALOS HUATANGARI, Ignacio  
DNI: 45174335  
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
2. Asesor: M.Cs. Ing. MINCHÁN PAJARES, Manuel Lincoln  
Facultad: Ingeniería
3. Grado académico o título profesional  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
4. Tipo de Investigación:  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:  
DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA  $f'_c = 450 \text{ Kg/cm}^2$  PARA LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA, USANDO MATERIALES LOCALES
6. Fecha de evaluación: 29/11/2023
7. Software antiplagio:       TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 18%
9. Código Documento: oid:3117:290537995
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 15/03/2024

 <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <b>FIRMA DEL ASESOR</b> Nombre: MINCHÁN PAJARES, Manuel Lincoln DNI: 26704942	 <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <b>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</b>
---	--

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2023 by  
IGNACIO DÁVALOS HUATANGARI  
Todos los derechos reservados

## AGRADECIMIENTO

*A Dios, por haberme dado la vida, por haberme dado la fortaleza para afrontar cada dificultad y superar cada obstáculo que se presentaba, por su bendición que me ha permitido llegar hasta aquí.*

*A la Universidad Nacional de Cajamarca – Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Sede Jaén y todos los docentes que fueron parte de mi formación profesional.*

*A mi madre, hermanos y hermanas que me apoyaron en los momentos más difíciles de mi vida universitaria y porque siempre creyeron en mí, eso me dio el impulso para seguir adelante y lograr mis objetivos, por eso y más les estoy infinitamente agradecido.*

*A la empresa Sika Perú S.A.C. por facilitarme sus productos, y en especial al ing. Felipe Chang, por su gran apoyo desinteresado y aporte de su conocimiento para esta investigación.*

*Al ing. Luis R. Quiroz Ch. Gte. Gral. del laboratorio de suelos “Geocon Vial Ingenieros Consultores E.I.R.L”, por apoyarme con las instalaciones de su laboratorio para la ejecución del presente proyecto de investigación.*

*A mi asesor, MCs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares, por su gran apoyo.*

*Ignacio D. H.*

## DEDICATORIA

*Para mis padres:*

*Ignacio Dávalos Castillo, (en el cielo), por los valores y principios inculcados y por la educación que siempre te preocupaste por ofrecernos a mí y cada uno de mis hermanos. María I. Huatangari Peña, por tu apoyo incondicional y tu infinito amor de madre, por tu esfuerzo en procurar que tus hijos se vuelvan profesionales, a pesar de haber perdido a tu compañero de vida, y por siempre creer en mí.*

*Ignacio D. H.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
RESÚMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1. Formulación del problema.....	2
1.2. HIPÓTESIS .....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.4. ALCANCES Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.5.1. Objetivo General .....	3
1.5.2. Objetivos Específicos .....	3
<b>CAPITULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA FABRICACIÓN DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA .....	4
2.1.1. Internacionales .....	4
2.1.2. Nacionales .....	4
2.1.3. Locales.....	5
2.2. BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
2.2.1. Concreto de Alta Resistencia (CAR).....	6
2.2.1.1. Definición.....	6
2.2.1.2. Usos y Aplicaciones del Concreto de Alta Resistencia .....	6
2.2.1.3. Ventajas del Concreto de Alta Resistencia .....	7
2.2.1.4. Desventajas del Concreto de Alta Resistencia.....	7
2.2.1.5. Propiedades principales del concreto en estado fresco .....	8
2.2.1.6. Propiedades principales del concreto en estado endurecido .....	8
2.2.1.7. Materiales que Componen la Mezcla de Concreto.....	9
2.2.1.7.1. El cemento .....	9
2.2.1.7.2. Los Agregados.....	10
2.2.1.7.2.1. Propiedades Físicas de los Agregados .....	11
2.2.1.7.3. El agua en el Concreto. ....	15
2.2.1.7.4. Aditivos Químicos.....	16

2.2.1.7.4.1. Sika® ViscoCrete® SC-50 .....	16
2.2.1.8. Método de Diseño de Mezclas de Concreto de Alta Resistencia .....	17
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	30
<b>CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>31</b>
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DONDE SE DESARROLLÓ LA INVESTIGACIÓN. ....	31
3.2. UBICACIÓN TEMPORAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
3.3. RECURSOS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN .....	32
3.3.1. Recursos Humanos: .....	32
3.3.2. Recursos Materiales: .....	32
3.3.3. Equipos Empleados: .....	32
3.3.4. Herramientas:.....	33
3.4. METODOLOGÍA A SEGUIR EN EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .	33
3.4.1. Población de estudio.....	34
3.4.2. Muestra.....	34
3.4.3. Unidad de análisis.....	34
3.4.4. Definición de Variables.....	34
3.4.4.1. Variables Independientes .....	34
3.4.4.2. Variable Dependiente .....	35
3.4.5. Método de Investigación .....	35
3.4.6. Procedimiento a seguir .....	35
3.5. TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	38
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
4.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS .....	39
4.1.1. Propiedades Físicas del Agregado Fino .....	39
4.1.2. Propiedades Físicas y Mecánicas del Agregado Grueso .....	39
4.2. DISEÑO DE MEZCLAS .....	40
4.2.1. Diseño de Mezcla del Concreto Patrón (CP) .....	40
4.2.2. Diseño de Mezcla del Concreto con Superplastificante al 0.5% (CS0.5) .....	40
4.2.3. Diseño de Mezcla del Concreto con Superplastificante al 1.0% (CS1.0) .....	41
4.2.4. Diseño de Mezcla del Concreto con Superplastificante al 1.5% (CS1.5) .....	42
4.3. RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN. ....	42
4.4. PARÁMETROS ESTADÍSTICOS.....	49
4.4.1. Parámetros Estadísticos de la Resistencia a Compresión del Concreto de Alta Resistencia.....	50
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>54</b>
5.1. CONCLUSIONES .....	54
5.2. RECOMENDACIONES .....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

ANEXO I: Cálculos y resultados de los análisis físico-mecánicos de los agregados.	59
ANEXO II: Diseño de Mezclas de Concreto Usando el Método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados.	70
ANEXO III: Panel Fotográfico.	85
ANEXO IV: Ficha Técnica del aditivo Sika Viscocrete SC-50.	96
ANEXO V: Ficha Técnica del Cemento Portland Tipo I	98

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 01.-</b> Límites granulométricos para el agregado grueso.	13
<b>Tabla N° 02.-</b> Límites granulométricos para el agregado fino.	14
<b>Tabla N° 03.-</b> Slump recomendado para concretos de alta resistencia con y sin superplastificante.	18
<b>Tabla N° 04.-</b> Consistencias y Asentamientos.	18
<b>Tabla N° 05.-</b> Resistencia Promedio.	19
<b>Tabla N° 06.-</b> Tamaño máximo del agregado sugerido.	19
<b>Tabla N° 07.-</b> Requerimientos aproximados de agua de mezclado para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregado.	20
<b>Tabla N° 08.-</b> Contenido aproximado de aire atrapado en % para diferentes tamaños máximo nominal de agregados.	21
<b>Tabla N° 09.-</b> Contenido aproximado de aire incorporado y total en % para diferentes tamaños máximo nominal de agregados y grados de exposición.	21
<b>Tabla N° 10.-</b> Relación a/c por resistencia.	22
<b>Tabla N° 11.-</b> Relación Máxima Recomendada de a/c para concretos hechos sin aditivo.	22
<b>Tabla N° 12.-</b> Relación Máxima Recomendada de a/c para concretos hechos con aditivo.	23
<b>Tabla N° 13.-</b> Máxima relación a/c permisible para concretos sometidos a condiciones especiales de exposición.	24
<b>Tabla N° 14.-</b> Volumen recomendado de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.	25
<b>Tabla N° 15.-</b> Módulo de fineza de la combinación de agregados.	27
<b>Tabla N° 16.-</b> Rango granulométrico recomendado para la optimización de la	



granulometría de los agregados.....	28
<b>Tabla N° 17.-</b> Coordenadas UTM, Laboratorio “Geocon Vial” y Cantera “Ocaña”. ....	32
<b>Tabla N° 18.-</b> Codificación y distribución de especímenes para ensayar a compresión. .....	34
<b>Tabla N° 19.-</b> Resumen de las propiedades físicas del agregado fino. ....	39
<b>Tabla N° 20.-</b> Resumen de las propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso. .	40
<b>Tabla N° 21.-</b> Dosificación de la mezcla por m <sup>3</sup> del concreto patrón.....	41
<b>Tabla N° 22.-</b> Dosificación de la mezcla por m <sup>3</sup> del concreto con superplastificante al 0.5%. ....	41
<b>Tabla N° 23.-</b> Dosificación de la mezcla por m <sup>3</sup> del concreto con superplastificante al 1.0%. ....	41
<b>Tabla N° 24.-</b> Dosificación de la mezcla por m <sup>3</sup> del concreto con superplastificante al 1.5%. ....	42
<b>Tabla N° 25.-</b> Resistencia a compresión del concreto patrón <b>CP</b> . ....	43
<b>Tabla N° 26.-</b> Resistencia a compresión del concreto con aditivo superplastificante al 0.5% ( <b>CS0.5</b> ). ....	44
<b>Tabla N° 27.-</b> Resistencia a compresión del concreto con aditivo superplastificante al 1.0% ( <b>CS1.0</b> ). ....	45
<b>Tabla N° 28.-</b> Resistencia a compresión del concreto con aditivo superplastificante al 1.5% ( <b>CS1.5</b> ). ....	46
<b>Tabla N° 29.-</b> Resistencia a compresión promedio de los diferentes diseños de mezclas y su respectivo porcentaje alcanzado a las edades de estudio correspondientes. ....	48
<b>Tabla N° 30.-</b> Granulometría del Agregado Fino (Ensayo 01) .....	59
<b>Tabla N° 31.-</b> Granulometría del Agregado Fino (Ensayo 02) .....	60
<b>Tabla N° 32.-</b> Granulometría del Agregado Fino (Ensayo 03) .....	61
<b>Tabla N° 33.-</b> Granulometría del Agregado Grueso (Ensayo 01) .....	62
<b>Tabla N° 34.-</b> Granulometría del Agregado Grueso (Ensayo 02) .....	63
<b>Tabla N° 35.-</b> Granulometría del Agregado Grueso (Ensayo 03) .....	64
<b>Tabla N° 36.-</b> Peso Específico del Agregado Fino .....	65
<b>Tabla N° 37.-</b> Peso Específico del Agregado Grueso .....	65
<b>Tabla N° 38.-</b> Peso Unitario Seco Suelto del Agregado Fino .....	66
<b>Tabla N° 39.-</b> Peso Unitario Seco Compactado del Agregado Fino .....	66
<b>Tabla N° 40.-</b> Peso Unitario Seco Suelto del Agregado Grueso .....	67
<b>Tabla N° 41.-</b> Peso Unitario Seco Compactado del Agregado Grueso.....	67

<b>Tabla N° 42.-</b> Contenido de Humedad del Agregado Fino .....	68
<b>Tabla N° 43.-</b> Contenido de Humedad del Agregado Grueso .....	68
<b>Tabla N° 44.-</b> Material Fino que Pasa el Tamiz N°200 (Agregado Fino) .....	69
<b>Tabla N° 45.-</b> Material Fino que Pasa el Tamiz N°200 (Agregado Grueso).....	69
<b>Tabla N° 46.-</b> Resistencia a la Abrasión del Agregado Grueso .....	70

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico N° 01.</b> Flujograma General del diseño de la investigación.....	37
<b>Gráfico N° 02.</b> Desarrollo de la Resistencia a Compresión con el Tiempo, de los Cuatro Diseños de Mezcla Estudiados. ....	48
<b>Gráfico N° 03.</b> Resistencia Máxima a Compresión alcanzada por cada uno de los Cuatro Diseños de Mezcla Estudiados.....	49
<b>Gráfico N° 04.</b> Curva Granulométrica del Agregado Fino, (Ensayo 01) .....	59
<b>Gráfico N° 05.</b> Curva Granulométrica del Agregado Fino, (Ensayo 02) .....	60
<b>Gráfico N° 06.</b> Curva Granulométrica del Agregado Fino, (Ensayo 03) .....	61
<b>Gráfico N° 07.</b> Curva Granulométrica del Agregado Grueso, (Ensayo 01) .....	62
<b>Gráfico N° 08.</b> Curva Granulométrica del Agregado Grueso, (Ensayo 02) .....	63
<b>Gráfico N° 09.</b> Curva Granulométrica del Agregado Grueso, (Ensayo 03) .....	64
<b>Gráfico N° 10.</b> Optimización gráfica de la Granulometría (Método RNL).....	73

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro N°01:</b> Estadísticos Descriptivos de la Resistencia a Compresión del Concreto de Alta Resistencia Denominado <b>CP</b> .....	50
<b>Cuadro N°02:</b> Estadísticos Descriptivos de la Resistencia a Compresión del Concreto de Alta Resistencia Denominado <b>CS0.5</b> .....	51
<b>Cuadro N°03:</b> Estadísticos Descriptivos de la Resistencia a Compresión del Concreto de Alta Resistencia Denominado <b>CS1.0</b> .....	52
<b>Cuadro N°4:</b> Estadísticos Descriptivos de la Resistencia a Compresión del Concreto de Alta Resistencia Denominado <b>CS1.5</b> .....	53

## ÍNDICE DE IMAGENES

<b>Imagen N° 1:</b> Ensayo Peso Específico del Agregado Fino. ....	85
<b>Imagen N° 2:</b> Ensayo Peso Específico del Agregado Grueso. ....	85

<b>Imagen N° 3:</b> Ensayo Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso. ....	86
<b>Imagen N° 4:</b> Ensayo Peso Unitario Compactado del Agregado Fino. ....	86
<b>Imagen N° 5:</b> Determinación de Peso Unitario del Concreto Fresco. ....	87
<b>Imagen N° 6:</b> Determinación del Contenido de Aire, con la Olla Washington. ....	87
<b>Imagen N° 7:</b> Lectura del Contenido de Aire, en la Olla Washington. ....	88
<b>Imagen N° 8:</b> Medida del aditivo superplastificante. ....	88
<b>Imagen N° 9:</b> Moldeo de Probetas de 6"x12". ....	89
<b>Imagen N° 10:</b> Determinación del slump del concreto CS0.5. ....	89
<b>Imagen N° 11:</b> Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS0.5, a los 7 días. ....	90
<b>Imagen N° 12:</b> Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CP, a los 28 días. ....	90
<b>Imagen N° 13:</b> Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS0.5, a los 14 días. ....	91
<b>Imagen N° 14:</b> Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS0.5, a los 28 días. ....	91
<b>Imagen N° 15:</b> Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS01.0, a los 7 días. ....	92
<b>Imagen N° 16:</b> Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS1.5, a los 7 días. ....	92
<b>Imagen N° 17:</b> Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS1.0, a los 14 días. ....	93
<b>Imagen N° 18:</b> Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS1.5, a los 14 días. ....	93
<b>Imagen N° 19:</b> Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS1.0, a los 28 días. ....	94
<b>Imagen N° 20:</b> Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS1.5, a los 28 días. ....	94
<b>Imagen N° 21:</b> Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS1.0, a los 56 días. ....	95
<b>Imagen N° 22:</b> Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS1.5, a los 56 días. ....	95

## RESÚMEN

En esta investigación se estudia el concreto de alta resistencia (CAR), con la finalidad de obtener un concreto de  $f'c=450 \text{ kg/cm}^2$ , usando materiales locales de la provincia de Jaén, y de esta manera, menguar la falta de estudios sobre este tipo de concretos en esta parte de la región, que nos permitan adaptarlos a las condiciones y elementos con los que se cuenta en cada localidad. Para lograr el objetivo de obtener un concreto de alta resistencia de  $f'c=450 \text{ kg/cm}^2$  para la ciudad de Jaén usando materiales locales, se realizó un diseño de mezclas patrón, usando el método del ACI, complementado con lo propuesto por la Road Note Laboratory, con agregados (piedra chancada de denominación  $\frac{1}{2}$ " y arena procesada), de la cantera Ocaña de la ciudad de Jaén y cemento Pacasmayo Tipo I; llegando a obtener una resistencia a la compresión promedio de  $407.51 \text{ kg/cm}^2$  (90.56%) a los 28 días y de  $469.44 \text{ kg/cm}^2$  (104.32%) a los 56 días de edad con este diseño de mezclas. Adicionalmente, se realizaron tres diseños de mezclas añadiendo al concreto patrón, el aditivo superplastificante Sika® viscoCrete® SC-50, en concentraciones del 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso del cemento respectivamente, con los cuales se obtuvieron resistencias a la compresión promedio a 28 días de  $576.97 \text{ kg/cm}^2$ ;  $595.88 \text{ kg/cm}^2$  y  $608.44 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente. Concluyéndose que sí es posible obtener un CAR usando solamente materiales locales (agregados) producidos en la ciudad de Jaén, ya que si cumplen con los requisitos mínimos para producir CAR.

**Palabras Clave:** Concreto de Alta Resistencia; Aditivo Superplastificante; Resistencia a la Compresión del Concreto.

## ABSTRACT

In this research, high resistance concrete (CAR) is studied, with the purpose of obtaining a concrete of  $f'_c=450\text{kg/cm}^2$ , using local materials from the province of Jaén, and in this way, reduce the lack of studies on this type of concrete in this part of the region, which allow us to adapt them to the conditions and elements available in each location. To achieve the objective of obtaining a high resistance concrete of  $f'_c=450\text{ kg/cm}^2$  for the city of Jaén using local materials, a pattern mix design was carried out, using the ACI method, complemented with what was proposed by the Road Note Laboratory, with aggregates ( $\frac{1}{2}$ " denomination crushed stone and processed sand), from the Ocaña quarry in the city of Jaén and Pacasmayo Type I cement; obtaining an average compressive strength of  $407.51\text{ kg/cm}^2$  (90.56%) at 28 days and  $469.44\text{ kg/cm}^2$  (104.32%) at 56 days of age with this mixture design. Additionally, three mixture designs were made by adding the superplasticizing additive Sika® viscoCrete® SC-50 to the pattern concrete, in concentrations of 0.5%, 1.0% and 1.5% of the weight of the cement respectively, with which average compressive strengths at 28 days of  $576.97\text{ kg/cm}^2$  were obtained;  $595.88\text{ kg/cm}^2$  and  $608.44\text{ kg/cm}^2$  respectively. Concluding that it is possible to obtain a CAR using only local materials (aggregates) produced in the city of Jaén, since they do meet the minimum requirements to produce CAR.

Keywords: High Strength Concrete; Superplasticizer Additive; Compressive Strength of Concrete.

# **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

## **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El concreto es el elemento primordial y el más utilizado en la construcción, por su gran versatilidad, por el bajo costo y gran disponibilidad de sus componentes (agregados), por su resistencia y durabilidad, entre otras cualidades y propiedades que lo hacen el elemento idóneo para la construcción de estructuras de concreto (Kumar Mehta, 2014).

Su uso está registrado desde tiempos milenarios, y con el paso del tiempo y los avances en la tecnología, le han permitido evolucionar de manera constante.

Estos avances en la tecnología del concreto, hoy en día nos permiten incorporar al concreto otros componentes con la finalidad de mejorar sus propiedades aún más, consiguiendo así, diseñar concretos con propiedades específicas para cada proyecto en particular, obteniéndose así una variedad de concretos especiales, y todo con la finalidad de optimizar recursos y poder cubrir las necesidades de una industria de la construcción que cada vez se vuelve más exigente. (Heredia Mendoza, 2017).

El concreto de alta resistencia (CAR) tiene la capacidad de soportar cargas en compresión mucho más altas que un concreto convencional, ganar significativas resistencias iniciales a la compresión, ser impermeable y por ende más durable; estas características nos ayudan a disminuir los tiempos de vaciado, las secciones de los elementos estructurales, poner en servicio las estructuras en tiempos mucho más cortos. Dichas propiedades del CAR, hacen técnica y económicamente posible emplear grandes luces, construcción de edificios de gran altura y diversas mega estructuras. (Heredia Mendoza, 2017).

La ciudad de Jaén actualmente vive un crecimiento y desarrollo enorme y la industria de la construcción crece al mismo ritmo demandando cada vez de nuevas alternativas acorde con la tecnología del mundo actual para garantizar la durabilidad de las estructuras y generar mejoras en la economía familiar y en la utilidad de las empresas constructoras. Una de estas alternativas es el Concreto de Alta Resistencia (CAR), que, sin ser nueva, es muy poco empleada, principalmente porque no existen estudios relacionados a los CAR con  $f'c \geq 450 \text{ kg/cm}^2$  para poder diseñarlos y obtenerlos, usando los materiales producidos en cada localidad. Es por ello que en este trabajo de investigación se busca obtener un concreto de alta resistencia (CAR) utilizando agregados explotados en esta ciudad con la finalidad de adecuar a nuestro entorno un concreto de este tipo, y de esta manera, ir menguando la falta de estudios relacionados al concreto de alta resistencia en esta parte del país.

### **1.1.1. Formulación del problema**

El estudio a realizar, se puede sintetizar mediante la siguiente interrogante:

¿En qué porcentaje influye el aditivo Sika® ViscoCrete® SC-50, en la resistencia de un Concreto de Alta Resistencia de  $f'c=450 \text{ Kg/cm}^2$  usando materiales locales de la ciudad de Jaén – Cajamarca?

### **1.2. HIPÓTESIS**

El presente trabajo de investigación, se propone demostrar la siguiente hipótesis:

La incorporación de aditivo Sika® ViscoCrete® SC-50, incrementa la resistencia de un Concreto de Alta Resistencia de  $f'c=450 \text{ Kg/cm}^2$  usando materiales locales de la ciudad de Jaén – Cajamarca, en un 30%.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El concreto de alta resistencia es un concreto que si bien es cierto tiene sus orígenes hace ya algunas décadas atrás, no se le ha dado un uso importante, pues en nuestro país es muy poco utilizado y más aún en nuestra provincia, esto debido al desconocimiento que existe de sus propiedades y ventajas, por la falta de investigaciones sobre este tipo de concretos en nuestra región que nos permitan familiarizarnos con ellos, adecuarlos a nuestro entorno y nos faciliten diseñarlos utilizando los materiales de nuestra localidad. Es así que, en nuestra provincia de Jaén, el uso de concretos de alta resistencia es probablemente nulo, pues el uso del concreto convencional es general para todas las edificaciones y/o estructuras, como resultado se tienen secciones de elementos estructurales demasiado robustas que generan pérdida del área útil y a su vez una gran sobrecarga y por ende sobrecostos. De este modo la presente investigación busca menguar este problema e incentivar el uso de concretos de alta resistencia en la provincia de Jaén, dando a conocer sus propiedades y ventajas, e impulsando el desarrollo de nuevas alternativas de construcción acorde con los avances actuales de la tecnología de los materiales, usando los agregados producidos en la misma provincia de Jaén.

Este trabajo de investigación podría ser utilizado como material de consulta para los profesionales y cualquier persona del mundo de la construcción que desee trabajar con este tipo de concreto. Además, ayudará a futuras investigaciones de este tipo en la provincia de Jaén o por qué no en el país.

## **1.4. ALCANCES Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta investigación está enfocada en el diseño de mezclas de concreto de alta resistencia (CAR), haciendo uso de los materiales propios de la ciudad de Jaén.

Se realizará la incorporación de un aditivo superplastificante de tercera generación al diseño de mezclas del concreto de alta resistencia para determinar las mejoras en la resistencia del concreto, producidas por el aditivo, en proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso del cemento, respectivamente.

Se determinará la resistencia a la compresión del concreto a las edades de 7, 14, 28, y 56 días, comparando sus resultados, midiendo así la diferencia de sus resistencias, pudiendo también medir de este modo la evolución de dicha resistencia en el tiempo, para cada tipo de diseño.

El anhelo es que esta investigación pueda servir de bibliografía para futuras investigaciones de naturaleza similar en el ámbito local, y también como referencia en trabajos de campo en la industria de la construcción civil.

## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Para representar plenamente lo desarrollado en el presente trabajo de investigación, se plantean los siguientes objetivos:

### **1.5.1. Objetivo General**

Determinar la influencia del aditivo superplastificante Sika® ViscoCrete® SC-50 en la resistencia a compresión, de un Concreto de Alta Resistencia  $f'c = 450 \text{ Kg/cm}^2$  para la ciudad de Jaén – Cajamarca, usando materiales locales.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados a utilizar.

Determinar la resistencia a compresión del concreto sin adición, mediante probetas cilíndricas de 6''x12'' a los 7, 14, 28 y 56 días de edad.

Determinar la resistencia a compresión del concreto con 0.5% del peso de cemento,



de aditivo Sika® ViscoCrete® SC-50, mediante probetas cilíndricas de 6''x12'' a los 7, 14, 28 y 56 días de edad.

Determinar la resistencia a compresión del concreto con 1.0% del peso de cemento, de aditivo Sika® ViscoCrete® SC-50, mediante probetas cilíndricas de 6''x12'' a los 7, 14, 28 y 56 días de edad.

Determinar la resistencia a compresión del concreto con 1.5% del peso de cemento, de aditivo Sika® ViscoCrete® SC-50, mediante probetas cilíndricas de 6''x12'' a los 7, 14, 28 y 56 días de edad.

## **CAPITULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA FABRICACIÓN DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA**

#### **2.1.1. Internacionales**

**Díaz Villarreal Edison J., Terán Escobar Esteban A. (2023)** en su trabajo “Diseño y Comparación de Hormigón de Alta Resistencia Utilizando dos tipos de Microsílice en Porcentajes de Reemplazo del Cemento, Agregados de la Cantera de Pifo y Aditivo Plastificante.” Realiza el estudio de la influencia de aditivos químicos y minerales en la fabricación de mezclas de hormigón de alta resistencia, a través de la preparación de ensayos en estado tanto fresco como endurecido, usando el comité ACI 211.4R-08 para sus diseños de mezcla. Llegando a los siguientes resultados: la resistencia de diseño seleccionada ( $f'_c=5.5\text{MPa}$ ), fue superada sin dificultad, e incluso superaron la resistencia a la compresión requerida ( $f'_{cr}$ ) a los 90 días, con un valor de 79.8MPa, empleando 15% de microsílice “SF-100” y aditivo plastificante “Sikament N-100” en un 3.5% del contenido de material cementante.

#### **2.1.2. Nacionales**

**Farje Bautista Hector R. (2016)** en su investigación “Producción y Evaluación de Concreto de Alta Resistencia Utilizando Superplastificante y Microsílice en la Ciudad de Moquegua”. Evalúa los concretos de alta resistencia ya que en su ciudad Moquegua, no se tenía información sobre estudios y experimentos al respecto. Para llegar al objetivo de producir concreto de alta resistencia utilizó microsílice (SIKA FUME), superplastificante (VISCOFLOW 50), y cemento (PORTLAND TIPO I), con una relación agua-cemento de

0.3; obteniendo un concreto con una resistencia a la compresión de 868kg/cm<sup>2</sup>, a la edad de 56 días, con una dosificación de 10% de concentración de microsílíce, 1.8% de concentración de superplastificante y 550kg/m<sup>3</sup> de cemento portland.

**Gonzales Jesús (2016)** en su tesis “Concreto de Alta Resistencia Utilizando Aditivo Microsílíce”. Estudia los concretos de alta resistencia preparados con microsílíce (SIKA FUME) usando cemento portland tipo I, empezando con una mezcla convencional patrón a la que le añade microsílíce a un porcentaje del peso del cemento de 5, 7.5 y 10%, llegando así al concreto de alta resistencia, obteniendo como resultado una resistencia a la compresión de 650 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días con microsílíce al 10%.

**Heredia Mendoza (2017)** en su tesis “Diseño de Concreto de Alta Resistencia  $f'c=900\text{kg/cm}^2$ , usando agregados del rio Huallaga para la ciudad de Tarapoto, provincia de San Martín, Región de San Martín”. Estudia el concreto de alta resistencia de  $f'c \geq 900 \text{Kg/cm}^2$ , usando los insumos locales (agregados de la Provincia de Picota), cemento portland tipo I, microsílíce (SIKA FUME) y superplastificante (SIKA VISCOCRETE 20HE). Llegando a obtener una resistencia promedio de 1222 Kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 56 días, con una proporción de microsílíce de 9.5% del peso del cemento y una proporción de superplastificante de 1.4% del peso del cemento.

### **2.1.3. Locales**

**Villanueva Sánchez A. (2015)** en su tesis “Obtención de un concreto de alta resistencia para un  $f'c=800 \text{Kg/cm}^2$  usando agregados de la cantera El Chiche – Cajamarca, aditivos y adición mineral” Se propone determinar las cantidades adecuadas de microsílíce, nanosílíce y superplastificante, que se debe agregar a un diseño de mezcla de concreto de alta resistencia para conseguir las propiedades físicas, mecánicas y elásticas deseadas. Utilizó en sus diseños microsílíce al 5 y 10% del peso del cemento, 1% y 2% de nanosílíce y de superplastificante el 1.1% del peso del cemento, para lograr una resistencia especificada de 800 Kg/cm<sup>2</sup>. Obteniendo una resistencia promedio a la compresión de 941.94 Kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días para el concreto con 10% de microsílíce, 2% de nanosílíce y 1.1% de aditivo superplastificante. Además, concluye que a medida en que se aumenta el contenido de microsílíce en la mezcla, la trabajabilidad, adherencia y la resistencia a la compresión aumenta, hasta alcanzar un máximo contenido luego del cual la segregación y exudación aumentan y la resistencia a la compresión disminuye.

## 2.2. BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.2.1. Concreto de Alta Resistencia (CAR)

#### 2.2.1.1. Definición

La National Ready Mixed Concrete Association lo define como un tipo de concreto (hormigón) de alto desempeño, que comúnmente tiene una resistencia a la compresión especificada de 6000 psi (40 MPa) o más.

Según Rivva López E. (2002). Los Concretos de Alta Resistencia son una nueva clase de concretos que son obtenidos por la incorporación a la mezcla de microsílices (una adición mineral), y de superplastificantes (un aditivo químico), y que como su nombre lo indica, tienen resistencias en compresión que a los 28 días sobrepasan los 700 kg/cm<sup>2</sup> y que pueden alcanzar una resistencia de 1200 kg/cm<sup>2</sup> o más a los 90 días. Sin embargo, indica que siempre se debe recordar que la definición de Concreto de Alta Resistencia varía sobre una base geográfica y de desarrollo tecnológico, es por ello que, para nuestra investigación, un concreto de  $f'c=450\text{kg/cm}^2$  se considera como CAR.

#### 2.2.1.2. Usos y Aplicaciones del Concreto de Alta Resistencia

La **National Ready Mixed Concrete Association**, nos brinda algunos alcances:

- Para colocar el concreto en servicio a una edad mucho menor, por ejemplo, dar tráfico a pavimentos a los 3 días de su colocación.
- Para construir edificios altos reduciendo la sección de las columnas e incrementando el espacio disponible.
- Para construir superestructuras de puentes de mucha luz y para mejorar la durabilidad de sus elementos.
- Para satisfacer necesidades específicas de ciertas aplicaciones especiales como, por ejemplo, durabilidad, módulo de elasticidad y resistencia a la flexión. Entre algunas de dichas aplicaciones se cuentan presas, cubiertas de graderías, cimentaciones marinas, parqueaderos y pisos industriales de tráfico pesado.

**Rivva López E. (2002)**, basado en experiencias alcanzadas en otros países, indica que el CAR se ha empleado exitosamente en las siguientes aplicaciones:

- En la obtención de alta resistencia a temprana edad para permitir una rápida transmisión del esfuerzo del acero de presfuerzo al concreto o para permitir un rápido desmolde de elementos prefabricados.

- En la elaboración de elementos prefabricados, durmientes y pilotes de concreto reforzado o prefabricado.
- En concretos de alta resistencia última, con el fin de permitir que dichos concretos soporten grandes cargas axiales en su aplicación final.
- En columnas y muros de cortante en edificios de gran altura.
- Para construir o reparar áreas que requieran entrar en servicio a corto plazo.

### **2.2.1.3. Ventajas del Concreto de Alta Resistencia**

**CEMEX**, en su ficha técnica establece las siguientes ventajas:

- Mejora la protección contra la corrosión del acero de refuerzo.
- El costo de la estructura es menor comparado con otras diseñadas en acero.
- Incremento del área rentable (consecuencia de la reducción de secciones.)
- Su alta consistencia permite bombearlo a grandes alturas.
- Su alta fluidez hace posible su colocación aún en zonas congestionadas de acero de refuerzo.
- Posible reducción de la cantidad de acero de refuerzo en columnas.
- Posible reducción del proporcionamiento del acero de refuerzo según el proyecto.
- Alto módulo de elasticidad.
- En losas permite una remoción temprana de la cimbra de contacto e incrementar el espaciamiento del reapuntalamiento.
- Menores pérdidas de preesfuerzo.
- Incrementa la capacidad máxima de flexión en trabes de sección sólida.

### **2.2.1.4. Desventajas del Concreto de Alta Resistencia**

Para Huincho Salvatierra (2011), las desventajas de estos concretos pueden ser:

- Necesidad de materiales y componentes de alta calidad
- Control de calidad muy exigente
- Curado muy cuidadoso al poseer relaciones agua/cemento muy bajas
- Rotura frágil.

Así mismo la **UNICON** recomienda en su ficha técnica, tener en cuenta las siguientes precauciones para este tipo de concreto:

- Requiere excelentes condiciones de curado.
- Cualquier adición de agua, cemento o aditivo en obra alterará su diseño,

perjudicando la calidad del concreto.

- El concreto que haya empezado con el proceso de fraguado no debe ser vibrado, ni mezclado, ni utilizado en caso de demora en obra.
- Se deben cumplir estrictamente todas las normas referentes a manejo, protección y control del concreto.

#### **2.2.1.5. Propiedades principales del concreto en estado fresco**

Tanto en los concretos convencionales como en los concretos de alta resistencia vamos a encontrar las mismas propiedades en su estado fresco, lo único que varía es el valor relativo de algunas de ellas, generalmente más elevado; a continuación, se describen las más importantes y principales.

##### **2.2.1.5.1. Trabajabilidad**

Está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Su evaluación es relativa, por cuanto depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga durante las etapas del proceso, ya que un concreto que puede ser trabajable bajo ciertas condiciones de colocación y compactación, no necesariamente resulta tal si dichas condiciones cambian.

El ACI 116-00. La define como: Propiedad del hormigón o mortero fresco que determina la facilidad y homogeneidad con que se puede mezclar, colocar, compactar y acabar.

##### **2.2.1.5.2. Segregación**

La ACI 116-00. La define como: concentración diferencial de los componentes del hormigón mezclado, los agregados o similares que provoca una dosificación no uniforme en la masa.

#### **2.2.1.6. Propiedades principales del concreto en estado endurecido**

Son varias las propiedades del concreto en estado endurecido, sin embargo, por temas específicos de la investigación, hablaremos exclusivamente de la resistencia a la compresión:

### 2.2.1.6.1. Resistencia a compresión.

Es la característica mecánica principal del concreto en estado endurecido, que se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área. (Cemex - 2019).

## 2.2.1.7. Materiales que Componen la Mezcla de Concreto

### 2.2.1.7.1. El cemento

Material pulverizado que por incorporación de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto debajo del agua como en el aire. Quedan excluidas la cal hidráulica, la cal aérea y los yesos (NT E.060-2020).



fuelle: ferreteriamayol.com.do

Cemento Portland: Producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker. (NT E.060-2020).

Existen cinco tipos de cemento portland, para diferentes usos de acuerdo a sus características. Los cuales, son los siguientes:

- **Tipo I:** Cemento portland normal, sin propiedades especiales. Usado en la construcción de obras de concreto en general.
- **Tipo II:** De moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación. Usado en obras de construcción en general y en construcciones expuestas a la acción moderada de los sulfatos, o que requieren un calor de hidratación moderado, cuando así esté consignado en las especificaciones técnicas del proyecto. Por lo general es el cemento utilizado en la realización de tuberías de hormigón y puentes.
- **Tipo III:** De alta resistencia inicial. Usado en obras que deban ser puestas en servicio muy pronto, como el caso de los elementos prefabricados o construcciones de emergencia.

- **Tipo IV:** De bajo calor de hidratación, el calor desprendido durante la hidratación se produce más lento. Usado cuando es necesario un bajo calor de hidratación sin producir dilataciones durante la etapa de fraguado, en estructuras de concreto masivo como presas, represas, diques, etc.
- **Tipo V:** De alta resistencia a los sulfatos. Usado en la construcción de elementos y obras que necesiten una elevada resistencia al ataque concentrado de sulfatos y álcalis, como en las alcantarillas, plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), infraestructuras portuarias, etc.

De estos cinco tipos de cemento portland, tan solo los Tipos I, II y V se fabrican en el Perú.

Para la presente investigación usaremos el cemento portland Tipo I.

#### **2.2.1.7.2. Los Agregados**

Son todos aquellos que provienen de la explotación de fuentes naturales tales como depósitos de arrastres fluviales (arenas y gravas de río) o de glaciares (cantos rodados) y de canteras de diversas rocas y piedras naturales. Se pueden aprovechar en su granulometría natural o triturándolos mecánicamente, según sea el caso, de acuerdo con las especificaciones requeridas (Guzmán, 2001).

##### **▪ Agregado fino**

La Norma Técnica Peruana NTP 400.037 (2021) define al agregado fino como “el proveniente de la desagregación natural o artificial”, que pasa el tamiz normalizado 9.5mm (3/8”) y que queda retenido en el tamiz 0.074mm (N° 200).



Agregado Fino, arena de río y arena triturada; fuente: google.

### ▪ Agregado grueso

La Norma Técnica Peruana NTP 400.011 (2020) o la norma ASTM C-33, define al agregado grueso como el material retenido en el tamiz 4.75 mm (Nº 4) y que además cumple los límites establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 400.037.



Agregado Grueso Triturado y Canto Rodado; fuente: google.

#### 2.2.1.7.2.1. Propiedades Físicas de los Agregados.

Es de vital importancia conocer las propiedades físicas de los agregados a utilizar, ya que influyen muchísimo en el comportamiento, características y propiedades del concreto a obtener, y más aun tratándose de un concreto tan susceptible a los cambios en su constitución como es el CAR.

#### – **Peso Específico**

El peso específico de un agregado es la relación de su peso, al peso de un volumen igual de agua destilada, a una temperatura dada. ACI 116-00.

El peso específico de los agregados, obtiene importancia para la construcción, cuando se necesita un concreto que tenga un peso límite, ya sea máximo o mínimo. Asimismo, el peso específico es un buen indicador de calidad, pues los valores elevados pertenecen a agregados de buen desempeño, mientras que los valores bajos generalmente pertenecen a agregados absorbentes y débiles. (ASOCEM, 1984).

- **Peso Específico de Masa.** - Es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material); a la masa en el aire de un volumen igual de agua destilada libre de gas.
- **Peso Específico Saturado Superficialmente Seco.** - Es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado incluyendo la masa del agua de los poros llenos hasta colmarse por sumersión en agua por 24 horas aproximadamente, comparada con la masa en el aire de un volumen igual de agua destilada libre de gas.
- **Peso Específico Aparente.** - Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de la porción impermeable del agregado, a la



masa en el aire de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

Los procedimientos para obtener el peso específico del agregado grueso y fino están contemplados en las normas **NTP 400.021** y **NTP 400.022** respectivamente.

#### – **Peso Unitario**

También llamado peso volumétrico, y viene a ser el peso que alcanza un determinado volumen unitario. Generalmente expresado en  $\text{kg/cm}^3$ . Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y en el caso de proporcionarse el 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 del tamaño máximo con el volumen del recipiente empleado, la consolidación impuesta, la forma de colocación, etc. De acuerdo con el tipo de consolidación hay dos tipos de peso unitario: Suelto y Compactado, contemplados en la **NTP 400.017**.

#### – **Absorción**

Es la capacidad que tienen los agregados de atrapar en sus poros las moléculas de agua, por efecto de la capilaridad. Su influencia en el concreto radica en el aporte y/o demanda de agua, la cual puede afectar a propiedades importantes como es la trabajabilidad y resistencia del concreto.

La determinación de la absorción de los agregados grueso y fino utilizados en la presente investigación se llevó a cabo siguiendo lo estipulado en las normas **NTP 400.021** y **NTP 400.022** respectivamente.

#### – **Granulometría.**

Se denomina así a la distribución por tamaños de las partículas que constituyen al agregado y se expresa como el porcentaje en peso de cada tamaño con respecto al peso total de la muestra. Se recomienda preferiblemente que los agregados a emplearse para producir concreto, tengan una granulometría continua.

Los requisitos y límites granulométricos para los agregados grueso y fino, están contemplados en las normas **NTP 400.037** y **ASTM C33**. Los mismos que se pueden apreciar en las Tablas N°01 y N°02.

*Tabla N° 01.- 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 pulg)	19.0 mm (3/4 pulg)	12.5 mm (1/2 pulg)	9.51 mm (3/8 pulg)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300 µm (N° 50)
1	90 mm a 37.5mm (3 1/2 pul a 1 1/2)	100	90 a 100	.....	25 a 60	.....	0 a 15	.....	0 a 5	.....	.....	.....	.....	.....	
2	63 mm a 37.5mm (2 1/2 pul a 1 1/2)	.....	.....	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	.....	0 a 5	.....	.....	.....	.....	.....	
3	50 mm a 25.0 mm (2 pul a 1 pulg)	.....	.....	.....	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	.....	0 a 5	.....	.....	.....	.....	
357	50 mm a 4.75 mm (2 pul a N° 4)	.....	.....	.....	100	95 a 100	.....	35 a 70	.....	10 a 30	.....	0 a 5	.....	.....	
4	37.5 mm a 19.0 mm (1 1/2 pul 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 pul a N° 4)	.....	.....	.....	.....	100	95 a 100	.....	35 a 70	.....	10 a 30	0 a 5	.....	.....	
5	25.0 mm a 12.5 mm (1 pul 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 pul a 3/8 pul)	.....	.....	.....	.....	.....	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 pul a N° 4)	.....	.....	.....	.....	.....	100	95 a 100	.....	25 a 60	.....	0 a 10	0 a 5	.....	
6	19.0 mm a 9.5 mm (3/4 pul a 3/8 pul)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	.....	.....	
67	19.0 mm a 4.75 mm (3/4 pul a N° 4)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 a 100	.....	20 a 55	0 a 10	0 a 5	.....	
7	12.5 mm a 4.75 mm (1/2 pul a N° 4)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	.....	
8	9.5 mm a 2.36 mm (3/8 pul a N° 8)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	12.5 mm a 9.5 mm (1/2 pul a 3/8 pul)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	
9	4.75 mm a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	

*Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037*

*Tabla N° 02.- Límites granulométricos para el agregado fino.*

Tamiz estándar (abertura cuadrado)	Porcentaje que pasa
3/8" (9.5 mm)	100
N° 4 (4.75 mm)	95 a 100
N° 8 (2.36 mm)	80 a 100
N° 16 (1.18 mm)	50 a 85
N° 30 (600 µm)	25 a 60
N° 50 (300 µm)	5 a 30
N° 100 (150 µm)	0 a 10

*Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037*

#### – Contenido de Humedad

Se entiende por contenido de humedad a la cantidad de agua que posee el material (agregado) en estado natural, variando en función del tiempo y condiciones ambientales. Esta propiedad es importante debido a que puede hacer variar la relación a/c del diseño de la mezcla y por ende afectar tanto a la resistencia, trabajabilidad y otras propiedades del concreto, por lo que es muy importante y necesario determinar su valor para así poder realizar las correcciones necesarias según sea el caso.

La determinación del contenido de humedad de los agregados tanto grueso y fino utilizados en la presente investigación se llevó a cabo siguiendo lo estipulado en la norma **NTP 339.85 – ASTM C566-13**.

#### – Módulo de Fineza.

El módulo de fineza viene a ser un número adimensional que representa el tamaño promedio ponderado de las partículas del agregado, se determina a partir de los resultados del ensayo de análisis granulométrico, se utiliza para controlar la uniformidad de los agregados.

Según la norma ASTM, el agregado fino debe tener un módulo de fineza no menor de 2.3 ni mayor que 3.1. Se estima que los agregados finos con módulos de fineza comprendidos entre 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que los que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para los concretos de alta resistencia. (Abanto Castillo 2017)

El módulo de fineza se obtiene a través de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices 1 ½", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 dividida entre 100.

– **Tamaño Máximo.**

Según la norma **NTP 400.011** el tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada por el que pasa toda la muestra de agregado.

Ya que esta propiedad y su influencia en las propiedades del concreto ha sido ampliamente investigada, diversos investigadores han concluido que para obtener una óptima resistencia en los concretos con baja relación agua/cemento, el tamaño máximo a emplearse debe estar comprendido entre 3/8" y 1/2".

– **Tamaño Máximo Nominal.**

De acuerdo con la norma **NTP 400.011:2020** el tamaño máximo nominal es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que genera el primer retenido.

El tamaño máximo nominal de agregado 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 refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de pre esfuerzo.

– **Resistencia a la Abrasión**

Se define como la oposición que ejercen los agregados ante las fuerzas de impacto, desgaste por abrasión y frotamiento, a las que se someten. Se mide de manera inversa al incremento de material fino, y cuando la pérdida de peso se expresa en porcentaje de la muestra original, se le denomina porcentaje de desgaste. **NTP 400.019:2020.**

Esta propiedad es exclusiva de los agregados gruesos y en la actualidad existen diversos métodos para medir tales efectos de abrasión, pero el más usado por su rapidez, sencillez práctica y porque se puede aplicar a cualquier tipo de agregado grueso, es la prueba de los ángeles.

**2.2.1.7.3. El agua en el Concreto.**

Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto. Sin embargo, algunas aguas no potables también pueden ser adecuadas para la producción de concreto.

El agua deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la norma **NTP 339.088**. Será lo suficientemente limpia y libre de álcalis y todo lo que pueda ser dañino para el concreto y el acero.

El agua de mezcla tiene tres funciones importantes dentro del concreto, las cuales son:

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

#### 2.2.1.7.4. Aditivos Químicos

Los aditivos son productos que, incorporados antes o durante el mezclado, en pequeñas proporciones (no mayores al 5% del peso del cemento), son capaces de modificar las propiedades físicas y mecánicas del concreto en su estado fresco y endurecido. (EHE-08).

De acuerdo con la norma ASTM C 494, los aditivos se clasifican en:

**TIPO A:** Reductores de agua.

**TIPO B:** Retardadores de fragua.

**TIPO C:** Acelerantes.

**TIPO D:** Reductores de agua - retardadores de fragua.

**TIPO E:** Reductores de agua - acelerantes.

**TIPO F:** Súper reductores de agua.

**TIPO G:** Súper reductores de agua - acelerantes.



Aditivos para concreto; fuente: aditivospesa.com

fuente: Aquila. Aplicaciones Químicas

En la presente investigación, considerando las condiciones climáticas (altas temperaturas), se usará un aditivo superplastificante que pertenece al **TIPO F** de la norma **ASTM C 494**. Y es el que se describe a continuación.

##### 2.2.1.7.4.1. Sika® ViscoCrete® SC-50

Es un aditivo superplastificante de alto desempeño y retardador de trabajabilidad para concreto.

Entre sus características o ventajas que brinda al concreto podemos citar:

- Es un reductor de agua de alto rango por lo que no es necesario utilizar fluidificantes adicionales.
- El uso de Sika®ViscoCrete® SC-50 permite la producción de concretos y morteros de alto desempeño.
- Efectividad en concretos y morteros con un amplio rango de relaciones agua/cemento (a/c) y temperaturas.
- Provee concretos y morteros de mayor estabilidad y tiempo de trabajabilidad que aquellos elaborados con dispersantes y reductores de agua convencionales.
- Compatibilidad con otros aditivos Sika.
- Retiene la trabajabilidad por más tiempo manteniendo el desarrollo de las resistencias iniciales.
- Se puede aplicar a cementos de alta reactividad, los cuales pueden conducir a una elevada rigidez inicial.

#### **2.2.1.8. Método de Diseño de Mezclas de Concreto de Alta Resistencia**

(Giraldo Bolívar, 2006) La ingeniería ha conjugado la investigación, la experiencia y el empirismo con el objetivo de encontrar métodos que permitan especificar las cantidades de cada material que garanticen, suponiendo un correcto mezclado y curado, un concreto con las características deseables. Éstos métodos no son ni exactos ni únicos, se han adaptado y asociado a cada tipo de concreto. Y se basan en un procedimiento que evoluciona mediante ciclos de ensayo y error. Algunos de estos métodos son: Weymouth, Füller – Thompson, Bolomey, Faury, Joisel, ACI-211.1, Módulo de Finura de la Combinación de Agregados, Walker.

En la presente investigación se usó como base el método propuesto por el ACI-211.4 y se intentó diseñar (inicialmente), por el método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados.

Como resultado del diseño con el método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados se obtuvo un concreto sobregravoso, el que no presentó ningún asentamiento, por lo que se tomó en cuenta lo indicado por la Asociación Colombiana de Concreto (ASOCRETO) y la Road Note Laboratory (RNL).

En lo que varían estos tres métodos es en el proporcionamiento de los agregados, siendo el más adecuado (teóricamente), el obtenido en el segundo método, sin embargo, en la presente investigación se obtuvieron mejores resultados con el método de la ASOCRETO.

### 2.2.1.8.1. Pasos en el Diseño de la Mezcla

#### i. Selección del Asentamiento (Slump)

Los valores de slump recomendados por el ACI 211.4R se muestran en la tabla 03. Aunque concreto de alta resistencia se ha producido con éxito sin haber medido el slump inicialmente, es recomendable un slump de 1" a 2", antes de agregar el aditivo superplastificante. Esto asegurará una cantidad adecuada de agua de mezcla y que el superplastificante sea más efectivo.

**Tabla N° 03.- Slump recomendado para concretos de alta resistencia con y sin superplastificante.**

Concreto con Superplastificante	
Slump Antes de agregar el superplastificante	1" a 2"
Concreto sin Superplastificante	
Slump	2" a 4"

Fuente: ACI 211.4R-08

Si las especificaciones técnicas del proyecto a realizar indican que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento podrá ser tomado de la tabla N° 04.

**Tabla N° 04.- Consistencias y Asentamientos.**

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" – 2"
Plástica	3" – 4"
Fluida	≥ 5"

Fuente: ACI 318-19.

#### ii. Selección de la Resistencia Promedio ( $f'_{cr}$ )

(capítulo 2 y 3 del ACI 211.4). Para la elección de la resistencia promedio se tiene que ver si existe un registro de resistencias de probetas correspondientes a investigaciones y/o proyectos anteriores, en caso de no existir antecedentes, la resistencia promedio del concreto a los 28 días se calcula de la siguiente manera:

$$f'_{cr} = \left( \frac{f'_c + 98}{0.90} \right) \dots \dots \dots \text{Ec. 01}$$

Donde:

$f'_c$ : Resistencia a la compresión (indicada en las especificaciones del proyecto)

$f'_{cr}$ : Resistencia a la compresión promedio requerida.

Según lo establece el método ACI, esta ecuación se usa para concretos con valores de  $f'c \geq 350 \text{ kg/cm}^2$ , así mismo, hace referencia a un factor de seguridad de 0.9, cuya función es aumentar la confiabilidad y seguridad para lograr la resistencia requerida. Como siempre va a existir dispersión en los resultados, aun teniéndose un control exhaustivo tipo laboratorio, se debe considerar en la dosificación de una mezcla las diferentes dispersiones generadas por el nivel de control que se tenga en obra, entonces, se recomienda realizar el diseño para valores más altos del  $f'c$  especificado. Bajo este contexto, podemos considerar la resistencia promedio con la que debemos diseñar una mezcla, teniendo en cuenta la siguiente tabla:

*Tabla N° 05.- Resistencia Promedio.*

CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN EN OBRA	RELACIÓN APROXIMADA $F'_{cr} / f'c$
Excelentes	1.15
Intermedias	1.20 a 1.25
Corrientes	1.35 a 1.60

*Fuente: Lezama Leiva 1996.*

### iii. Selección del Tamaño Máximo Nominal (TMN) del Agregado Grueso

Como se explicó antes (ítem: 2.2.1.7.2.1), de acuerdo con la norma **NTP 400.011** el tamaño máximo nominal es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que genera el primer retenido.

Éste valor se obtiene directamente de los resultados del análisis granulométrico del agregado grueso elegido.

Así mismo el ACI 211.4R, sugiere los siguientes tamaños máximos de acuerdo a la resistencia del concreto.

*Tabla N° 06.- Tamaño máximo del agregado sugerido.*

Resistencia del concreto requerida ( $\text{kg/cm}^2$ )	Tamaño Máximo del Agregado
$<630$	3/4" – 1"
$>630$	3/8" – 1/2"

*Fuente: ACI 211.4R-08*



#### iv. Selección del Volumen Unitario de Agua

La tabla N° 07, elaborada en base a las recomendaciones del comité 211 del ACI, proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado.

*Tabla N° 07.- Requerimientos aproximados de agua de mezclado para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregado.*

Asentamiento	Agua, en lts/m <sup>3</sup> , para los TMN de agregado grueso y consistencia indicados.							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos sin aire incorporado.								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
Concretos con aire incorporado.								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

*Fuente: ACI 211.4R-08.*

Los valores de esta tabla se emplearán en la determinación del factor cemento en mezclas de prueba preliminares. Son valores máximos y corresponden a agregados gruesos de perfil angular y granulometrías comprendidas dentro de los límites de la norma ASTM C33.

#### v. Selección del Contenido de Aire

En el concreto existen dos tipos de aire, el aire natural o atrapado que viene a ser las burbujas de aire que se producen por la acción misma del proceso de puesta en obra del concreto, y el aire incorporado que es el que se le añade intencionalmente al concreto para contrarrestar algún tipo de ataque o exposición perjudicial del mismo, cuyos valores aproximados se muestran en las tablas N° 08 y N° 09 respectivamente.

#### vi. Selección de la Relación Agua/Cemento (a/c)

Para la determinación de la relación a/c, existen dos criterios (por resistencia, y por durabilidad), eligiéndose de ellos el menor valor obtenido, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones. Es importante que la relación

a/c seleccionada con base en la resistencia satisfaga también los requisitos de durabilidad.

*a) Determinación de la Relación (a/c) Por Resistencia*

Para concretos elaborados con cemento Portland Tipo I o cementos comunes, se puede adoptar valores de la relación a/c de los mostrados en la **Tabla N°10**.

**Tabla N° 08.-** Contenido aproximado de aire atrapado en % para diferentes tamaños máximo nominal de agregados.

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

Fuente: ACI 318-19

**Tabla N° 09.-** Contenido aproximado de aire incorporado y total en % para diferentes tamaños máximo nominal de agregados y grados de exposición.

Tamaño Máximo Nominal	Contenido de Aire Total %		
	Exposición Suave	Exposición Moderada	Exposición Severa
	3/8"	4.5	6.0
1/2"	4.0	5.5	7.0
3/4"	3.5	5.0	6.0
1"	3.0	4.5	6.0
1 1/2"	2.5	4.5	5.5
2"	2.0	4.0	5.0
3"	1.5	3.5	4.5
6"	1.0	3.0	4.0

Fuente: ACI 318-19

\*Todos los valores de la presente tabla corresponden al contenido de aire total de la mezcla de concreto.

\*El contenido de aire incorporado se determina restando del valor de esta tabla, el aire atrapado dado en la **tabla N° 08**.

*Tabla N° 10.- Relación a/c por resistencia.*

$f'_{cr}$ (28 días)	Relación a/c de Diseño en Peso.	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.34
450	0.38	0.31

*Fuente: ACI 211-00*

Como podemos ver en la tabla **N°10**, el máximo valor proporcionado de  $f'_{cr}$ , es 450 kg/cm<sup>2</sup> y si tenemos valores superiores a éste, tendríamos que extrapolar. Pero el Comité 211.04 del ACI nos brinda dos tablas con valores superiores y para concretos preparados con y sin aditivo, las cuales se presentan a continuación:

*Tabla N° 11.- Relación Máxima Recomendada de a/c para concretos hechos sin aditivo.*

$f'_{cr} = f'_c + 1400$ (Psi)		a/c			
		Agregado Grueso de Tamaño Máximo			
		3/8"	1/2"	3/4"	1"
7000	28 días	0.42	0.41	0.40	0.39
	56 días	0.46	0.45	0.44	0.43
8000	28 días	0.35	0.34	0.33	0.33
	56 días	0.38	0.37	0.36	0.35
9000	28 días	0.30	0.29	0.29	0.28
	56 días	0.33	0.32	0.31	0.30
10000	28 días	0.26	0.26	0.25	0.25
	56 días	0.29	0.28	0.27	0.26

*Fuente: ACI 211.4R-08*

**Tabla N° 12.- Relación Máxima Recomendada de a/c para concretos hechos con aditivo.**

f <sup>cr</sup> = f <sup>c</sup> + 1400 (Psi)		a/c			
		Agregado Grueso de Tamaño Máximo			
		3/8"	1/2"	3/4"	1"
7000	28 días	0.50	0.48	0.25	0.43
	56 días	0.55	0.52	0.48	0.46
8000	28 días	0.44	0.42	0.40	0.38
	56 días	0.48	0.45	0.42	0.40
9000	28 días	0.38	0.36	0.35	0.34
	56 días	0.42	0.39	0.37	0.36
10000	28 días	0.33	0.32	0.31	0.30
	56 días	0.37	0.35	0.33	0.32
11000	28 días	0.30	0.29	0.27	0.27
	56 días	0.33	0.31	0.29	0.29
12000	28 días	0.27	0.26	0.25	0.25
	56 días	0.30	0.28	0.27	0.26

Fuente: ACI 211.4R-08

*b) Determinación de la Relación (a/c) Por Durabilidad*

De acuerdo con la Norma Técnica de Edificaciones E.060 describe que, si el concreto a utilizar requiere de una baja permeabilidad, estará sometido a procesos de congelación y/o deshielo en condición húmeda, expuesto a los ataques de sulfatos, cloruros, etc. Se deberá cumplir con los requisitos indicados en la **Tabla N°13**.

❖ **Selección final y ajuste de la relación a/c:**

Una vez que haya sido seleccionada la relación a/c, ésta deberá corregirse a la relación a/c efectiva, considerando las condiciones de humedad de los agregados en obra. Si se emplean aditivos en solución, el agua de dicha solución deberá ser considerada en el agua de mezcla con la finalidad de no alterar la relación a/c de diseño especificada. Así mismo, la relación a/c seleccionada deberá ser cuidadosamente controlada en obra, dentro de un límite de  $\pm 0.02$ . (Rivva López, 2002)

**Tabla N° 13.-** Máxima relación a/c permisible para concretos sometidos a condiciones especiales de exposición.

Condiciones de Exposición	Relación a/c Máxima en Concretos de Peso Normal	f'c Mínimo (kg/cm2) de Concretos de Peso Normal
Concreto de baja permeabilidad: a) Expuesto a agua dulce b) Expuesto a agua de mar o salobre c) Expuesto a la acción de aguas cloacales	0.50 0.45 0.45	260
Concreto expuesto a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda a) Secciones delgadas b) Otros elementos	0.45 0.50	300
Concretos expuestos a la acción de agua de mar, aguas salobres, o salpicaduras de estas aguas.	0.40	325

Fuente: Adaptación de las tablas 4.2 y 4.4 de la NT E.060-2020

#### vii. Cálculo del Contenido de Cemento

Una vez que han sido determinadas o estimadas la cantidad de agua de mezclado y la relación a/c, la cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto se determina dividiendo la cantidad de agua de mezcla (paso iv) entre la relación a/c (paso vi). sin embargo, es posible que las especificaciones del proyecto establezcan, una cantidad mínima de cemento, orientada a asegurar un mejor acabado, una determinada calidad de la superficie o trabajabilidad.

$$\text{Contenido de Cemento (kg)} = \frac{\text{Contenido de agua de mezclado (lt)}}{\text{Relación a/c(para } f'_{cr})} \dots \dots \text{Ec. 02}$$

$$\text{Volumen de Cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de cemento (kg)}}{\text{Peso específico del cemento (kg/m}^3\text{)}} \dots \dots \text{Ec. 03}$$

Cabe precisar que, al emplearse aditivos químicos, puzolanas o ambos, variará la cantidad de cemento, ya que estos aditivos sustituyen al cemento en cierto porcentaje, por lo que al

final deberá ser restado el valor de dicha sustitución.

#### viii. Selección del Contenido de Agregado Grueso y Fino

La elección de la proporción de agregado grueso y fino por unidad cúbica de concreto tiene por finalidad obtener una mezcla en la que, con la mínima cantidad de pasta, se logren obtener las propiedades deseadas del concreto. (Rivva López, 1992).

En el método de diseño del comité 211 del ACI, se calcula el volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto mediante la **Tabla N°14**, luego por el método de volúmenes absolutos se determina el volumen del agregado fino.

*Tabla N° 14.- Volumen recomendado de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.*

Contenido óptimo de agregado grueso para tamaños nominal máximos de áridos, para ser utilizados con arena con módulo de finura de 2.5 a 3.2				
Tamaño máximo nominal	3/8"	1/2"	3/4"	1"
Volumen fraccional* de sobrecarga de agregado grueso	0.65	0.68	0.72	0.75

\* Los volúmenes se basan en agregados en condiciones de seco al horno y varillado, como lo describe la ASTM C 29 para el peso unitario de los agregados.

*Fuente: ACI 211.4R, pag.6*

En el método del módulo de fineza de la combinación de agregados en cambio, los porcentajes de agregado grueso y fino se pueden obtener tomando los valores proporcionados más adelante en la **Tabla N°15**. Y luego siguiendo el procedimiento para determinar el módulo de fineza de la combinación de agregados.

(Abanto Castillo, 2017). Al realizar la combinación de materiales de diferentes dimensiones como grava y arena, el procedimiento para determinar el módulo de fineza de la combinación de agregados es el siguiente:

- Se calcula el módulo de fineza por separado de cada uno de los agregados.
- Se calcula el factor en que cada uno de ellos entra en la combinación.
- El módulo de fineza de la combinación será igual a la suma de los productos de los factores indicados por el módulo de fineza de cada agregado.

Es decir, si llamamos módulo de fineza de la combinación de agregados a **mc**,

módulo de fineza del agregado fino a  $m_f$ , y módulo de fineza del agregado grueso a  $m_g$ , entonces se tiene que:

$$m_c = \frac{Vol. Abs. A. fino}{Vol. Ab. Agregados} * m_f + \frac{Vol. Abs. A. grueso}{Vol. Ab. Agregados} * m_g \dots \dots \dots Ec. 04$$

Haciendo:  $r_f = \frac{Vol. Abs. A. fino}{Vol. Ab. Agregados} \dots \dots \dots Ec. 05$

$$r_g = \frac{Vol. Abs. A. grueso}{Vol. Ab. Agregados} \dots \dots \dots Ec. 06$$

Entonces:  $m_c = r_f * m_f + r_g * m_g$  ..... Ec. 07

Se sabe que:

$$Vol. Ab. A. fino = \frac{Peso seco del A. fino}{Peso específico de masa del A. fino} \dots \dots \dots Ec. 08$$

$$Vol. Ab. A. grueso = \frac{Peso seco del A. grueso}{Peso específico de masa del A. grueso} \dots \dots \dots Ec. 09$$

Además, los porcentajes individuales de agregado fino y grueso sumados hacen un total; esto es:

$$r_f + r_g = 1 \dots \dots \dots Ec. 10$$

Como se puede conocer  $m_f$ ,  $m_g$ ,  $m_c$ , entonces relacionando las ecuaciones 07 y 10, podemos determinar  $r_f$  en función de  $r_g$  o viceversa.

$$r_f = \frac{m_c - m_g}{m_f - m_g} \dots \dots \dots Ec. 11$$

$$r_g = \frac{m_c - m_f}{m_g - m_f} \dots \dots \dots Ec. 12$$

*Tabla N° 15.- Módulo de fineza de la combinación de agregados.*

Tamaño máximo del agregado grueso	Módulo de fineza de la Combinación de Agregados ( $m_c$ ) que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/m <sup>3</sup> de concreto indicados.									
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3/8"	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19	4.26	4.34	4.41	4.49	4.56
1/2"	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69	4.76	4.84	4.91	4.99	5.06
3/4"	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19	5.26	5.34	5.41	5.49	5.56
1"	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49	5.56	5.64	5.71	5.79	5.86
1 1/2"	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79	5.86	5.94	6.01	6.09	6.16
2"	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09	6.16	6.24	6.31	6.39	6.46
3"	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39	6.46	6.54	6.61	6.69	6.76

Los valores de esta tabla están referidos a agregados gruesos de perfil angular y adecuadamente graduados, con un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores indicados deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

*Fuente: Rivva López. 2002.*

Cabe resaltar que los valores de la tabla N°15 corresponden a concretos sin aire incorporado y pueden producir buenas mezclas cuando se emplean los métodos de colocación y compactación usuales.

**Nota:** los agregados utilizados en la presente investigación no cumplen al 100% las especificaciones granulométricas de la norma NTP 400.037, la ASOCRETO (Asociación Colombiana del Concreto) recomienda que para estos casos se debe tomar en cuenta los límites granulométricos mostrados en la **Tabla N°16**. Y mediante el método de la Road Note Laboratory (RNL) se puede optimizar gráficamente, la granulometría de los agregados en su conjunto. Determinando cual es la mejor combinación de arena y grava para lograr un concreto de buenas propiedades de manejabilidad y resistencia para una cantidad de cemento dado.



**Tabla N° 16.- Rango granulométrico recomendado para la optimización de la granulometría de los agregados.**

TAMIZ		LIMITES DE LOS PORCENTAJES QUE PASAN LOS SIGUIENTES TAMAÑOS MÁXIMOS																	
Pulgadas	mm	90.6 mm (3 1/2")	76.1 mm (3")	64.0 mm (2 1/2")	50.8 mm (2")	38.1 mm (1 1/2")	25.4 mm (1")	19.0 mm (3/4")	12.7 mm (1/2")	9.51 mm (3/8")									
3 1/2	90.6	100																	
3	76.1	94	91	100															
2 1/2	64.0	89	83	94	91	100													
2	50.8	82	73	87	80	92	88	100											
1 1/2	38.1	74	62	78	68	83	75	90	85	100									
1	25.4	64	50	68	55	72	60	78	68	87	80	100							
3/4	19.0	58	42	62	47	65	51	71	58	78	68	90	85	100					
1/2	12.7	50	34	53	37	57	41	62	47	68	55	78	68	87	80	100			
3/8	9.5	45	29	48	32	51	35	56	40	62	47	71	58	78	68	90	85	100	
N° 4	4.8	36	20	38	22	40	24	44	27	48	32	56	40	62	47	71	58	78	68
N° 8	2.4	28	13	30	15	32	16	34	18	38	22	44	27	48	32	55	40	61	46
N° 16	1.2	22	9	23	10	25	11	27	13	30	15	34	18	38	22	44	27	48	32
N° 30	600 µm	17	6	18	7	20	8	21	9	23	10	27	13	30	15	34	19	38	22
N° 50	300 µm	14	4	14	4	15	5	17	8	18	7	21	9	23	10	27	13	30	15
N° 100	150 µm	11	3	11	3	12	4	13	4	14	5	17	6	17	7	21	9	23	10

Fuente: ASOCRETO, (Tecnología y Propiedades – Colección Básica del Concreto).

#### ix. Corrección por contenido de humedad de los agregados.

Dado que los valores estimados y calculados en los pasos anteriormente descritos, fueron realizados bajo la condición de que los agregados están en un estado de humedad ideal, entendiéndose de manera implícita que no aportan ni restan agua a la mezcla, pero estas condiciones de humedad ideales de los agregados son sumamente difíciles de presentarse en obra. En ese sentido, es necesario corregir el agua de mezclado de acuerdo a las condiciones de humedad de los agregados, ya que, de acuerdo a ella, pueden aportar o demandar más agua a la mezcla, afectando así la relación a/c.

Por lo tanto, si:

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

- Pesos de agregados húmedos:

$$\text{Peso A. grueso húmedo (kg)} = (\text{Peso A. grueso seco}) * \left(1 + \frac{\%W_g}{100}\right) \dots \text{Ec. 13}$$

$$\text{Peso A. fino húmedo (kg)} = (\text{Peso A. fino seco}) * \left(1 + \frac{\%W_f}{100}\right) \dots \dots \text{Ec. 14}$$

- *Agua efectiva:*

$$\text{Agua en A. grueso (kg)} = (\text{Peso A. grueso seco}) * \left( \frac{\%W_g - \%a_g}{100} \right) = X \dots \dots \text{Ec. 15}$$

$$\text{Agua en A. fino (kg)} = (\text{Peso A. fino seco}) * \left( \frac{\%W_f - \%a_f}{100} \right) = Y \dots \dots \dots \text{Ec. 16}$$

$$\text{Agua Efectiva(Lts)} = \text{Agua de diseño} - (X + Y) \dots \dots \dots \text{Ec. 17}$$

**x. Ajuste de las mezclas o coladas de prueba (Abanto Castillo 2017)**

Las proporciones de una mezcla, calculadas siguiendo estas recomendaciones deben corroborarse, para ello se preparan mezclas de prueba con los materiales que serán utilizados en obra, de acuerdo con la norma ASTM C192. O elaborando tandas reales preparadas en obra.

En estos ensayos tienen que verificarse las condiciones de adecuada trabajabilidad, la no presencia de segregación y un buen acabado, debiendo ajustar las proporciones, si es necesario, de la siguiente manera:

- a. La cantidad de agua necesaria para conseguir el mismo asentamiento obtenido en la mezcla de prueba, deberá ser igual a la cantidad neta de agua empleada, dividida por el rendimiento de la mezcla de prueba en m<sup>3</sup>.  
Si el slump de la mezcla de prueba resulta incorrecto, tiene que disminuirse o incrementarse la cantidad de agua estimada en 2 lt/m<sup>3</sup> de concreto por cada disminución o incremento de 1 cm en el asentamiento obtenido.
- b. Deberán calcularse nuevos pesos de mezcla, comenzando con el paso **iv**, si es necesario se modificará el volumen del agregado grueso para obtener una trabajabilidad apropiada.

## **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

### **1) Concreto de Alta Resistencia**

Es un tipo de concreto de alto desempeño, que comúnmente tiene una resistencia a la compresión especificada mayor a  $400 \text{ kg/cm}^2$ . La resistencia a la compresión se mide en cilindros de prueba de 6"x12" (150x300 mm) o de 4"x8" (100x200 mm), a la edad de 28 días por lo general, o alguna otra edad especificada dependiendo de su aplicación. (National Ready Mixed Concrete Association, 2017)

### **2) Resistencia a la Compresión del Concreto**

Es la propiedad mecánica principal del concreto. Definida como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y es expresada en términos de esfuerzo, usualmente en  $\text{kg/cm}^2$ , MPa y con menor frecuencia  $\text{lb/in}^2$  (psi). (Cemex, abril 2019)

### **3) Superplastificantes**

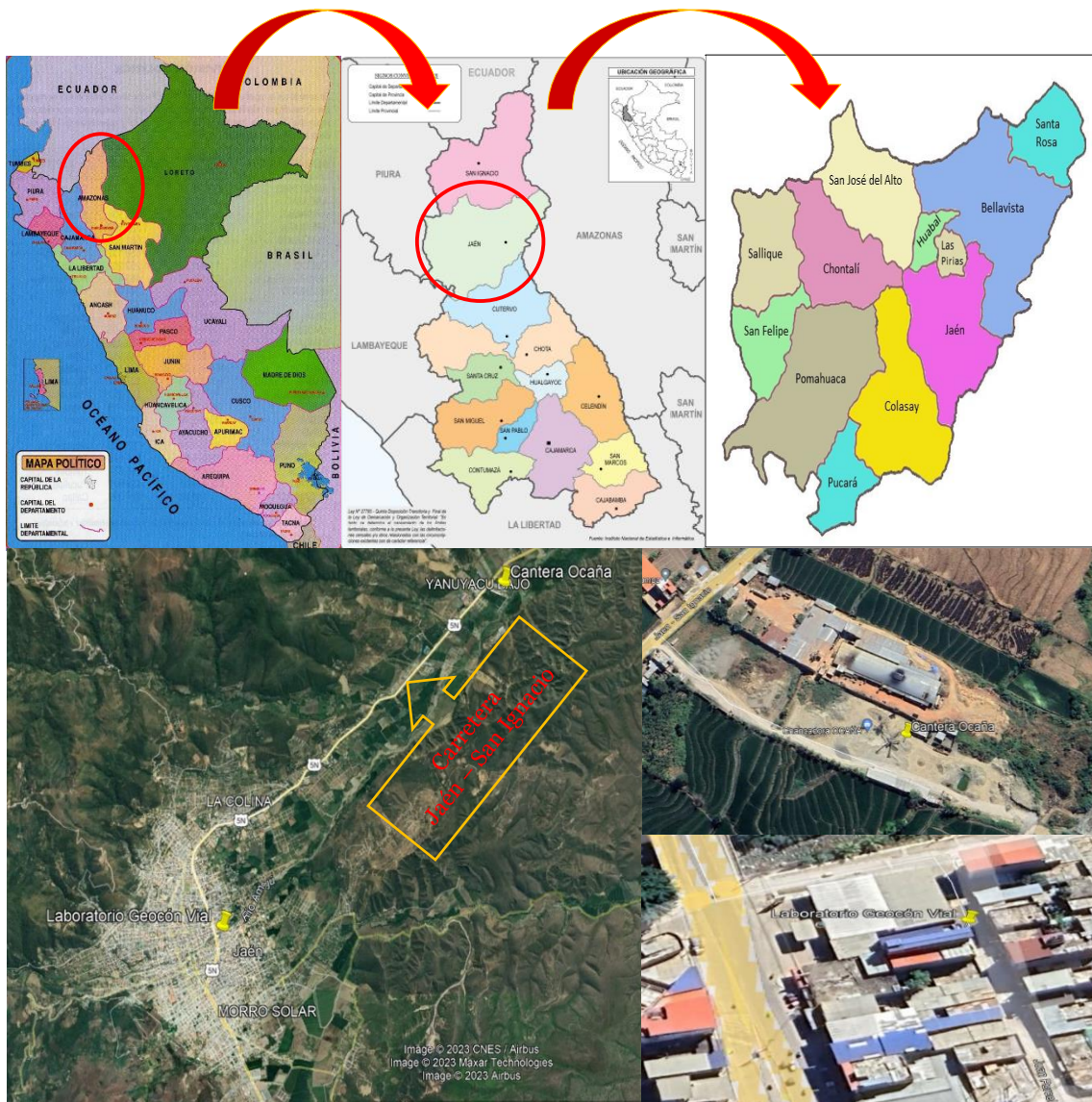
Son un tipo de aditivo químico de tercera generación para el concreto, la norma ASTM C494-92 los define como reductores de agua de alto rango, algunos de ellos permiten reducir el agua de mezclado en un 30%, dándole al concreto un mejor comportamiento en su estado fresco en cuanto a trabajabilidad, pero también mejoran significativamente la resistencia y la durabilidad del concreto en su disposición final. (Fernández Cánovas 2013).

# CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

## 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DONDE SE DESARROLLÓ LA INVESTIGACIÓN.

La presente investigación se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Mecánica de Suelos, Tecnología del Concreto y del Asfalto “Geocon Vial Ingenieros Consultores E.I.R.L.” de la ciudad de Jaén, el cual se encuentra ubicado en la calle Capitán Juan Porcel N°106, de la Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca. Los agregados utilizados se obtuvieron de la cantera “Ocaña”, ubicada al noroeste de la ciudad de Jaén, en el sector Yanuyacu Bajo, en las riberas del río Amojú.

Figura N°01: Ubicación del Laboratorio Geocon Vial y la cantera Ocaña.



Fuente: Elaboración propia. 2023.

*Tabla N° 17.- Coordenadas UTM, Laboratorio “Geocon Vial” y Cantera “Ocaña”.*

COORDENADAS UTM – WGS 84			
	Elevación	Norte	Este
Laboratorio	713 m.s.n.m.	9368659.14	743361.09
Cantera	573 m.s.n.m.	9373602.40	747899.76

## **3.2. UBICACIÓN TEMPORAL DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el lapso comprendido entre los meses de Febrero – Julio del 2023

## **3.3. RECURSOS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN**

### **3.3.1. Recursos Humanos:**

- Tesista: Bach. Ing. Ignacio Dávalos Huatangari
- Asesor: Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares

### **3.3.2. Recursos Materiales:**

- Cemento Portland Tipo I
- Agregados, fino y grueso (de la cantera Ocaña, de la ciudad de Jaén)
- Agua potable (del suministro público)
- Aditivo superplastificante Sika Viscocrete SC50

### **3.3.3. Equipos Empleados:**

- Máquina de Los Ángeles, para determinar la resistencia al desgaste del agregado grueso.
- Máquina de ensayo uniaxial, para determinar la resistencia a compresión del concreto.
- Mezcladora de concreto eléctrica, tipo trompo
- Cono de Abrams, para medir el asentamiento de la mezcla de concreto.
- Juego de Tamices, para el análisis granulométrico de los agregados.
- Balanzas, con precisión a 0.1 gr y 1 gr, para medir los pesos de los materiales y demás componentes que se utilizaron en los ensayos.
- Varilla compactadora, recta de acero liso de Ø 5/8” y 60 cm de longitud, con punta semiesférica, para los ensayos de peso unitario compactado, peso

unitario del concreto fresco, consistencia, contenido de aire atrapado y elaboración de los testigos de prueba.

- Recipiente de medida para peso unitario.
- Medidor de aire (olla Washington), para determinar el contenido de aire atrapado del concreto.
- Estufa, para secar las muestras de agregado a temperaturas controladas.
- Canastilla metálica, para la determinación del peso específico del agregado grueso.
- Molde cónico y pisón metálico para la determinación del estado saturado superficialmente seco del agregado fino.
- Picnómetro de 500 ml, para la determinación del peso específico del agregado fino.
- Probetas de plástico de diferentes volúmenes
- Moldes cilíndricos de acero de 6"x12", para la elaboración de testigos para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto.
- Vernier para determinar las medidas necesarias de los especímenes de concreto.

#### **3.3.4. Herramientas:**

- Palana, carretilla, martillo de goma, contenedores o recipientes, alicate, espátulas, entre otros.
- Hardware de cómputo: una laptop core i5 7° gen.
- Software de cómputo: Microsoft office, adobe reader, etc.
- Material de escritorio: USB, impresora multifuncional, útiles de escritorio, etc.
- Material bibliográfico: tesis, libros y links de especialidad referentes al tema de investigación.
- Internet.

### **3.4. METODOLOGÍA A SEGUIR EN EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación empieza teniendo un carácter informativo, luego adquiere un carácter explicativo, para finalmente pasar a uno comparativo; debido a la naturaleza de sus variables, es una investigación de tipo experimental.

### 3.4.1. Población de estudio

La población son las probetas de concreto  $f'c=450 \text{ kg/cm}^2$  patrón y probetas de concreto  $f'c=450 \text{ kg/cm}^2$  agregando aditivo superplastificante en porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5 %.

### 3.4.2. Muestra

De acuerdo a lo especificado en la norma ACI 318-19, un ensayo de resistencia corresponde al promedio de las resistencias de al menos dos probetas de 6'' por 12'', o de al menos tres probetas de 4'' por 8'', ensayadas a los 28 días, o a la edad de ensayo establecida para la determinación de  $f'c$ . En esta investigación se obtendrá la resistencia a compresión promedio de 16 probetas de 150 mm (6'') de diámetro y 300 mm (12'') de altura por cada diseño de mezcla respectivo, ensayadas a las edades de 7, 14, 28 y 56 días. Cuatro testigos por edad respectivamente (el doble del mínimo).

*Tabla N° 18.- Codificación y distribución de especímenes para ensayar a compresión.*

Código de Especímenes	Edades (días)				Sub Total de Especímenes	Total de Especímenes
	7	14	28	56		
	N° de Especímenes por Edad					
CP	4	4	4	4	16	
CS0.5	4	4	4	4	16	
CS1.0	4	4	4	4	16	64
CS1.5	4	4	4	4	16	

Nota:

CP = Concreto Patrón.

CS0.5 = Concreto con Aditivo Superplastificante al 0.5%.

CS1.0 = Concreto con Aditivo Superplastificante al 1.0%.

CS1.5 = Concreto con Aditivo Superplastificante al 1.5%

### 3.4.3. Unidad de análisis

Probetas cilíndricas de 6'' de diámetro y 12'' de altura.

### 3.4.4. Definición de Variables

#### 3.4.4.1. Variables Independientes

- Porcentaje de aditivo superplastificante.
- Tipo de diseño de mezcla.

#### 3.4.4.2. Variable Dependiente

- Resistencia a la compresión del CAR  $f_c = 450 \text{ kg/cm}^2$ . Elaborado con materiales locales de la provincia de Jaén – Región Cajamarca.

#### 3.4.5. Método de Investigación

El método utilizado en la presente investigación es el método Experimental.

#### 3.4.6. Procedimiento a seguir

Para el logro de los objetivos trazados en esta investigación se siguió los siguientes pasos:

- a) Revisión bibliográfica exhaustiva.
- b) Adquisición de agregado fino y grueso (cantera Ocaña)
- c) Transporte de los agregados adquiridos en cantera hacia el laboratorio “Geocón Vial Ingenieros Consultores E.I.R.L” de la ciudad de Jaén.
- d) Toma de muestras representativas según normatividad de los agregados para determinar sus características físicas y mecánicas.
- e) Adquisición de cemento Tipo I y aditivo superplastificante.
- f) Elaboración de diseño de mezclas, siguiendo los pasos descritos en el acápite 2.2.1.8.1. del capítulo II, de esta investigación.
- g) Determinación del asentamiento o revenimiento, para ver si coincide con el diseño, en caso de no coincidir, hacer los reajustes necesarios.
- h) Elaboración de especímenes cilíndricos de concreto para sus respectivos ensayos de control.
- i) Curado de los especímenes de concreto elaborados.
- j) Ensayo de resistencia a compresión de los especímenes cilíndricos de concreto elaborados y curados, a las edades de 7, 14, 28 y 56 días, cuatro por edad respectivamente.
- k) Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.
- l) Conclusiones y recomendaciones.

Es preciso señalar que en el ítem f), se realizó cuatro (4) diseños de mezclas, codificándolos o denominándolos, de la siguiente manera:

**Concreto Patrón (CP)**, para este concreto, la mezcla no contiene ninguna adición diferente a los materiales de uso convencional (cemento, agregado fino y grueso, agua).



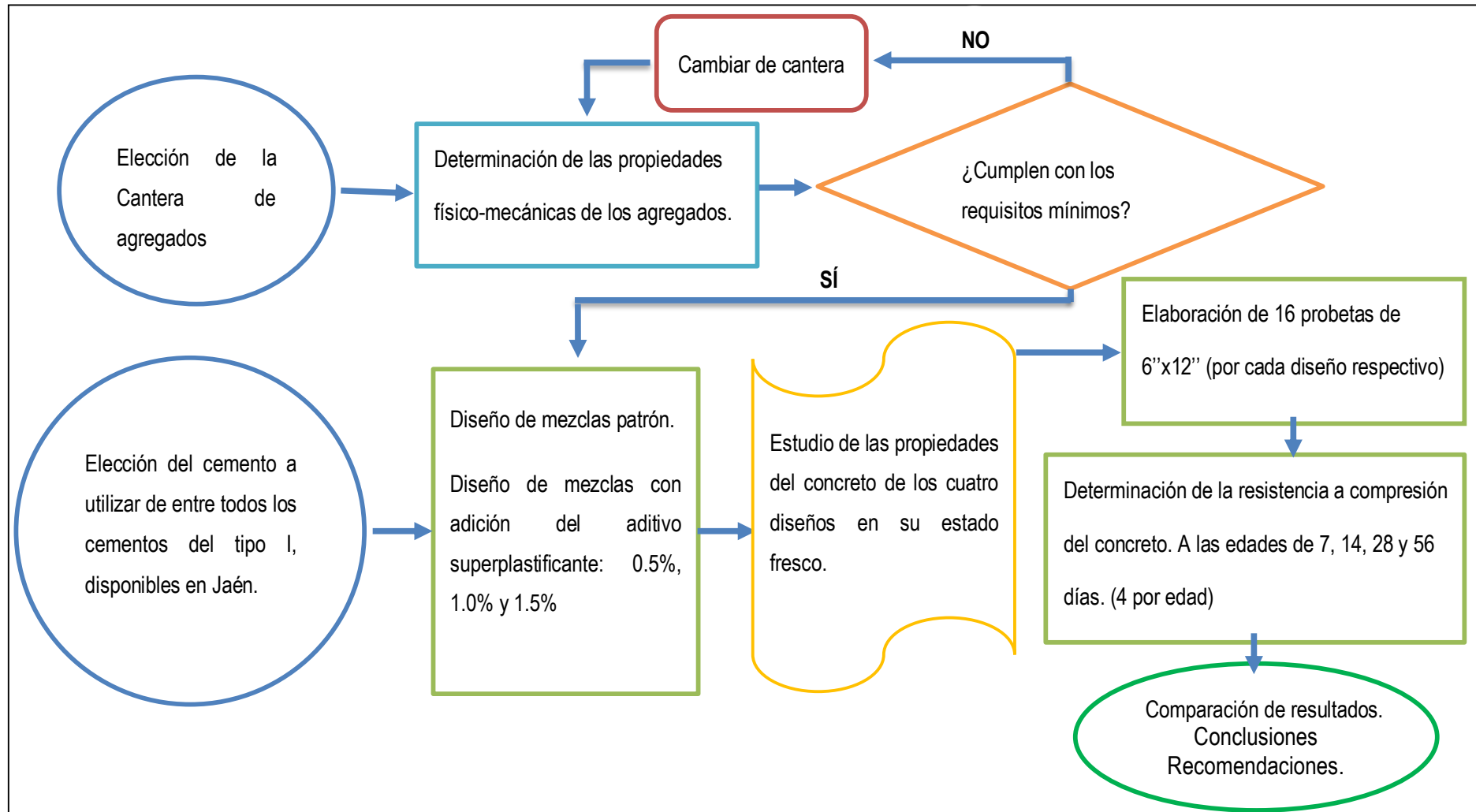
**Concreto con Superplastificante al 0.5% (CS0.5)**, para este concreto, la mezcla contiene aparte de los materiales convencionales, un aditivo superplastificante reductor de agua de alto rango Sika® viscoCrete® SC-50, en una concentración del 0.5% del peso del cemento.

**Concreto con Superplastificante al 1.0% (CS1.0)**, para este concreto, la mezcla contiene aparte de los materiales convencionales, un aditivo superplastificante reductor de agua de alto rango Sika® viscoCrete® SC-50, en una concentración del 1.0% del peso del cemento.

**Concreto con Superplastificante al 1.5% (CS1.5)**, para este concreto, la mezcla contiene aparte de los materiales convencionales, un aditivo superplastificante reductor de agua de alto rango Sika® viscoCrete® SC-50, en una concentración del 1.5% del peso del cemento.

**Nota:** Se eligió el aditivo Sika® viscoCrete® SC-50, por su capacidad de trabajar en condiciones climáticas extremas; en tres porcentajes diferentes, 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso del cemento respectivamente, esto tomando en cuenta la recomendación del fabricante, que había demostrado buenos resultados usando concentraciones mínimas de 0.5% y máximas de 1.5% del peso del cemento. Así obtuvimos los tres diseños descritos anteriormente.

Gráfico N° 01. Flujograma General del diseño de la investigación.



Fuente: Elaboración Propia

### **3.5. TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

El tratamiento que se utilizó en los datos es el de ensayos en el laboratorio para determinar las características y propiedades de los materiales como son: cemento, agregado fino y grueso, agua y aditivo superplastificante.

Las características de los agregados que se presentan son las siguientes: contenido de humedad, peso específico de masa, aparente y saturado superficialmente seco, porcentaje de absorción, peso unitario suelto y compactado, análisis granulométrico, porcentaje de material más fino que la malla N° 200, abrasión, resumen de las características de los agregados, y los requisitos que éstos deberían cumplir para la elaboración de concreto.

El tipo de análisis realizado para los datos es el estadístico inferencial, cuyos resultados se presentan en el capítulo IV, mediante tablas, gráficos y figuras respectivamente.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

#### 4.1.1. Propiedades Físicas del Agregado Fino

En la tabla N°19, se muestran en resumen las propiedades físicas del agregado fino de la cantera Ocaña de la provincia de Jaén. Cuyos valores están dentro de los estándares de las normas NTP y ASTM.

*Tabla N° 19.- Resumen de las propiedades físicas del agregado fino.*

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
PESO ESPECÍFICO APARENTE	gr/cm <sup>3</sup>	2.70
PESO ESPECÍFICO DE MASA	gr/cm <sup>3</sup>	2.57
PESO ESPECÍFICO SATURADO S.S.	gr/cm <sup>3</sup>	2.62
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m <sup>3</sup>	1663
PESO UNITARIO COMPACTADO	kg/m <sup>3</sup>	1808
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.12
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.96
MÓDULO DE FINEZA	-	2.83
PORCENTAJE QUE PASA MALLA N°200	%	6.08

- Como se puede observar en el cuadro, el módulo de finura es de **2.83**, la Norma Técnica recomienda valores entre 2.3 y 3.01, por tanto, cumple con el requisito para ser usada en CAR.
- El porcentaje de material más fino del tamiz N° 200 es **6.08%**, éste valor cumple con lo especificado que recomienda un máximo de **7%** para arenas procesadas, sin embargo, está muy cerca del límite, por lo que se recomendaría un lavado singular para mejores resultados.

#### 4.1.2. Propiedades Físicas y Mecánicas del Agregado Grueso

En la tabla N°20, se muestran en resumen las propiedades físicas del agregado grueso de la cantera Ocaña de la provincia de Jaén. Cuyos valores están dentro de los estándares de las normas NTP y ASTM.

*Tabla N° 20.- Resumen de las propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso.*

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
PESO ESPECÍFICO APARENTE	gr/cm <sup>3</sup>	2.72
PESO ESPECÍFICO DE MASA	gr/cm <sup>3</sup>	2.61
PESO ESPECÍFICO SATURADO S.S.	gr/cm <sup>3</sup>	2.65
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m <sup>3</sup>	1402
PESO UNITARIO COMPACTADO	kg/m <sup>3</sup>	1567
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.72
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.43
MÓDULO DE FINEZA	-	6.84
PORCENTAJE QUE PASA MALLA N°200	%	0.24
PERFIL	-	ANGULAR
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (TMN)	-	3/4"
ABRASIÓN	%	20.85

- Con respecto al valor de 20.85% de abrasión podemos decir que cumple con lo especificado de un máximo de 50% de desgaste.
- Con respecto al material que pasa el tamiz N° 200, el valor de 0.24%, se puede decir que cumple con lo especificado que establece un valor de 1% como máximo.

## **4.2. DISEÑO DE MEZCLAS**

En este caso, se realizó un diseño de mezcla según el criterio de resistencia, ya que estamos usando el cemento Tipo I, que es de uso general y no brinda mayor resistencia a la acción de agentes perjudiciales para el concreto.

### **4.2.1. Diseño de Mezcla del Concreto Patrón (CP)**

Las proporciones del diseño de mezclas patrón se muestran en la tabla N° 21.

### **4.2.2. Diseño de Mezcla del Concreto con Superplastificante al 0.5% (CS0.5)**

Las proporciones del diseño de mezclas con aditivo superplastificante al 0.5% se muestran en la tabla N° 22.

*Tabla N° 21.- Dosificación de la mezcla por m<sup>3</sup> del concreto patrón.*

MATERIALES POR METRO CÚBICO DE CONCRETO		
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
CEMENTO	Kg.	540
AGREGADO FINO	Kg.	753.28
AGREGADO GRUESO	Kg.	830.53
AGUA EFECTIVA	Lt.	234.32

*Tabla N° 22.- Dosificación de la mezcla por m<sup>3</sup> del concreto con superplastificante al 0.5%.*

MATERIALES POR METRO CÚBICO DE CONCRETO		
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
CEMENTO	Kg.	405.23
AGREGADO FINO	Kg.	843.54
AGREGADO GRUESO	Kg.	930.07
AGUA EFECTIVA	Lt.	176.32
SUPERPLASTIFICANTE	Lt.	1.842

#### **4.2.3. Diseño de Mezcla del Concreto con Superplastificante al 1.0% (CS1.0)**

Las proporciones del diseño de mezclas con aditivo superplastificante al 1.0% se muestran en la tabla N° 23.

*Tabla N° 23.- Dosificación de la mezcla por m<sup>3</sup> del concreto con superplastificante al 1.0%.*

MATERIALES POR METRO CÚBICO DE CONCRETO		
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
CEMENTO	Kg.	381.40
AGREGADO FINO	Kg.	855.19
AGREGADO GRUESO	Kg.	960.02
SUPERPLASTIFICANTE	Lt.	3.467
AGUA EFECTIVA	Lt.	166.22

#### 4.2.4. Diseño de Mezcla del Concreto con Superplastificante al 1.5% (CS1.5).

Las proporciones del diseño de mezclas con aditivo superplastificante al 1.5% se muestran en la tabla N° 24.

*Tabla N° 24.- Dosificación de la mezcla por m<sup>3</sup> del concreto con superplastificante al 1.5%.*

MATERIALES POR METRO CÚBICO DE CONCRETO		
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
CEMENTO	Kg.	367.09
AGREGADO FINO	Kg.	875.98
AGREGADO GRUESO	Kg.	965.81
SUPERPLASTIFICANTE	Lt.	5.01
AGUA EFECTIVA	Lt.	160.00

Las tablas N°21, N°22, N°23 y N°24, muestran las cantidades de los materiales a usar con sus respectivas unidades para elaborar un metro cúbico de concreto, correspondientes a los cuatro diseños de mezcla desarrollados. El cálculo y procedimiento de cada diseño de mezcla se encuentran en el ANEXO II.

#### 4.3. RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN.

Los ensayos de resistencia a compresión fueron aplicados a los especímenes cilíndricos de concreto que se elaboraron de cada diseño de mezcla desarrollado. Y ejecutados siguiendo los lineamientos de la norma técnica A.S.T.M C-39M, a las edades mencionadas anteriormente.

En las tablas N°25, N°26, N°27, N°28 se presentan los resultados individuales de todos los testigos ensayados de cada diseño de mezclas desarrollado, y en la tabla N°29 se presenta un resumen de los resultados de la resistencia promedio alcanzada por el concreto de cada diseño de mezclas y su respectivo porcentaje a la edad correspondiente.

**Tabla N° 25.- Resistencia a compresión del concreto patrón CP.**

PROBETA	Fecha de Fabricación	Fecha de Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACIÓN / CÓDIGO	Carga de Rotura kg	fc kg/cm2	Diámetro (cm)	Resistencia Máxima kg/cm2	Resistencia Promedio kg/cm2	Porcentaje de fc
1	14/04/23	21/04/23	7	C. P. 01	56296.48	450.00	15.35	304.34	307.07	67.63
2	14/04/23	21/04/23	7	C. P. 02	56399.47	450.00	15.22	309.86		68.86
3	14/04/23	21/04/23	7	C. P. 03	55782.54	450.00	15.20	307.55		68.34
4	14/04/23	21/04/23	7	C. P. 04	55010.62	450.00	15.12	306.51		68.11
5	14/04/23	28/04/23	14	C. P. 05	67483.79	450.00	15.05	379.35	386.54	84.30
6	14/04/23	28/04/23	14	C. P. 06	69936.20	450.00	15.12	389.76		86.61
7	14/04/23	28/04/23	14	C. P. 07	66982.09	450.00	15.15	371.70		82.60
8	14/04/23	28/04/23	14	C. P. 08	74043.62	450.00	15.25	405.38		90.08
9	14/04/23	12/05/23	28	C. P. 09	72955.58	450.00	15.25	399.55	407.51	88.79
10	14/04/23	12/05/23	28	C. P. 10	76014.73	450.00	15.12	423.63		94.14
11	14/04/23	12/05/23	28	C. P. 11	71968.50	450.00	15.11	401.48		89.22
12	14/04/23	12/05/23	28	C. P. 12	74040.56	450.00	15.25	405.36		90.08
13	14/04/23	09/06/23	56	C. P. 13	84849.55	450.00	15.09	474.23	469.44	105.38
14	14/04/23	09/06/23	56	C. P. 14	86253.70	450.00	15.24	472.84		105.08
15	14/04/23	09/06/23	56	C. P. 15	79990.60	450.00	15.02	451.45		100.32
16	14/04/23	09/06/23	56	C. P. 16	85936.57	450.00	15.11	479.25		106.50



**Tabla N° 26.- Resistencia a compresión del concreto con aditivo superplastificante al 0.5% (CS0.5).**

PROBETA	Fecha de Fabricación	Fecha de Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACIÓN / CÓDIGO	Carga de Rotura kg	fc kg/cm2	Diámetro (cm)	Resistencia Máxima kg/cm2	Resistencia Promedio kg/cm2	Porcentaje de fc
1	15/04/23	22/04/23	7	C. S. 0.5 01	87150.03	450.00	15.29	474.79		105.51
2	15/04/23	22/04/23	7	C. S. 0.5 02	83908.35	450.00	15.31	456.09		101.35
3	15/04/23	22/04/23	7	C. S. 0.5 03	84682.32	450.00	15.20	466.88	468.48	103.75
4	15/04/23	22/04/23	7	C. S. 0.5 04	85213.59	450.00	15.10	476.16		105.81
5	15/04/23	29/04/23	14	C. S. 0.5 05	92847.20	450.00	15.23	509.83		113.29
6	15/04/23	29/04/23	14	C. S. 0.5 06	89103.80	450.00	15.22	490.07		108.91
7	15/04/23	29/04/23	14	C. S. 0.5 07	89849.23	450.00	15.16	497.77	497.83	110.61
8	15/04/23	29/04/23	14	C. S. 0.5 08	90342.76	450.00	15.27	493.64		109.70
9	15/04/23	13/05/23	28	C. S. 0.5 09	99374.38	450.00	14.88	571.26		126.95
10	15/04/23	13/05/23	28	C. S. 0.5 10	103246.25	450.00	15.09	577.31		128.29
11	15/04/23	13/05/23	28	C. S. 0.5 11	103980.44	450.00	15.07	583.34	576.97	129.63
12	15/04/23	13/05/23	28	C. S. 0.5 12	101752.36	450.00	15.00	575.99		128.00
13	15/04/23	10/06/23	56	C. S. 0.5 13	108966.87	450.00	15.24	597.36		132.75
14	15/04/23	10/06/23	56	C. S. 0.5 14	107304.74	450.00	15.17	593.69		131.93
15	15/04/23	10/06/23	56	C. S. 0.5 15	105815.95	450.00	15.10	590.89	593.41	131.31
16	15/04/23	10/06/23	56	C. S. 0.5 16	103174.89	450.00	14.90	591.71		131.49

**Tabla N° 27.- Resistencia a compresión del concreto con aditivo superplastificante al 1.0% (CS1.0).**

PROBETA	Fecha de Fabricación	Fecha de Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACIÓN / CÓDIGO	Carga de Rotura kg	fc kg/cm2	Diámetro (cm)	Resistencia Máxima kg/cm2	Resistencia Promedio kg/cm2	Porcentaje de fc
1	11/05/23	18/05/23	7	C. S. 1.0 01	87690.73	450.00	15.11	489.03		108.67
2	11/05/23	18/05/23	7	C. S. 1.0 02	85788.96	450.00	15.06	481.77		107.06
3	11/05/23	18/05/23	7	C. S. 1.0 03	88670.87	450.00	15.12	493.62	487.74	109.69
4	11/05/23	18/05/23	7	C. S. 1.0 04	87071.46	450.00	15.10	486.54		108.12
5	11/05/23	25/05/23	14	C. S. 1.0 05	92815.32	450.00	15.23	509.65		113.26
6	11/05/23	25/05/23	14	C. S. 1.0 06	94431.26	450.00	15.22	519.38		115.42
7	11/05/23	25/05/23	14	C. S. 1.0 07	92832.86	450.00	15.16	514.30	513.61	114.29
8	11/05/23	25/05/23	14	C. S. 1.0 08	93421.39	450.00	15.26	511.13		113.58
9	11/05/23	08/06/23	28	C. S. 1.0 09	106176.81	450.00	15.01	600.04		133.34
10	11/05/23	08/06/23	28	C. S. 1.0 10	106020.36	450.00	15.10	592.03		131.56
11	11/05/23	08/06/23	28	C. S. 1.0 11	105706.32	450.00	15.05	594.01	595.88	132.00
12	11/05/23	08/06/23	28	C. S. 1.0 12	105713.97	450.00	15.01	597.42		132.76
13	11/05/23	06/07/23	56	C. S. 1.0 13	108234.16	450.00	15.02	611.05		135.79
14	11/05/23	06/07/23	56	C. S. 1.0 14	108736.23	450.00	15.13	605.19		134.49
15	11/05/23	06/07/23	56	C. S. 1.0 15	108493.47	450.00	15.04	610.48	608.93	135.66
16	11/05/23	06/07/23	56	C. S. 1.0 16	108298.66	450.00	15.05	608.98		135.33

**Tabla N° 28.- Resistencia a compresión del concreto con aditivo superplastificante al 1.5% (CS1.5).**

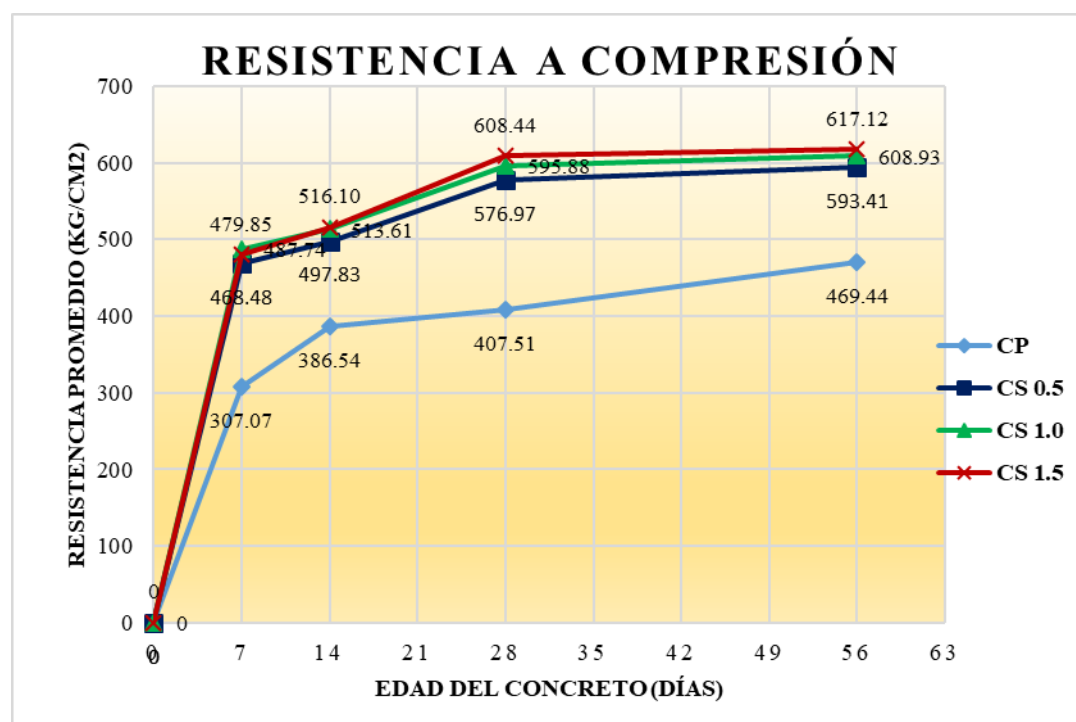
PROBETA N°	Fecha de	Fecha de	Edad	IDENTIFICACIÓN / CÓDIGO	Carga de	f <sub>c</sub>	Diámetro	Resistencia	Resistencia
					Rotura kg	kg/cm <sup>2</sup>	(cm)	Máxima kg/cm <sup>2</sup>	Promedio kg/cm <sup>2</sup>
1	12/05/23	19/05/23	7	C. S. 1.5 01	85871.63	450.00	15.13	477.62	
2	12/05/23	19/05/23	7	C. S. 1.5 02	86069.57	450.00	15.05	483.98	
3	12/05/23	19/05/23	7	C. S. 1.5 03	87478.99	450.00	15.20	482.30	479.85
4	12/05/23	19/05/23	7	C. S. 1.5 04	85097.31	450.00	15.10	475.51	
5	12/05/23	26/05/23	14	C. S. 1.5 05	93639.93	450.00	15.17	518.25	
6	12/05/23	26/05/23	14	C. S. 1.5 06	93626.17	450.00	15.21	515.63	
7	12/05/23	26/05/23	14	C. S. 1.5 07	93188.51	450.00	15.15	517.29	516.10
8	12/05/23	26/05/23	14	C. S. 1.5 08	93310.25	450.00	15.22	513.21	
9	12/05/23	09/06/23	28	C. S. 1.5 09	109498.26	450.00	15.13	609.43	
10	12/05/23	09/06/23	28	C. S. 1.5 10	109321.32	450.00	15.16	605.84	
11	12/05/23	09/06/23	28	C. S. 1.5 11	108917.28	450.00	15.07	611.04	608.44
12	12/05/23	09/06/23	28	C. S. 1.5 12	108419.67	450.00	15.08	607.44	
13	12/05/23	07/07/23	56	C. S. 1.5 13	110552.61	450.00	15.15	613.48	
14	12/05/23	07/07/23	56	C. S. 1.5 14	111642.39	450.00	15.14	620.34	
15	12/05/23	07/07/23	56	C. S. 1.5 15	110383.21	450.00	15.08	618.44	617.12
16	12/05/23	07/07/23	56	C. S. 1.5 16	110974.72	450.00	15.14	616.22	



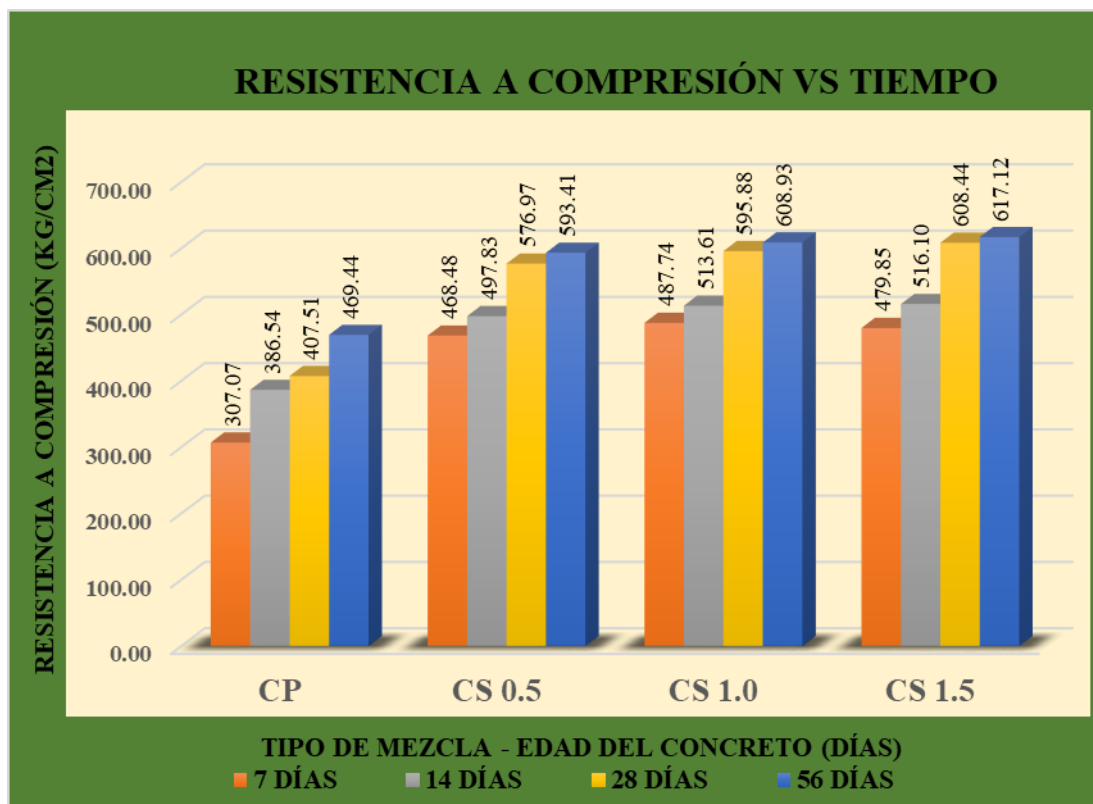
**Tabla N° 29.- Resistencia a compresión promedio de los diferentes diseños de mezclas y su respectivo porcentaje alcanzado a las edades de estudio correspondientes.**

<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO</b>					
TIPO DE MEZCLA	Resistencia/ porcentaje	EDAD EN DÍAS			
		7	14	28	56
CP: Sin Aditivo ni Adición Mineral	Resistencia Promedio	307.07	386.54	407.51	469.44
	Porcentaje (%)	68.24	85.90	90.56	104.32
CS0.5: Con 0.5% de Aditivo Superplastificante SikaViscoCrete® SC-50	Resistencia Promedio	468.48	497.83	576.97	593.41
	Porcentaje (%)	104.11	110.63	128.22	131.87
CS1.0: Con 1.0% de Aditivo Superplastificante SikaViscoCrete® SC-50	Resistencia Promedio	487.74	513.61	595.88	608.93
	Porcentaje (%)	108.39	114.14	132.42	135.32
CS1.5: Con 1.5% de Aditivo Superplastificante SikaViscoCrete® SC-50	Resistencia Promedio	479.85	516.10	608.44	617.12
	Porcentaje (%)	106.63	114.69	135.21	137.14

**Gráfico N° 02. Desarrollo de la Resistencia a Compresión con el Tiempo, de los Cuatro Diseños de Mezcla Estudiados.**



**Gráfico N° 03.** Resistencia Máxima a Compresión alcanzada por cada uno de los Cuatro Diseños de Mezcla Estudiados.



#### 4.4. PARÁMETROS ESTADÍSTICOS.

Se realizó el análisis estadístico para cada tipo de concreto por separado, específicamente para cada edad de rotura, siendo 4 la cantidad de muestras ensayadas en cada edad, ya que según el Comité ACI la cantidad mínima es 2; se calculó la desviación estándar y por último el coeficiente de variación de las 4 muestras en cada edad de ensayo. Los resultados del coeficiente de variación están limitados a obtener en el mejor de los casos un valor de 5%, y en el grado de aceptabilidad, un valor máximo de 10%, determinándose el grado de control de calidad con respecto a dicho coeficiente de variación. Los resultados obtenidos se presentan en los cuadros 01, 02, 03 y 04.

#### 4.4.1. Parámetros Estadísticos de la Resistencia a Compresión del Concreto de Alta Resistencia.

*Cuadro N°01: Estadísticos Descriptivos de la Resistencia a Compresión del Concreto de Alta Resistencia Denominado CP.*

CONCRETO PATRON (CP)				
EDAD (DÍAS)	MUESTRA	$X_i$	$X_i - X_{prom}$	$(X_i - X_{prom})^2$
7	1	304.34	-2.72	7.41
	2	309.86	2.80	7.81
	3	307.55	0.48	0.23
	4	306.51	-0.56	0.31
SUMATORIA	4	1228.26		15.76
14	5	379.35	-7.20	51.80
	6	389.76	3.21	10.33
	7	371.70	-14.85	220.49
	8	405.38	18.83	354.64
SUMATORIA	4	1546.18		637.27
28	9	399.55	-7.96	63.31
	10	423.63	16.13	260.11
	11	401.48	-6.02	36.28
	12	405.36	-2.15	4.61
SUMATORIA	4	1630.03		364.31
56	13	474.23	4.79	22.94
	14	472.84	3.40	11.57
	15	451.45	-17.99	323.77
	16	479.25	9.80	96.11
SUMATORIA	4	1877.77		454.38

#### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

ESTADÍSTICA	EDAD DEL CONCRETO EN DÍAS			
	7	14	28	56
$n$ .....	4	4	4	4
$\sum X_i$ .....	1228.3	1546.2	1630.0	1877.8
$\sum X_i/n = X_{prom}$ .....	307.07	386.54	407.51	469.44
$\sum (X_i - X_{prom})^2$ .....	15.76	637.27	364.31	454.38
$S^2$ .....	5.25	212.42	121.44	151.46
$S$ .....	2.29	14.57	11.02	12.31
$CV$ .....	0.75	3.77	2.70	2.62

Límite permitido para coeficiente de variación de muestras obtenidas en laboratorio ( $CV_{máx.}: 5\%$ )

GRADO DE CONTROL DE CALIDAD	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente

**Cuadro N°02: Estadísticos Descriptivos de la Resistencia a Compresión del Concreto de Alta Resistencia Denominado CS0.5.**

CONCRETO CON 0.5% DE SUPERPLASTIFICANTE (CS0.5)				
EDAD (DÍAS)	MUESTRA	$X_i$	$X_i - X_{prom}$	$(X_i - X_{prom})^2$
7	1	474.79	6.31	39.85
	2	456.09	-12.39	153.58
	3	466.88	-1.60	2.56
	4	476.16	7.68	58.97
SUMATORIA	4	1873.92		254.96
14	5	509.83	12.00	143.97
	6	490.07	-7.75	60.09
	7	497.77	-0.06	0.00
	8	493.64	-4.19	17.53
SUMATORIA	4	1991.31		221.60
28	9	571.26	-5.72	32.68
	10	577.31	0.33	0.11
	11	583.34	6.37	40.55
	12	575.99	-0.98	0.96
SUMATORIA	4	2307.90		74.29
56	13	597.36	3.95	15.57
	14	593.69	0.27	0.08
	15	590.89	-2.52	6.36
	16	591.71	-1.70	2.89
SUMATORIA	4	2373.65		24.89

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN**

ESTADÍSTICA	EDAD EN DÍAS			
	7	14	28	56
$n$ .....	4	4	4	4
$\sum X_i$ .....	1873.9	1991.3	2307.9	2373.7
$\sum X_i/n = X_{prom}$ .....	468.48	497.83	576.97	593.41
$\sum (X_i - X_{prom})^2$ .....	254.96	221.60	74.29	24.89
$S^2$ .....	84.99	73.87	24.76	8.30
$S$ .....	9.22	8.59	4.98	2.88
$CV$ .....	1.97	1.73	0.86	0.49

Límite permitido para coeficiente de variación de muestras obtenidas en laboratorio (CVmáx.: 5%)

GRADO DE CONTROL DE CALIDAD	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
-----------------------------	-----------	-----------	-----------	-----------



**Cuadro N°03: Estadísticos Descriptivos de la Resistencia a Compresión del Concreto de Alta Resistencia Denominado CS1.0.**

CONCRETO CON 1.0% DE SUPERPLASTIFICANTE (CS1.0)				
EDAD (DÍAS)	MUESTRA	$X_i$	$X_i - X_{prom}$	$(X_i - X_{prom})^2$
7	1	489.03	1.29	1.66
	2	481.77	-5.97	35.69
	3	493.62	5.88	34.62
	4	486.54	-1.20	1.44
SUMATORIA	4	1950.96		73.41
14	5	509.65	-3.96	15.70
	6	519.38	5.76	33.21
	7	514.30	0.68	0.47
	8	511.13	-2.48	6.16
SUMATORIA	4	2054.45		55.54
28	9	600.04	4.16	17.32
	10	592.03	-3.84	14.77
	11	594.01	-1.87	3.48
	12	597.42	1.55	2.39
SUMATORIA	4	2383.50		37.96
56	13	611.05	2.13	4.52
	14	605.19	-3.74	13.95
	15	610.48	1.56	2.42
	16	608.98	0.05	0.00
SUMATORIA	4	2435.71		20.89

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN**

ESTADÍSTICA	EDAD EN DÍAS			
	7	14	28	56
$n$ .....	4	4	4	4
$\sum X_i$ .....	1951.0	2054.5	2383.5	2435.7
$\sum X_i/n = X_{prom}$ .....	487.74	513.61	595.88	608.93
$\sum (X_i - X_{prom})^2$ .....	73.41	55.54	37.96	20.89
$S^2$ .....	24.47	18.51	12.65	6.96
$S$ .....	4.95	4.30	3.56	2.64
$CV$ .....	1.01	0.84	0.60	0.43

Límite permitido para coeficiente de variación de muestras obtenidas en laboratorio (CVmáx.: 5%)

GRADO DE CONTROL DE CALIDAD	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
-----------------------------	-----------	-----------	-----------	-----------

**Cuadro N°04: Estadísticos Descriptivos de la Resistencia a Compresión del Concreto de Alta Resistencia Denominado CS1.5.**

CONCRETO CON 1.5% DE SUPERPLASTIFICANTE (CS1.5)				
EDAD (DÍAS)	MUESTRA	$X_i$	$X_i - X_{prom}$	$(X_i - X_{prom})^2$
7	1	477.62	-2.23	4.99
	2	483.98	4.13	17.06
	3	482.30	2.45	5.99
	4	475.51	-4.34	18.86
SUMATORIA	4	1919.41		46.90
14	5	518.25	2.16	4.66
	6	515.63	-0.47	0.22
	7	517.29	1.19	1.43
	8	513.21	-2.88	8.32
SUMATORIA	4	2064.38		14.63
28	9	609.43	1.00	0.99
	10	605.84	-2.60	6.74
	11	611.04	2.60	6.76
	12	607.44	-1.00	1.00
SUMATORIA	4	2433.76		15.49
56	13	613.48	-3.65	13.29
	14	620.34	3.22	10.37
	15	618.44	1.32	1.74
	16	616.22	-0.90	0.80
SUMATORIA	4	2468.48		26.21

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN**

ESTADÍSTICA	EDAD EN DÍAS			
	7	14	28	56
$n$ .....	4	4	4	4
$\sum X_i$ .....	1919.4	2064.4	2433.8	2468.5
$\sum X_i/n = X_{prom}$ .....	479.85	516.10	608.44	617.12
$\sum (X_i - X_{prom})^2$ .....	46.90	14.63	15.49	26.21
$S^2$ .....	15.63	4.88	5.16	8.74
$S$ .....	3.95	2.21	2.27	2.96
$CV$ .....	0.82	0.43	0.37	0.48

Límite permitido para coeficiente de variación de muestras obtenidas en laboratorio ( $CV_{m\acute{a}x.}: 5\%$ )

GRADO DE CONTROL DE CALIDAD	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
-----------------------------	-----------	-----------	-----------	-----------

## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

Se logró determinar la influencia del aditivo superplastificante Sika® ViscoCrete® SC-50 en la resistencia a compresión del Concreto de Alta Resistencia  $f'_c = 450 \text{ Kg/cm}^2$ , elaborado con materiales locales de la ciudad de Jaén, hallándose que al adicionarlo en una concentración del 1.5% del peso del cemento, generó la mayor resistencia a la compresión, alcanzando un valor promedio de resistencia a la compresión de  $608.44 \text{ Kg/cm}^2$  (35.2% más de la resistencia de diseño) a la edad de 28 días.

Las propiedades físicas y mecánicas de los agregados utilizados de la cantera Ocaña, cumplen con los requerimientos mínimos de la normativa peruana vigente, para la elaboración de CAR.

La resistencia a compresión del concreto sin adición (**CP**), a los 7, 14, 28 y 56 días de edad, presentó valores promedio de  $307.07 \text{ kg/cm}^2$  (68.24%),  $386.54 \text{ kg/cm}^2$  (85.90%),  $407.51 \text{ kg/cm}^2$  (90.56%) y  $469.44 \text{ kg/cm}^2$  (68.24% de la resistencia de diseño) respectivamente.

La resistencia a compresión del concreto con adición de aditivo Sika® ViscoCrete® SC-50 al 0.5% del peso del cemento (**C0.5**), a los 7, 14, 28 y 56 días de edad, presentó valores promedio de  $468.48 \text{ kg/cm}^2$  (104.11%),  $497.83 \text{ kg/cm}^2$  (110.63%),  $576.97 \text{ kg/cm}^2$  (128.22%) y  $593.41 \text{ kg/cm}^2$  (131.87% de la resistencia de diseño) respectivamente.

La resistencia a compresión del concreto con adición de aditivo Sika® ViscoCrete® SC-50 al 1.0% del peso del cemento (**C1.0**), a los 7, 14, 28 y 56 días de edad, presentó valores promedio de  $487.74 \text{ kg/cm}^2$  (108.39%),  $513.61 \text{ kg/cm}^2$  (114.14%),  $595.88 \text{ kg/cm}^2$  (132.42%) y  $608.93 \text{ kg/cm}^2$  (135.32% de la resistencia de diseño) respectivamente.

La resistencia a compresión del concreto con adición de aditivo Sika® ViscoCrete® SC-50 al 1.5% del peso del cemento (**C1.5**), a los 7, 14, 28 y 56 días de edad, presentó valores promedio de  $479.85 \text{ kg/cm}^2$  (106.63%),  $516.10 \text{ kg/cm}^2$  (114.69%),  $608.44 \text{ kg/cm}^2$  (135.21%) y  $617.12 \text{ kg/cm}^2$  (137.14% de la resistencia de diseño) respectivamente.

El método de diseño de mezclas empleado en esta investigación fue básicamente el propuesto por el Comité ACI 211.4, complementado con el método de la Road Note Laboratory (RNL), que es un método sencillo y práctico, que genera mezclas bien proporcionadas.

El haber obtenido un valor de resistencia a la compresión significativamente superior a la resistencia de diseño especificada ( $f'_c=450 \text{ kg/cm}^2$ ), nos da un grado de confiabilidad, para poder afirmar que sí es posible conseguir un concreto con el mismo  $f'_c$ , bajo condiciones de campo; ya que en el laboratorio se tiene un mayor y mejor cuidado y control del concreto en general.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Tener cuidado con la variación del contenido de humedad de los agregados, pues al no estar protegidos de la lluvia o el sol, existirá una variación entre el contenido de humedad del diseño de mezclas y el de obra, el cual deberá ser corregido.

Al momento de elegir el aditivo a utilizar, verificar su disponibilidad en el mercado, su presentación y su facilidad de adquisición.

El tiempo de mezclado del concreto con aditivo SikaViscocrete SC-50, necesita ser un poco más largo del necesario para el concreto convencional, esto con el objetivo de que el aditivo reaccione adecuadamente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo Flavio (2017). Tecnología del Concreto. 3ra, Edición.
- ASOCRETO. Colección Básica del Concreto, Tecnología y Propiedades.
- Cachay Huamán Rafael (2017). Tecnología del Concreto y Afines.
- Cerón, S. Zaira A., & Ruge, C. Juan C., & Rodríguez, P. Álvaro E (2014). Una Mirada Probabilística al Concreto de Alta Resistencia. Ingenio Magno. Vol 5, pp. 18-27.
- Comité ACI 116-00. (2000). Terminología del Cemento y el Hormigón.
- Comité ACI 318-19. (2000). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural.
- Cotrina Rojas Nélica E. (2018) “Comportamiento Mecánico del Concreto de Alta Resistencia de  $f'c=450$  kg/cm<sup>2</sup> con Aditivo Superplastificante sikament®-290n y adición mineral sika® fume” Universidad Nacional de Cajamarca.
- Cottier Caviedes (1995). Tecnología del Concreto. Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENEPRED). feb. 1995. México, D.F.MX.
- Díaz Villarreal Edison J, Terán Escobar Esteban A. (2023). “Diseño y Comparación de Hormigón de Alta Resistencia Utilizando dos tipos de Microsílice en Porcentajes de Reemplazo del Cemento, Agregados de la Cantera de Pifo y Aditivo Plastificante.” Escuela Politécnica Nacional. Quito Ecuador.
- Farje Bautista Héctor R. (2016). “Producción y Evaluación de Concreto de Alta Resistencia Utilizando Superplastificante y Microsílice en la Ciudad de Moquegua” Universidad José Carlos Mariátegui. Moquegua Perú.
- Fernández Cánovas Manuel (2013). Hormigón. Décima Edición.
- Germán Gonzalez-Isabel. Hormigón de Alta Resistencia
- Gonzales Jesús (2016). “Concreto de Alta Resistencia Utilizando Aditivo Microsílice” Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Huánuco Perú.
- Heredia Mendoza (2017). “Diseño de Concreto de Alta Resistencia  $f'c=900$ kg/cm<sup>2</sup>, usando agregados del rio Huallaga para la ciudad de Tarapoto, provincia de San Martín, Región de San Martín” Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.
- Huincho Salvatierra (2011). “Concreto de Alta Resistencia Utilizando Aditivo Superplastificante, Microsílice y Nanosílice con Cemento Portland tipo I” Universidad Nacional de Ingeniería. Lima Perú.
- Kumar Mehta (2014). Concrete: Microstructure, Properties, and Materials, 4a Edición.
- Morataya (2005). “Concreto de Alta Resistencia (Experimentación en Guatemala)” Universidad de San Carlos de Guatemala.

Norma técnica peruana (NTP 339.034:2021), Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo. 5ª Edición.

Norma técnica peruana (NTP 339.047:2021), Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados. 5ª Edición.

Norma técnica peruana (NTP 339.088:2021), Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento hidráulico. Especificaciones. 4ª Edición.

Norma técnica peruana (NTP 339.183:2021), Práctica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. 3ª Edición.

Norma técnica peruana (NTP 339.185:2021), Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo. 3ª Edición.

Norma técnica peruana (NTP 400.011:2020), Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos. 3ª Edición.

Norma técnica peruana (NTP 400.012:2021), Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo. 4ª Edición.

Norma técnica peruana (NTP 400.017:2020), Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. 4ª Edición.

Norma técnica peruana (NTP 400.018:2020), Determinación de materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (N°. 200) por lavado en agregados. Método de ensayo. 4ª Edición

Norma técnica peruana (NTP 400.019:2020), Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. Método de ensayo. 4ª Edición.

Norma técnica peruana (NTP 400.021:2020), Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Método de ensayo. 4ª Edición.

Norma técnica peruana (NTP 400.022:2021), Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo. 4ª Edición.

Norma técnica peruana (NTP 400.037:2021), Agregados para concreto. Especificaciones. 5ª Edición.

Pasquel Enrique (1988). Tópicos de tecnología del concreto en el Perú. Segunda edición noviembre de 1988.

Perez Villar Gissela (2015) “Influencia del aditivo Sika Viscocrete 3330 en la durabilidad del concreto autocompactante elaborado con cemento tipo II y V” Universidad Nacional de Cajamarca.

Rivva López Enrique (2002). “Concreto de Alta Resistencia” I Congreso Internacional de la Construcción 2002. Editorial: Fondo Editorial ICG.

RNE. (2009). Reglamento Nacional de Edificaciones, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Decreto Supremo N° 010-2009- Vivienda. Lima.

Villanueva Arturo (2015). “Obtención de un concreto de alta resistencia para un  $f'c=800$  Kg/cm<sup>2</sup> usando agregados de la cantera El Chiche – Cajamarca, aditivos y adición mineral” Universidad Nacional de Cajamarca.

<http://canalconstruccion.com/cemento-portland-usos-y-tipos.html>

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3159>

<http://www.imcyc.com/revista/2000/dic2000/resistencia.htm>

[http://www.concretodealtaresistencia.blogspot.com/2016/05/definicion-del-concreto-de-alta\\_31.html](http://www.concretodealtaresistencia.blogspot.com/2016/05/definicion-del-concreto-de-alta_31.html)

<https://es.scribd.com/document/528813223/ACI-318-19-Espanol>

<https://es.slideshare.net/ThelmoRafaelBustaman/propiedades-del-concreto-fresco>

[https://kupdf.net/download/ntp-339-047-2006\\_5908a27fdc0d609413959e78\\_pdf](https://kupdf.net/download/ntp-339-047-2006_5908a27fdc0d609413959e78_pdf)

<https://www.arqhys.com/agua-concreto.html>

<https://www.cemexmexico.com/-/fortis>

<https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>


<https://www.unicon.com.pe/premezclado/premezclado-alto-desempeno/>

## ANEXOS

### ANEXO I: Cálculos y resultados de los análisis físico-mecánicos de los agregados.

#### A) Análisis Granulométrico del Agregado Fino. NTP 400.012 / ASTM C-136

Tabla N° 30.- Granulometría del Agregado Fino (Ensayo 01)

		GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.					
		FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD					
QCF-AG-01							
DATOS DEL PROYECTO							
<b>PROYECTO :</b> TESIS "DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA F'c = 450 Kg/cm2 PARA LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA, USANDO MATERIALES LOCALES"							
<b>UBICACIÓN :</b> DISTRITO: JAÉN, PROVINCIA: JAÉN, REGIÓN: CAJAMARCA.							
<b>SOLICITANTE :</b> IGNACIO DÁVALOS HUATANGARI							
<b>CANTERA :</b>	OCAÑA	<b>PESO DE MUESTRA: (gr)</b>	1037.60	<b>USO :</b>	AG. FINO PARA CONCRETO		
<b>N° DE ENSAYO :</b>	01			<b>FECHA :</b>	MARZO 2023		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS							
A.S.T.M. C 136							
FRACCIÓN	TAMIZ		PESO. RET. PARCIAL	PORCENTAJE RET. PARCIAL	PORCENTAJE RET. ACUM	% QUE PASA	ESPECIFICACION N.T.P. 400.037 % QUE PASA
	N°	ABERTURA(mm)					
FRACCIÓN GRUESA	3"	75.00	0.0	0.00	0.0	100.0	-
	2 ½"	63.00	0.0	0.00	0.0	100.00	-
	2"	50.80	0.0	0.00	0.0	100.00	-
	1 ½"	37.50	0.0	0.00	0.0	100.00	-
	1"	25.40	0.0	0.00	0.0	100.00	-
	¾"	19.00	0.0	0.00	0.0	100.00	-
	½"	12.50	0.0	0.00	0.0	100.00	-
	⅜"	9.50	0.0	0.00	0.0	100.00	100
	¼"	6.35	0.00	0.00	0.0	100.00	-
FRACCIÓN FINA	N° 4	4.75	63.38	6.11	6.1	93.89	95 - 100
	N° 8	2.36	127.16	12.26	18.4	81.64	80 - 100
	N° 16	1.18	248.07	23.91	42.3	57.73	50 - 85
	N° 30	0.60	149.45	14.40	56.7	43.32	25 - 60
	N° 50	0.30	173.41	16.71	73.4	26.61	5 - 30
	N° 100	0.15	149.52	14.41	87.8	12.20	0 - 10
	N° 200	0.075	64.81	6.25	94.0	5.96	-
	CAZOLETA	--	61.80	5.96	100.0	0.00	-
TOTAL			1037.60				

Módulo de Finura 2.85

Gráfico N° 04. Curva Granulométrica del Agregado Fino, (Ensayo 01)

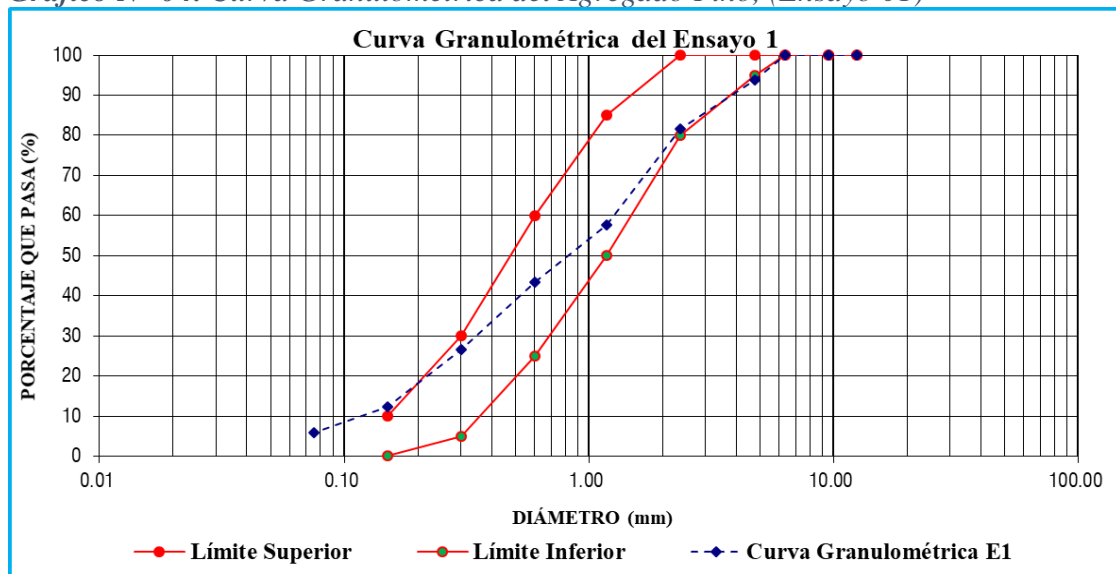




Tabla N° 31.- Granulometría del Agregado Fino (Ensayo 02)


 GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.	<b>GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>							
	<b>FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD</b>							
	<b>QCF-AG-01</b>							
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>								
<b>PROYECTO :</b> TESIS "DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA F'c = 450 Kg/cm <sup>2</sup> PARA LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA, USANDO MATERIALES LOCALES"								
<b>UBICACIÓN :</b> DISTRITO: JAÉN, PROVINCIA: JAÉN, REGIÓN: CAJAMARCA.								
<b>SOLICITANTE :</b> IGNACIO DÁVALOS HUATANGARI								
<b>CANTERA :</b>	OCAÑA	<b>PESO DE MUESTRA: (gr)</b>	961.32	<b>USO :</b>	AG. FINO PARA CONCRETO			
<b>N° DE ENSAYO :</b>	02			<b>FECHA :</b>	MARZO 2023			
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS</b>								
<b>A.S.T.M. C 136</b>								
<b>FRACCION GRUESA</b>	<b>TAMIZ</b>		<b>PESO. RET. PARCIAL</b>	<b>PORCENTAJE RET. PARCIAL</b>	<b>PORCENTAJE RET. ACUM</b>	<b>% QUE PASA</b>	<b>ESPECIFICACION N.T.P. 400.037 % QUE PASA</b>	
	<b>N°</b>	<b>ABERTURA(mm)</b>						
		3"	75.00	0.0	0.00	0.0	100.0	-
		2 ½"	63.00	0.0	0.00	0.0	100.00	-
		2"	50.80	0.0	0.00	0.0	100.00	-
		1 ½"	37.50	0.0	0.00	0.0	100.00	-
		1"	25.40	0.0	0.00	0.0	100.00	-
		¾"	19.00	0.0	0.00	0.0	100.00	-
		½"	12.50	0.0	0.00	0.0	100.00	-
<b>FRACCION FINA</b>		¾"	9.50	0.0	0.00	100.00	100	
		¼"	6.35	0.00	0.00	100.00	-	
		N° 4	4.75	48.68	5.06	5.1	94.94	95 - 100
		N° 8	2.36	119.18	12.40	17.5	82.54	80 - 100
		N° 16	1.18	238.67	24.83	42.3	57.71	50 - 85
		N° 30	0.60	140.11	14.57	56.9	43.14	25 - 60
		N° 50	0.30	161.90	16.84	73.7	26.30	5 - 30
		N° 100	0.15	137.18	14.27	88.0	12.03	0 - 10
	N° 200	0.075	57.13	5.94	93.9	6.08	-	
	CAZOLETA	--	58.47	6.08	100.0	0.00	-	
	<b>TOTAL</b>		961.32					
<b>Módulo de Finura 2.83</b>								

Gráfico N° 05. Curva Granulométrica del Agregado Fino, (Ensayo 02)

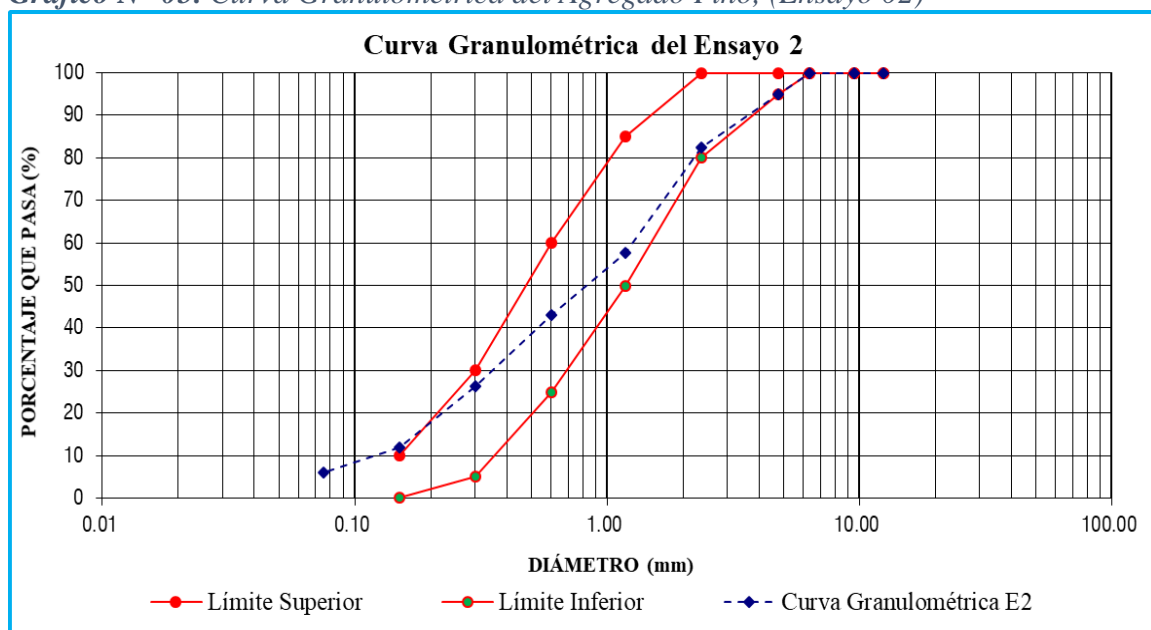


Tabla N° 32.- Granulometría del Agregado Fino (Ensayo 03)


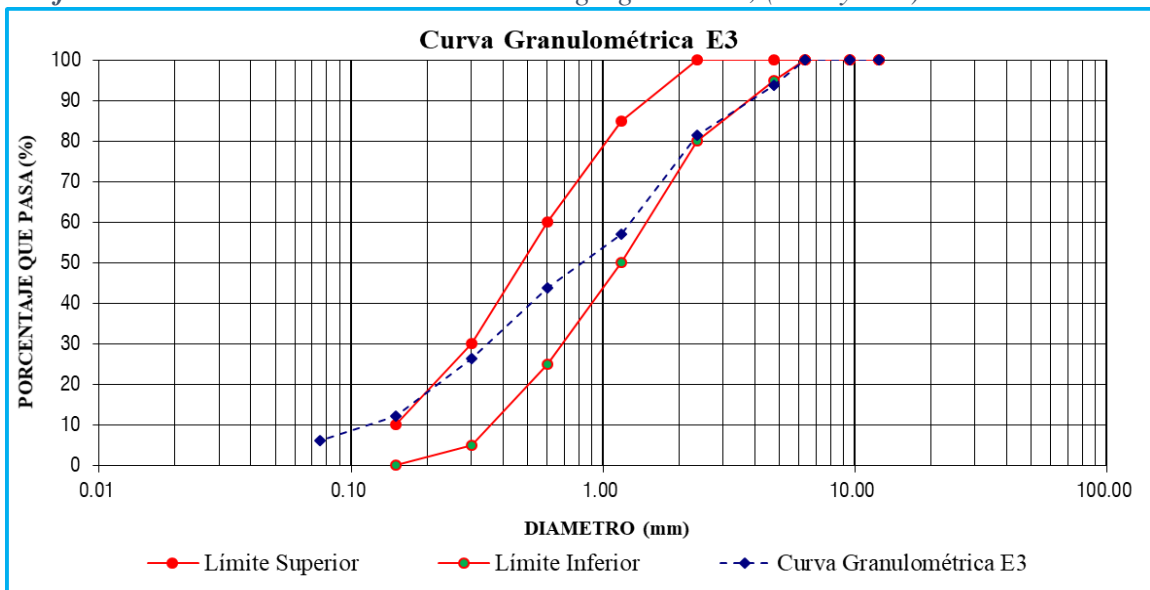
 GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.	<b>GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>							
	<b>FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD</b>							
	<b>QCF-AG-01</b>							
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>								
<b>PROYECTO :</b> TESIS "DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA F <sup>c</sup> = 450 Kg/cm <sup>2</sup> PARA LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA, USANDO MATERIALES LOCALES"								
<b>UBICACIÓN :</b> DISTRITO: JAÉN, PROVINCIA: JAÉN, REGIÓN: CAJAMARCA.								
<b>SOLICITANTE :</b> IGNACIO DÁVALOS HUATANGARI								
<b>CANTERA :</b>	OCAÑA	<b>PESO DE MUESTRA: (gr)</b>	966.58	<b>USO :</b>	AG. FINO PARA CONCRETO			
<b>N° DE ENSAYO :</b>	03			<b>FECHA :</b>	MARZO 2023			
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS</b>								
<b>A.S.T.M. C 136</b>								
<b>FRACCION GRUESA</b>	<b>TAMIZ</b>		<b>PESO. RET</b>	<b>PORCENTAJE</b>	<b>PORCENTAJE</b>	<b>% QUE</b>	<b>ESPECIFICACION</b>	
	<b>N°</b>	<b>ABERTURA(mm)</b>						<b>PARCIAL</b>
		3"	75.00	0.0	0.00	0.0	100.0	-
		2 ½"	63.00	0.0	0.00	0.0	100.00	-
		2"	50.80	0.0	0.00	0.0	100.00	-
		1 ½"	37.50	0.0	0.00	0.0	100.00	-
		1"	25.40	0.0	0.00	0.0	100.00	-
		¾"	19.00	0.0	0.00	0.0	100.00	-
		½"	12.50	0.0	0.00	0.0	100.00	-
		⅜"	9.50	0.0	0.00	0.0	100.00	100
	¼"	6.35	0.00	0.00	0.0	100.00	-	
<b>FRACCION FINA</b>	N° 4	4.75	60.27	6.24	6.2	93.76	95 - 100	
	N° 8	2.36	118.48	12.26	18.5	81.51	80 - 100	
	N° 16	1.18	236.91	24.51	43.0	57.00	50 - 85	
	N° 30	0.60	127.63	13.20	56.2	43.79	25 - 60	
	N° 50	0.30	169.42	17.53	73.7	26.26	5 - 30	
	N° 100	0.15	135.21	13.99	87.7	12.28	0 - 10	
	N° 200	0.075	59.43	6.15	93.9	6.13	-	
	CAZOLETA	--	59.23	6.13	100.0	0.00	-	
<b>TOTAL</b>			966.58					
<b>Módulo de Finura 2.85</b>								

Gráfico N° 06. Curva Granulométrica del Agregado Fino, (Ensayo 03)



- **Módulo de Finura Promedio del Agregado Fino: 2.84**

## B) Análisis Granulométrico del Agregado Grueso. NTP 400.012 / ASTM C-136

Tabla N° 33.- Granulometría del Agregado Grueso (Ensayo 01)


	<b>GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>							
	<b>FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD</b>							
	<b>QCF-AG-01</b>							
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>								
<b>PROYECTO :</b>	TESIS "DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA F <sup>c</sup> = 450 Kg/cm <sup>2</sup> PARA LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA, USANDO MATERIALES LOCALES"							
<b>UBICACIÓN :</b>	DISTRITO: JAÉN, PROVINCIA: JAÉN, REGIÓN: CAJAMARCA.							
<b>SOLICITANTE :</b>	IGNACIO DÁVALOS HUATANGARI							
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>								
<b>CANTERA :</b>	OCAÑA	<b>PESO DE MUESTRA: (gr)</b>	4972.00	<b>USO :</b>	AG. GRUESO PARA CONCRETO			
<b>N° DE ENSAYO :</b>	01			<b>FECHA :</b>	MARZO 2023			
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS A.S.T.M. C 136</b>								
<b>FRACCIÓN GRUESA</b>	<b>TAMIZ</b>		<b>PESO RETENIDO</b>	<b>PORCENTAJE RET. PARCIAL (%)</b>	<b>PORCENTAJE RET. ACUM. (%)</b>	<b>PORCENTAJE QUE PASA (%)</b>	<b>ESPECIFICACIÓN HUSO 6</b>	
	<b>N°</b>	<b>ABERTURA (mm)</b>					<b>PARCIAL (gr)</b>	<b>% QUE PASA</b>
		3"	75.00	0.0	0.00	0.0	100.0	-
		2 ½"	63.00	0.0	0.00	0.0	100.00	-
		2"	50.80	0.0	0.00	0.0	100.00	-
		1 ½"	37.50	0.0	0.00	0.0	100.00	100
		1"	25.40	0.0	0.00	0.0	100.00	100
		¾"	19.00	236.0	4.75	4.7	95.25	90 - 100
		½"	12.50	2353.0	47.33	52.1	47.93	20 - 55
	3/8"	9.50	1206.2	24.26	76.3	23.67	0 - 15	
<b>FRACCIÓN FINA</b>	N° 4	4.75	1146.7	23.06	99.4	0.61	0 - 5	
	N° 8	2.36	16.0	0.32	99.7	0.28	-	
	N° 16	1.18	2.0	0.04	99.8	0.24	-	
	N° 30	0.60	0.00	0.00	99.8	0.24	-	
	N° 50	0.30	0.00	0.00	99.8	0.24	-	
	N° 100	0.15	0.00	0.00	99.8	0.24	-	
	N° 200	0.075	0.00	0.00	99.8	0.24	-	
	CAZOLETA	--	12.10	0.24	100.0	0.00	-	
<b>TOTAL</b>			4972.0					
<b>Módulo de Finura 6.84</b>								

Gráfico N° 07. Curva Granulométrica del Agregado Grueso, (Ensayo 01)

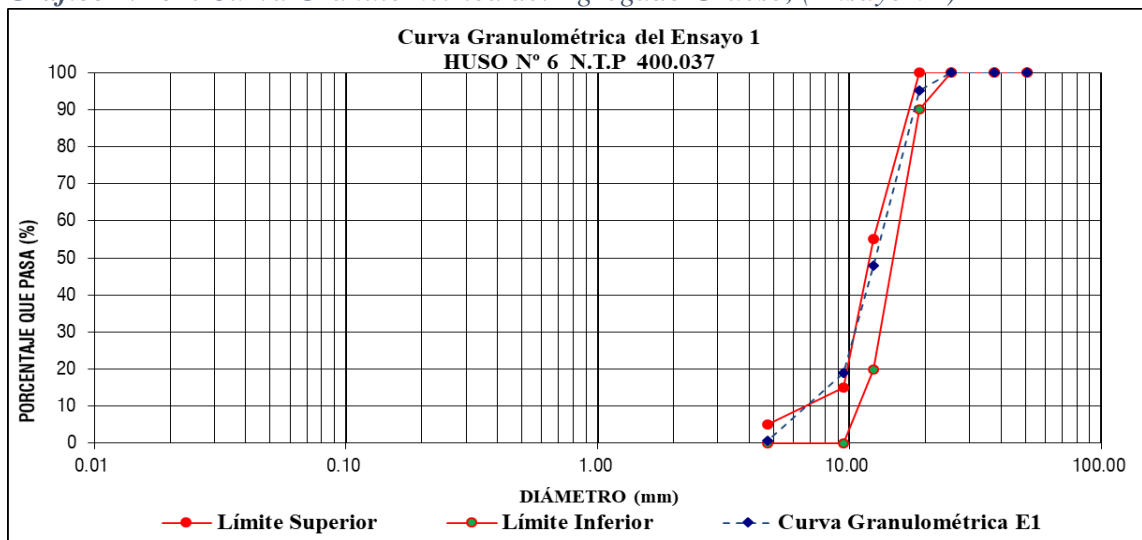


Tabla N° 34.- Granulometría del Agregado Grueso (Ensayo 02)


	<b>GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>						
	<b>FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD</b>						
	<b>QCF-AG-01</b>						
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>							
<b>PROYECTO :</b>	TESIS "DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $F'c = 450 \text{ Kg/cm}^2$ PARA LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA, USANDO MATERIALES LOCALES"						
<b>UBICACIÓN :</b>	DISTRITO: JAÉN, PROVINCIA: JAÉN, REGIÓN: CAJAMARCA.						
<b>SOLICITANTE :</b>	IGNACIO DÁVALOS HUATANGARI						
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>							
<b>CANTERA :</b>	OCAÑA	<b>PESO DE MUESTRA: (gr)</b>	5020.00	<b>USO :</b>	AG. GRUESO PARA CONCRETO		
<b>N° DE ENSAYO :</b>	02			<b>FECHA :</b>	MARZO 2023		
<b>ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS</b>							
<b>A.S.T.M. C 136</b>							
<b>FRACCION GRUESA</b>	TAMIZ		PESO RETENIDO	PORCENTAJE	PORCENTAJE	PORCENTAJE	ESPECIFICACIÓN
	N°	ABERTURA (mm)					
							% QUEPASA
	3"	75.00	0.0	0.00	0.0	100.0	-
	2 ½"	63.00	0.0	0.00	0.0	100.00	-
	2"	50.80	0.0	0.00	0.0	100.00	-
	1 ½"	37.50	0.0	0.00	0.0	100.00	100
	1"	25.40	0.0	0.00	0.0	100.00	100
	¾"	19.00	232.6	4.63	4.6	95.37	90 - 100
<b>FRACCION FINA</b>	1/2"	12.50	2378.4	47.38	52.0	47.99	20 - 55
	3/8"	9.50	1476.7	29.42	81.4	18.57	0 - 15
	N° 4	4.75	904.3	18.01	99.4	0.56	0 - 5
	N° 8	2.36	17.4	0.35	99.8	0.21	-
	N° 16	1.18	1.1	0.02	99.8	0.19	-
	N° 30	0.60	0.00	0.00	99.8	0.19	-
	N° 50	0.30	0.00	0.00	99.8	0.19	-
	N° 100	0.15	0.00	0.00	99.8	0.19	-
	N° 200	0.075	0.00	0.00	99.8	0.19	-
CAZOLETA	--	9.48	0.19	100.0	0.00	-	
TOTAL			5020.0				
<b>Módulo de Finura 6.85</b>							

Gráfico N° 08. Curva Granulométrica del Agregado Grueso, (Ensayo 02)

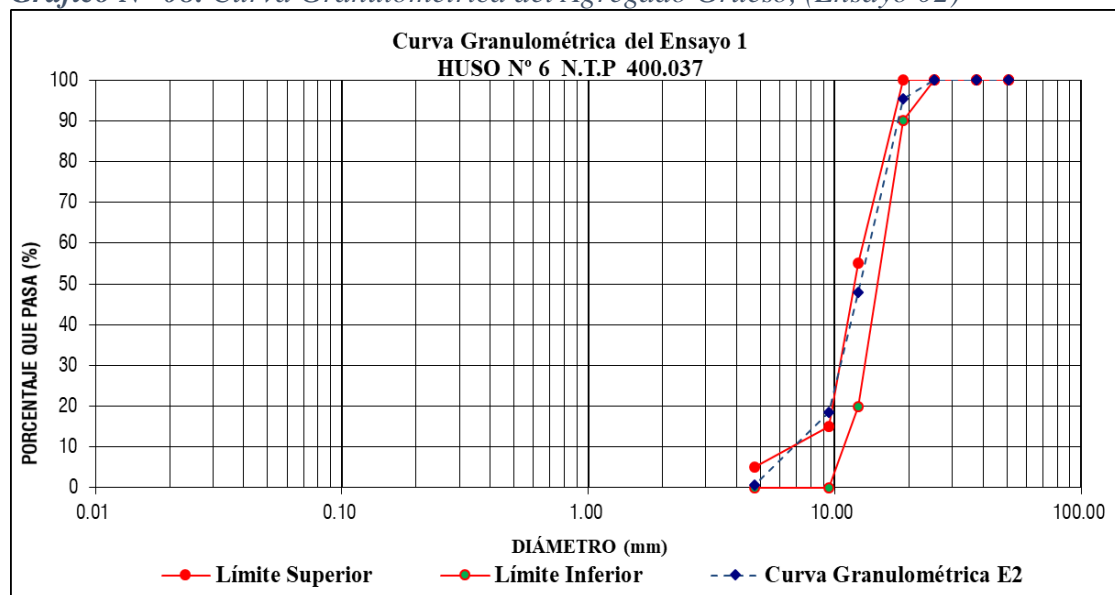


Tabla N° 35.- Granulometría del Agregado Grueso (Ensayo 03)


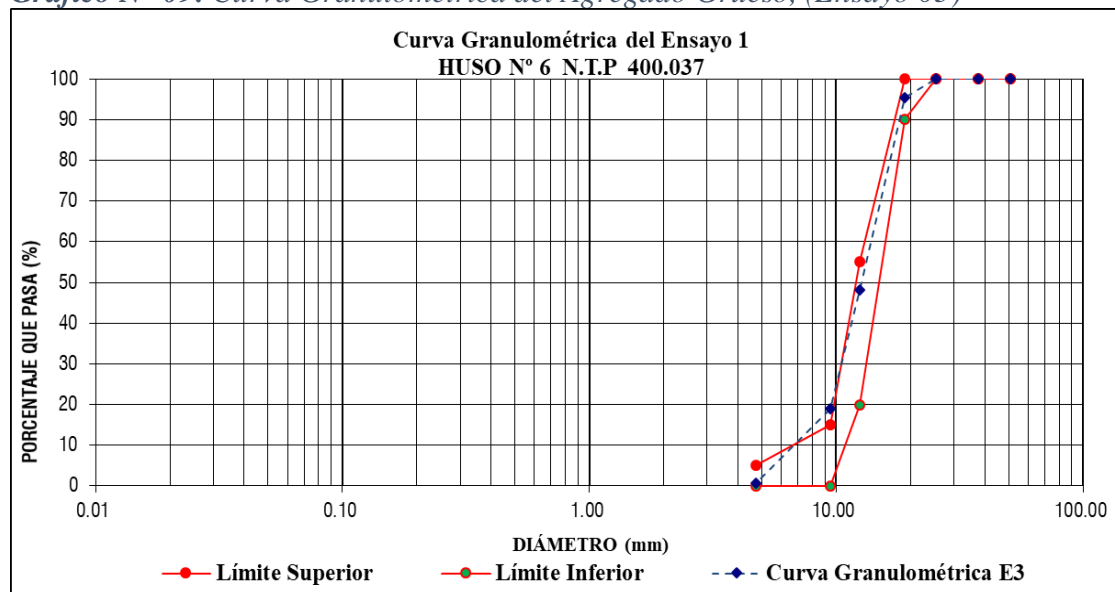
	<b>GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>						
	<b>FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD</b>						
	<b>QCF-AG-01</b>						
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>							
<b>PROYECTO :</b>	TESIS "DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $F'c = 450 \text{ Kg/cm}^2$ PARA LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA, USANDO MATERIALES LOCALES"						
<b>UBICACIÓN :</b>	DISTRITO: JAÉN, PROVINCIA: JAÉN, REGIÓN: CAJAMARCA.						
<b>SOLICITANTE :</b>	IGNACIO DÁVALOS HUATANGARI						
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>							
<b>CANtera :</b>	OCAÑA	<b>PESO DE MUESTRA: (gr)</b>	5012.00	<b>USO :</b>	AG. GRUESO PARA CONCRETO		
<b>N° DE ENSAYO :</b>	03			<b>FECHA :</b>	MARZO 2023		
<b>ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS A.S.T.M. C 136</b>							
<b>FRACCION GRUESA</b>	TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL (gr)	PORCENTAJE RET. PARCIAL (%)	PORCENTAJE RET. ACUM. (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	ESPECIFICACIÓN HUSO 6 % QUE PASA
	N°	ABERTURA (mm)					
	3"	75.00	0.0	0.00	0.0	100.0	-
	2½"	63.00	0.0	0.00	0.0	100.00	-
	2"	50.80	0.0	0.00	0.0	100.00	-
	1½"	37.50	0.0	0.00	0.0	100.00	100
	1"	25.40	0.0	0.00	0.0	100.00	100
	¾"	19.00	228.7	4.56	4.6	95.44	90 - 100
	½"	12.50	2374.3	47.37	51.9	48.06	20 - 55
⅜"	9.50	1462.7	29.18	81.1	18.88	0 - 15	
<b>FRACCION FINA</b>	N° 4	4.75	910.5	18.17	99.3	0.71	0 - 5
	N° 8	2.36	18.4	0.37	99.7	0.35	-
	N° 16	1.18	2.9	0.06	99.7	0.29	-
	N° 30	0.60	0.00	0.00	99.7	0.29	-
	N° 50	0.30	0.00	0.00	99.7	0.29	-
	N° 100	0.15	0.00	0.00	99.7	0.29	-
	N° 200	0.075	0.00	0.00	99.7	0.29	-
	CAZOLETA	--	14.50	0.29	100.0	0.00	-
TOTAL			5012.0				
<b>Módulo de Finura 6.83</b>							


Gráfico N° 09. Curva Granulométrica del Agregado Grueso, (Ensayo 03)



- **Módulo de Finura Promedio del Agregado Grueso: 6.84**


### C) Peso Específico y Absorción del Agregado Fino (NTP 400.022/ ASTM C-128)

Tabla N° 36.- Peso Específico del Agregado Fino

 GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.				
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO ASTM C 128				
DATOS DEL PROYECTO				
<b>PROYECTO :</b>	TESIS "DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA F'c = 450 Kg/cm2 PARA LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA, USANDO MATERIALES LOCALES"			
<b>UBICACION :</b>	DISTRITO: JAÉN, PROVINCIA: SAN IGNACIO, REGIÓN: CAJAMARCA.			
<b>SOLICITANTE :</b>	IGNACIO DÁVALOS HUATANGARI (TESISTA)			
<b>CANTERA :</b>	OCAÑA			
<b>FECHA :</b>	MARZO, 2023			
ENSAYO N°	1	2	3	PROMEDIO
PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (gr) A	490.4	490.2	490.5	
PESO DEL PICNOMETRO LLENO DE AGUA (gr) B	657.1	657.0	657.0	
PESO TOTAL DEL PICNOMETRO AFORADO CON MUESTRA Y LLENO DE AGUA (gr) C	966.3	965.8	965.5	
PESO DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (gr) S	500.0	500.0	500.0	
PESO ESPECIFICO DE MASA (gr/cm3) =	2.57	2.56	2.56	2.57
PESO ESPECIFICO SAT. SUP. SECO (gr/cm3) =	2.62	2.62	2.61	2.62
PESO ESPECIFICO APARENTE (gr/cm3) =	2.71	2.70	2.70	2.70
ABSORCION (%) =	1.96	2.00	1.94	1.96


### D) Peso específico y absorción del Agregado Grueso (NTP 400.021/ ASTM C-127)

Tabla N° 37.- Peso Específico del Agregado Grueso


 GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.				
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO ASTM C 127				
DATOS DEL PROYECTO				
<b>PROYECTO :</b>	TESIS "DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA F'c = 450 Kg/cm2 PARA LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA, USANDO MATERIALES LOCALES"			
<b>UBICACION :</b>	DISTRITO: JAÉN, PROVINCIA: JAÉN, REGIÓN: CAJAMARCA.			
<b>SOLICITANTE :</b>	IGNACIO DÁVALOS HUATANGARI (TESISTA)			
<b>CANTERA :</b>	OCAÑA			
<b>FECHA :</b>	MARZO, 2023			
ENSAYO N°	1	2	3	PROMEDIO
PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (gr) A	4998.00	5003.00	5471.00	
PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (gr) B	5070.00	5074.00	5549.00	
PESO SUMERGIDO EN AGUA DE LA MUESTRA SATURADA (gr) C	3157.00	3164.00	3455.00	
PESO ESPECIFICO DE MASA (gr/cm3)	2.61	2.62	2.61	2.61
PESO ESPECIFICO SAT.SUP. SECO (gr/cm3)	2.65	2.66	2.65	2.65
PESO ESPECIFICO APARENTE (gr/cm3)	2.71	2.72	2.71	2.72
ABSORCION (%)	1.44	1.42	1.43	1.43

**E) Peso Unitario Seco Suelto y Compactado del Agregado Fino (NTP 400.017 / ASTM C-29)**

*Tabla N° 38.- Peso Unitario Seco Suelto del Agregado Fino*


		<b>GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>	
<b>PESO UNITARIO SECO SUELTO DEL AGREGADO FINO</b> <b>ASTM C 29</b>			
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>			
<b>PROYECTO :</b>	TESIS "DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA F'c = 450 Kg/cm <sup>2</sup> PARA LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA, USANDO MATERIALES LOCALES"		
<b>UBICACION :</b>	DISTRITO: JAÉN, PROVINCIA: JAÉN, REGIÓN: CAJAMARCA.		
<b>SOLICITANTE :</b>	IGNACIO DÁVALOS HUATANGARI (TESISTA)		
<b>CANTERA :</b>	OCAÑA		
<b>FECHA :</b>	MARZO, 2023		
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del recipiente (gr.)	4191.00	4191.00	4191.00
Peso del recipiente + material (gr.)	8931.00	8960.00	8953.00
Peso del material (gr.)	4740.00	4769.00	4762.00
Factor (f)	0.350	0.350	0.350
Peso Unitario Seco Suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1657.34</b>	<b>1667.48</b>	<b>1665.03</b>
<b>PESO UNITARIO SECO SUELTO PROMEDIO =</b>	<b>1663.29</b>		<b>Kg/m<sup>3</sup></b>

*Tabla N° 39.- Peso Unitario Seco Compactado del Agregado Fino*


		<b>GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>	
<b>PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO</b> <b>ASTM C 29</b>			
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>			
<b>PROYECTO :</b>	TESIS "DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA F'c = 450 Kg/cm <sup>2</sup> PARA LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA, USANDO MATERIALES LOCALES"		
<b>UBICACION :</b>	DISTRITO: JAÉN, PROVINCIA: JAÉN, REGIÓN: CAJAMARCA.		
<b>SOLICITANTE :</b>	IGNACIO DÁVALOS HUATANGARI (TESISTA)		
<b>CANTERA :</b>	OCAÑA		
<b>FECHA :</b>	MARZO, 2023		
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del recipiente (gr.)	4191.00	4191.00	4191.00
Peso del recipiente + material (gr.)	9359.00	9361.00	9369.00
Peso del material (gr.)	5168.00	5170.00	5178.00
Factor (f)	0.350	0.350	0.350
Peso Unitario Seco Suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1806.99</b>	<b>1807.69</b>	<b>1810.49</b>
<b>PESO UNITARIO SECO COMPACTADO PROMEDIO =</b>	<b>1808.39</b>		<b>Kg/m<sup>3</sup></b>

**F) Peso Unitario Seco Suelto y Compactado del Agregado Grueso (NTP 400.017 / ASTM C-29)**

*Tabla N° 40.- Peso Unitario Seco Suelto del Agregado Grueso*

		<b>GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>	
<b>PESO UNITARIO SECO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO</b> <b>ASTM C 29</b>			
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>			
<b>PROYECTO :</b>	TESIS "DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $F^c = 450 \text{ Kg/cm}^2$ PARA LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA, USANDO MATERIALES LOCALES"		
<b>UBICACION :</b>	DISTRITO: JAÉN, PROVINCIA: JAÉN, REGIÓN: CAJAMARCA.		
<b>SOLICITANTE :</b>	IGNACIO DÁVALOS HUATANGARI (TESISTA)		
<b>CANTERA :</b>	OCAÑA		
<b>FECHA :</b>	MARZO, 2023		
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del recipiente (gr.)	7790.00	7790.00	7790.00
Peso del recipiente + material (gr.)	21023.00	21034.00	21094.00
Peso del material (gr.)	13233.00	13244.00	13304.00
Factor (f)	0.1057	0.1057	0.1057
Peso Unitario Seco Suelto (Kg/m3)	<b>1398.84</b>	<b>1400.00</b>	<b>1406.34</b>
<b>PESO UNITARIO SECO SUELTO PROMEDIO =</b>		<b>1401.73</b>	<b>Kg/m3</b>


*Tabla N° 41.- Peso Unitario Seco Compactado del Agregado Grueso*

		<b>GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>	
<b>PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO</b> <b>ASTM C 29</b>			
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>			
<b>PROYECTO :</b>	TESIS "DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $F^c = 450 \text{ Kg/cm}^2$ PARA LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA, USANDO MATERIALES LOCALES"		
<b>UBICACION :</b>	DISTRITO: JAÉN, PROVINCIA: JAÉN, REGIÓN: CAJAMARCA.		
<b>SOLICITANTE :</b>	IGNACIO DÁVALOS HUATANGARI (TESISTA)		
<b>CANTERA :</b>	OCAÑA		
<b>FECHA :</b>	MARZO, 2023		
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del recipiente (gr.)	7790.00	7790.00	7790.00
Peso del recipiente + material (gr.)	22594.00	22564.00	22689.00
Peso del material (gr.)	14804.00	14774.00	14899.00
Factor (f)	0.1057	0.1057	0.1057
Peso Unitario Seco Suelto (Kg/m3)	<b>1564.90</b>	<b>1561.73</b>	<b>1574.95</b>
<b>PESO UNITARIO SECO COMPACTADO PROMEDIO =</b>		<b>1567.20</b>	<b>Kg/m3</b>




## G) Contenido de Humedad de los Agregados (NTP 339.185 / ASTM C-566)

*Tabla N° 42.- Contenido de Humedad del Agregado Fino*


		<b>GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b> <b>ASTM C 566</b>			
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>			
<b>PROYECTO :</b>	TESIS "DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $F'c = 450 \text{ Kg/cm}^2$ PARA LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA, USANDO MATERIALES LOCALES"		
<b>UBICACION :</b>	DISTRITO: JAÉN, PROVINCIA: JAÉN, REGIÓN: CAJAMARCA.		
<b>SOLICITANTE :</b>	IGNACIO DÁVALOS HUATANGARI (TESISTA)		
<b>CANTERA :</b>	OCAÑA		
<b>FECHA :</b>	MARZO, 2023		
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del Recipiente (gr.)	61.25	56.35	52.80
Peso del Recipiente + Muestra Húmeda (gr.)	601.25	556.95	556.05
Peso del Recipiente + Muestra Seca (gr.)	580.05	537.01	536.09
Peso del Agua (gr.)	21.20	19.94	19.96
Peso de Muestra Seca (gr.)	518.8	480.7	483.3
Contenido de Humedad (%)	<b>4.09%</b>	<b>4.15%</b>	<b>4.13%</b>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO =</b>		<b>4.12%</b>	

*Tabla N° 43.- Contenido de Humedad del Agregado Grueso*


		<b>GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b> <b>ASTM C 566</b>			
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>			
<b>PROYECTO :</b>	TESIS "DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $F'c = 450 \text{ Kg/cm}^2$ PARA LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA, USANDO MATERIALES LOCALES"		
<b>UBICACION :</b>	DISTRITO: JAÉN, PROVINCIA: JAÉN, REGIÓN: CAJAMARCA.		
<b>SOLICITANTE :</b>	IGNACIO DÁVALOS HUATANGARI (TESISTA)		
<b>CANTERA :</b>	OCAÑA		
<b>FECHA :</b>	MARZO, 2023		
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del Recipiente (gr.)	1037.40	1022.70	1053.60
Peso del Recipiente + Muestra Húmeda (gr.)	6437.40	6062.70	5973.60
Peso del Recipiente + Muestra Seca (gr.)	6399.60	6026.58	5938.34
Peso del Agua (gr.)	37.80	36.12	35.26
Peso de Muestra Seca (gr.)	5362.2	5003.9	4884.7
Contenido de Humedad (%)	<b>0.70%</b>	<b>0.72%</b>	<b>0.72%</b>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO =</b>		<b>0.72%</b>	

**H) Porcentaje que pasa la malla N°200 del agregado fino y grueso (ASTM C-117 / NTP 400.018)**

*Tabla N° 44.- Material Fino que Pasa el Tamiz N°200 (Agregado Fino)*


		<b>GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>	
<b>MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 ASTM C 117</b>			
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>			
<b>PROYECTO :</b>	TESIS "DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA F'c = 450 Kg/cm <sup>2</sup> PARA LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA, USANDO MATERIALES LOCALES"		
<b>UBICACION :</b>	DISTRITO: JAÉN, PROVINCIA: JAÉN, REGIÓN: CAJAMARCA.		
<b>SOLICITANTE :</b>	IGNACIO DÁVALOS HUATANGARI (TESISTA)		
<b>CANTERA :</b>	OCAÑA		
<b>FECHA :</b>	MARZO, 2023		
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>PESO INICIAL SECO (gr)</b>	1037.60	961.32	966.58
<b>PESO FINAL SECO, DESPUES DE LAVADO (gr)</b>	975.80	902.85	907.35
<b>MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 (%)</b>	<b>5.96%</b>	<b>6.08%</b>	<b>6.13%</b>
<b>% QUE PASA EL TAMIZ N°200, PROMEDIO =</b>		<b>6.06%</b>	

*Tabla N° 45.- Material Fino que Pasa el Tamiz N°200 (Agregado Grueso)*

		<b>GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>	
<b>MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 ASTM C 117</b>			
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>			
<b>PROYECTO :</b>	TESIS "DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA F'c = 450 Kg/cm <sup>2</sup> PARA LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA, USANDO MATERIALES LOCALES"		
<b>UBICACION :</b>	DISTRITO: JAÉN, PROVINCIA: JAÉN, REGIÓN: CAJAMARCA.		
<b>SOLICITANTE :</b>	IGNACIO DÁVALOS HUATANGARI (TESISTA)		
<b>CANTERA :</b>	OCAÑA		
<b>FECHA :</b>	MARZO, 2023		
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>PESO INICIAL SECO (gr)</b>	4972.00	5020.00	5012.00
<b>PESO FINAL SECO, DESPUES DE LAVADO (gr)</b>	4960.00	5010.52	4997.50
<b>MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 (%)</b>	<b>0.24%</b>	<b>0.19%</b>	<b>0.29%</b>
<b>% QUE PASA EL TAMIZ N°200, PROMEDIO =</b>		<b>0.24%</b>	

## I) Desgaste a la Abrasión (NTP 400.019 / ASTM C-131)

Tabla N° 46.- Resistencia a la Abrasión del Agregado Grueso

 <b>GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>			
RESISTENCIA A LA DEGRADACION DEL AGREGADO GRUESO DE PEQUEÑO TAMAÑO POR ABRASION E IMPACTO EN LA MAQUINA LOS ANGELES (A.S.T.M. C 131)			
DATOS DEL PROYECTO			
<b>PROYECTO :</b>	TESIS "DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $F^c = 450 \text{ Kg/cm}^2$ PARA LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA, USANDO MATERIALES LOCALES"		
<b>UBICACION :</b>	DISTRITO: JAÉN, PROVINCIA: JAÉN, REGIÓN: CAJAMARCA.		
<b>SOLICITANTE :</b>	IGNACIO DÁVALOS HUATANGARI (TESISTA)		
<b>CANTERA :</b>	OCAÑA		
<b>FECHA :</b>	MARZO, 2023		
CANTERA		OCAÑA	
TAMIZ		GRADACIÓN "A"	MUESTRA 01
PASA	RETENIDO	(gr)	(gr)
3/4"	1/2"	2500 ± 10	2506
1/2"	3/8"	2500 ± 10	2502
TOTAL (gr)		5000 ± 10	5008
RETENIDO EN EL TAMIZ N° 12			3964
PORCENTAJE DE DESGASTE (%)			20.85

## ANEXO II: Diseño de Mezclas de Concreto Usando el Método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados.

### 1) PRIMER DISEÑO: CONCRETO PATRÓN (Sin aditivo ni adición mineral)

#### PRE DISEÑO DE MEZCLAS PATRÓN

1.  $F^c$  de diseño =  $450 \text{ kg/cm}^2$
2. Slump = 3'' – 4'' ..... De tabla N°04
3.  $F^{cr} = 1.2 * 450 = 540 \text{ kg/cm}^2$  ..... De tabla N°05
4. Tamaño Máximo Nominal TMN = 3/4''
5. Cantidad de Agua de Mezclado = 205 Lt..... De tabla N°07
6. Cantidad de Aire Atrapado = 2 % ..... De tabla N°08

7. Relación agua/cemento,  $a/c = 0.38$  ..... De tabla N°11  
(Interpolar)

8. Factor Cemento:

$$\text{Cemento} = \frac{205}{0.38} = \frac{540 \text{ kg}}{42.5 \text{ kg/bol}} = \mathbf{12.7 \text{ bolsas.}}$$

9. Volumen de la pasta:

$$\begin{aligned} \text{Cemento:} & \dots\dots\dots (540 \div (3.12 \times 1000)). = 0.173077 \\ \text{Agua:} & \dots\dots\dots (205 \div (1 \times 1000)). = 0.205 \\ \text{Aire:} & \dots\dots\dots (2 \div 100) = 0.02 \\ & \underline{\hspace{10em}} \\ & \mathbf{0.3981} \end{aligned}$$

10. Volumen Total de los Agregados:

$$V_{ag} = 1 - 0.3981 = \mathbf{0.6019 \text{ m}^3}$$

11. Cálculo del módulo de finura (usando la tabla N° 15):

12  $\longleftrightarrow$  5.71      Haciendo la respectiva interpolación,  
hallamos  $m_c$ :

$$12.70 \xrightarrow{\hspace{2em}} m_c \quad m_c = \mathbf{5.77}$$

13  $\longleftrightarrow$  5.79

Haciendo uso de las ecuaciones 10, 11 y/o 12, hallamos los valores de  $r_f$  y  $r_g$ .

$$r_f \frac{m_c - m_g}{m_f - m_g} = \frac{5.77 - 6.84}{2.83 - 6.84} = \dots\dots\dots$$

$$r_f + r_g = 1, \text{ entonces: } r_g = 1 - r_f = 1 - 0.2668 = 0.7332$$

12. Cálculo del volumen absoluto de los agregados:

$$A_f = 0.6019 \times 0.2668 = 0.160587$$

$$A_g = 0.6019 \times 0.7332 = 0.441313$$

13. Cálculo del Peso Seco de los Agregados:

$$A_f = 0.160587 \times 2570 = 412.71$$

$$A_g = 0.441313 \times 2610 = 1151.83$$

14. Corrección por humedad de los agregados:

i. Pesos húmedos de los agregados:

$$A_f \text{ Húm.} = 412.71 \times (1 + (2.52 \div 100)) = 423.11 \text{ kg/m}^3$$

$$A_g \text{ Húm.} = 1151.83 \times (1 + (0.7 \div 100)) = 1159.89 \text{ kg/m}^3$$

ii. Agua en exceso o en defecto en los agregados:

$$\text{Agua en Af.} = 423.11 \times ((2.52 - 1.96) \div 100) = 2.37$$

$$\text{Agua en Ag.} = 1159.89 \times ((0.7 - 1.43) \div 100) = -8.47$$

iii. Agua Efectiva (Ae):

$$Ae = 205 - (-8.47 + 2.37) = \mathbf{211.10}$$

15. Pesos de la mezcla por metro cúbico de concreto:

Cemento .....	540 kg/m <sup>3</sup>
Agua .....	211.10 lt/m <sup>3</sup>
Ag .....	1159.89 kg/m <sup>3</sup>
Af. ....	423.11 kg/m <sup>3</sup>

**Nota:** Como se puede observar, haciendo uso de la tabla **N°15** para calcular el **mc**, obtenemos un valor muy alto de éste, y por consiguiente una desproporción exagerada entre un agregado y otro, no obstante, se realizaron todos los cálculos y se elaboró un volumen de mezcla para dos probetas y se midió el asentamiento, el cual fue 0, no necesariamente por falta de agua, si no por el exceso de agregado grueso; esto se explica porque los valores de la tabla N° 15 se deben usar cuando los agregados cumplen con las especificaciones granulométricas de los husos normalizados, y nuestros agregados no cumplen al 100% estas especificaciones granulométricas. Por lo tanto, se usó lo propuesto por la ASOCRETO para hallar las proporciones más adecuadas de los agregados, con lo que se obtuvo resultados más óptimos.

### DISEÑO DE MEZCLAS PATRÓN (FINAL)

1. F'c de diseño = 450 kg/cm<sup>2</sup>
2. Slump = 3'' - 4'' ..... De tabla N°04
3. F'cr = 1.2 \* 450 = 540 kg/cm<sup>2</sup> ..... De tabla N°05
4. Tamaño Máximo Nominal TMN = 3/4''
5. Cantidad de Agua de Mezclado = 205 Lt. .... De tabla N°07
6. Cantidad de Aire Atrapado = 2 % ..... De tabla N°08
7. Relación agua/cemento, a/c = 0.38 ..... De tabla N°11 (Interpolar)

8. Factor Cemento:

$$\text{Cemento} = \frac{205}{0.38} = \frac{540 \text{ kg}}{42.5 \text{ kg/bol}} = 12.69 \text{ bolsas.}$$

9. Volumen de la pasta:

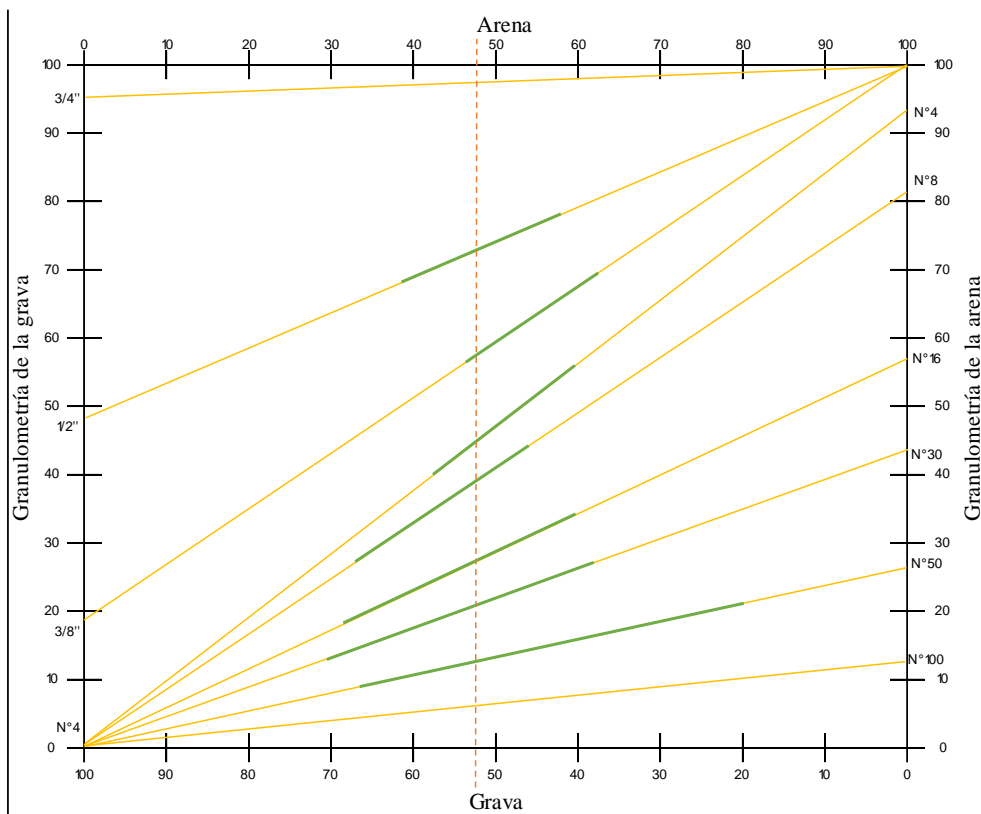
$$\begin{aligned} \text{Cemento:} & \dots\dots\dots (540 \div (3.12 \times 1000)). & = & 0.173077 \\ \text{Agua:} & \dots\dots\dots (205 \div (1 \times 1000)). & = & 0.205 \\ \text{Aire:} & \dots\dots\dots (2 \div 100) & = & 0.02 \\ & & & \hline & & & \mathbf{0.3981} \end{aligned}$$

10. Volumen Total de los Agregados:

$$V_{ag} = 1 - 0.3981 = \mathbf{0.6019 \text{ m}^3}$$

11. Cálculo del porcentaje de participación de cada agregado usando la optimización de la granulometría, (método gráfico de la RNL):

*Gráfico N° 10. Optimización gráfica de la Granulometría (Método RNL)*



Del gráfico anterior se tiene:

$$A_g = \mathbf{52.5\%}$$

$$A_f = \mathbf{47.5\%}$$

12. Cálculo del volumen absoluto de los agregados:

$$Af = 0.6019 \times 0.475 = 0.2859$$

$$Ag = 0.6019 \times 0.525 = 0.3160$$

**13. Cálculo del Peso Seco de los Agregados:**

$$Af = 0.2859 \times 2570 = 734.76$$

$$Ag = 0.3160 \times 2610 = 824.76$$

**14. Corrección por humedad de los agregados:**

**i. Pesos húmedos de los agregados:**

$$Ag. \text{ Húm.} = 824.76 \times (1 + (0.7 \div 100)) = 830.53 \text{ kg/m}^3$$

$$Af. \text{ Húm.} = 734.76 \times (1 + (2.52 \div 100)) = 753.28 \text{ kg/m}^3$$

**ii. Agua en exceso o en defecto en los agregados:**

$$\text{Agua en Ag.} = 830.53 \times ((0.7 - 1.43) \div 100) = -6.06$$

$$\text{Agua en Af.} = 753.28 \times ((2.52 - 1.96) \div 100) = 4.22$$

**iii. Agua Efectiva (Ae):**

$$Ae = 205 - (-6.06 + 4.22) = \mathbf{206.84 \text{ Lt.}}$$

**15. Pesos de la mezcla por metro cúbico de concreto:**

Cemento ..... 540 kg/m<sup>3</sup>

Agua ..... 206.84 lt/m<sup>3</sup>

Ag ..... 830.53 kg/m<sup>3</sup>

Af. .... 753.28 kg/m<sup>3</sup>

**16. Cálculo para el volumen requerido (8 probetas de 6'' x 12'')**

$$\text{Volumen de 1 probeta} = 0.00548 \text{ m}^3$$

$$\text{Número de probetas} = 8$$

$$\text{Entonces tenemos un factor de: } 0.04384$$

Cemento ..... 23.67 kg

Agua ..... 9.07 lt

Ag ..... 36.41 kg

Af. .... 33.02 kg

**17. Ajuste a la mezcla de prueba.**

Al realizar la mezcla resultó muy seca y se tuvo que añadir 485 mililitros de agua adicional para obtener la trabajabilidad y asentamiento deseados, siendo así necesario un ajuste en la dosificación.

a) Si no se quiere variar la relación agua/cemento, para el ajuste de la mezcla, se sigue el siguiente procedimiento:

i. Ajuste de agua de mezcla

La mezcla de prueba se realizó con un volumen de  $0.0159\text{m}^3$ , de tal modo que la cantidad en peso de los materiales o ingredientes fue de:

Cemento .....	8.58 kg
Agua .....	3.29 kg
Ag .....	13.21 kg
Af. ....	<u>11.98 kg</u>
	37.06kg = peso del material

dosificado.

En el cálculo del peso unitario del concreto fresco se obtuvo un valor de  $2,340\text{ kg/m}^3$

El rendimiento de la mezcla de prueba fue de:

$$\text{Rend.} = \frac{37.06}{2340} = 0.01584$$

El contenido neto de agua de mezclado de la mezcla de prueba fue de:

3.29 .....	(agua de diseño)
0.465 .....	(agua adicional, añadida)
+4.22 x 0.0159 .....	(por agua libre en la arena)
<u>3.82kg</u>	

Entonces la cantidad neta de agua de mezclado que se requiere para un metro cúbico de concreto con el mismo asentamiento de la mezcla de prueba es de:

$$\frac{3.82}{0.01584} = 241.16\text{ kg/m}^3$$



ii. Ajuste de la cantidad de cemento

Al aumentar la cantidad de agua de mezclado es necesario agregar cemento adicional, si queremos mantener constante la relación a/c de 0.38. entonces la cantidad de cemento reajustada es de:

$$\frac{241.16}{0.38} = 634.63 \text{ kg/m}^3 = 14.93 \text{ bol/m}^3.$$

iii. Ajuste de la cantidad de grava

Debido a que la trabajabilidad fue satisfactoria, se mantiene constante la cantidad de grava por volumen unitario de concreto utilizado en la mezcla de prueba. Así, la cantidad de grava por metro cúbico es de:

$$\frac{14.93}{0.01584} = 942.55 \text{ kg/m}^3 \text{ (húmedo)}$$

La cantidad en peso seco es de:

$$\frac{942.55}{1.007} = 936.00 \text{ kg/m}^3$$

Y la cantidad en peso sss es de:

$$936.00 \times 1.0143 = 949.38$$

iv. Ajuste de la cantidad de arena

Por diferencia de pesos:

Peso volumétrico del concreto .....	2340 kg/m <sup>3</sup>
Peso del cemento .....	634.63 kg/m <sup>3</sup>
Peso del agua .....	241.16 kg/m <sup>3</sup>
Peso de la grava .....	949.38 kg/m <sup>3</sup>

Entonces la cantidad de arena es:

$$2340 - (634.63 + 241.16 + 949.38) = 514.83 \text{ kg (sss)}$$

En peso seco es:

$$\frac{514.83}{1.0252} = 502.18 \text{ kg/m}^3$$

Los pesos de la mezcla por metro cúbico de concreto corregidos son:

Cemento .....	634.63 kg/m <sup>3</sup>
Agua .....	241.16 lt/m <sup>3</sup>
Ag .....	949.38 kg/m <sup>3</sup>
Af. ....	502.18 kg/m <sup>3</sup>

b) Si no se desea incrementar la cantidad de cemento, solamente se corrige la cantidad de agua y al mantenerse el factor cemento constante, la relación agua/cemento varía. El ajuste de la mezcla se realiza de la siguiente manera:

i. Ajuste de agua de mezcla

La mezcla de prueba se realizó con un volumen de 0.0159m<sup>3</sup>, de tal modo que la cantidad en peso de los materiales o ingredientes fue de:

Cemento .....	8.58 kg
Agua .....	3.29 kg
Ag .....	13.21 kg
Af. ....	<u>11.98 kg</u>

37.06kg = peso del material dosificado.

ii. Agua total empleada:

$$\text{Agua} = 3.29 + 0.465 = 3.755 \text{ kg} = 3755 \text{ ml.}$$

iii. Agua corregida para 1 m<sup>3</sup>:

$$\text{Agua corregida} = 3.755 / 0.0159 = 236.16 \text{ L} = \text{agua efectiva.}$$

iv. Agua sin corrección por humedad de los agregados (agua inicial):

$$\text{Agua inicial} = 236.16 + (-6.06+4.22) = 234.32 \text{ litros.}$$

v. Nueva relación a/c.

$$a/c = 234.32 / 540 = 0.43$$

vi. Por lo tanto, los pesos de los materiales para un metro cúbico de concreto son:

Cemento .....	540 kg/m <sup>3</sup>
Agua .....	234.32 lt/m <sup>3</sup>
Ag .....	830.53 kg/m <sup>3</sup>
Af. ....	753.28 kg/m <sup>3</sup>

**2) SEGUNDO DISEÑO: CONCRETO CON 0.5 % DE ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (Sika® ViscoCrete® SC-50)**

• Tomando el ajuste o corrección del agua de mezclado en la mezcla patrón se diseñará con la nueva relación a/c.

1. F'c de diseño = 450 kg/cm<sup>2</sup>
2. Slump = 3'' – 4'' ..... De tabla N°04
3. F'cr = 1.2 \* 450 = 540 kg/cm<sup>2</sup> ..... De tabla N°05
4. Tamaño Máximo Nominal TMN = 3/4''
5. Cantidad de Agua de Mezclado = 205 Lt.....De tabla N°07

El aditivo Sika® ViscoCrete® SC-50, en la concentración del 0.5%, reduce un 15% de agua, entonces:

$$\text{Agua} = 205 \times 0.85 = 174.25 \text{ Lt.}$$

6. Cantidad de Aire Atrapado = 2 % ..... De tabla N°08
7. Relación agua/cemento, a/c = 0.43 ..... De Diseño patrón.

8. Factor Cemento:

$$\text{Cemento} = \frac{174.25}{0.43} = \frac{405.23 \text{ kg}}{42.5 \text{ kg/bol}} = \mathbf{9.53 \text{ bolsas.}}$$

9. Calculamos la cantidad de Aditivo Superplastificante

$$\text{Aditivo} = (0.5 \times 405.23)/100 = 2.0262 \text{ kg} = 1.842 \text{ Lt}$$

10. Volumen de la pasta:

Cemento: .....	(405.23 ÷ (3.12 x 1000)).	=	0.129881
Agua: .....	(174.25 ÷ (1 x 1000)).	=	0.17425
Aditivo: .....	(2.0262 ÷ (1.1 x 1000)).	=	0.001842
Aire: .....	(2 ÷ 100)	=	0.02
			<b>0.32597</b>

**11. Volumen Total de los Agregados:**

$$V_{ag} = 1 - 0.32597 = \mathbf{0.67403 \text{ m}^3}$$

**12. Cálculo del porcentaje de participación de cada agregado usando la optimización de la granulometría, (método de la RNL, Gráfico N°20):**

$$A_g = \mathbf{52.5\%}$$

$$A_f = \mathbf{47.5\%}$$

**13. Cálculo del volumen absoluto de los agregados:**

$$A_f = 0.67403 \times 0.475 = 0.32016$$

$$A_g = 0.67403 \times 0.525 = 0.35387$$

**14. Cálculo del Peso Seco de los Agregados:**

$$A_f = 0.32016 \times 2570 = 822.81$$

$$A_g = 0.35387 \times 2610 = 923.60$$

**15. Corrección por humedad de los agregados:**

**i. Pesos húmedos de los agregados:**

$$A_g \text{ Húm.} = 923.6 \times (1 + (0.7 \div 100)) = 930.07 \text{ kg/m}^3$$

$$A_f \text{ Húm.} = 822.81 \times (1 + (2.52 \div 100)) = 843.54 \text{ kg/m}^3$$

**ii. Agua en exceso o en defecto en los agregados:**

$$\text{Agua en } A_g = 930.07 \times ((0.7 - 1.43) \div 100) = -6.79$$

$$\text{Agua en } A_f = 843.54 \times ((2.52 - 1.96) \div 100) = 4.72$$

**iii. Agua Efectiva (Ae):**

$$A_e = 174.25 - (-6.79 + 4.72) = \mathbf{176.32 \text{ Lt.}}$$

**16. Pesos de la mezcla por metro cúbico de concreto:**

Cemento ..... 405.23 kg/m<sup>3</sup>

Agua ..... 176.32 lt/m<sup>3</sup>

Aditivo ..... 1.842 lt/m<sup>3</sup>

Ag ..... 930.07 kg/m<sup>3</sup>

Af ..... 843.54 kg/m<sup>3</sup>

**17. Cálculo para el volumen requerido (8 probetas de 6'' x 12'')**

Volumen de 1 probeta =  $0.00548 \text{ m}^3$

Número de probetas = 8

Entonces tenemos un factor de: 0.04384

Cemento ..... 17.77 kg

Agua ..... 7.73 lt

Aditivo ..... 0.081 lt

Ag ..... 40.77 kg

Af. .... 36.98 kg

**3) TERCER DISEÑO: CONCRETO CON 1.00% DE ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (Sika® ViscoCrete® SC-50)**

- Tomando el ajuste o corrección del agua de mezclado en la mezcla patrón se diseñará con la nueva relación a/c.

1.  $F'c$  de diseño =  $450 \text{ kg/cm}^2$

2. Slump = 3'' – 4'' ..... De tabla N°04

3.  $F'cr = 1.2 * 450 = 540 \text{ kg/cm}^2$  ..... De tabla N°05

4. Tamaño Máximo Nominal TMN = 3/4''

5. Cantidad de Agua de Mezclado = 205 Lt. .... De tabla N°07S

El aditivo Sika® ViscoCrete® SC-50, en la concentración del 0.5%, reduce un 20% de agua, entonces:

Agua =  $205 \times 0.80 = 164 \text{ Lt.}$

6. Cantidad de Aire Atrapado = 2 % ..... De tabla N°08

7. Relación agua/cemento, a/c = 0.43 ..... De Diseño patrón.

8. Factor Cemento:

$$\text{Cemento} = \frac{164}{0.43} = \frac{381.40 \text{ kg}}{42.5 \text{ kg/bol}} = \mathbf{8.97 \text{ bolsas.}}$$

9. Calculamos la cantidad de Aditivo Superplastificante

Aditivo =  $(1.0 \times 381.40)/100 = 3.814 \text{ kg} = 3.467 \text{ Lt}$

**10. Volumen de la pasta:**

$$\begin{array}{lcl} \text{Cemento:} & \dots\dots\dots (381.4 \div (3.12 \times 1000)). & = 0.122244 \\ \text{Agua:} & \dots\dots\dots (164 \div (1 \times 1000)). & = 0.1640000 \\ \text{Aditivo:} & \dots\dots\dots (3.467 \div (1.1 \times 1000)). & = 0.003152 \\ \text{Aire:} & \dots\dots\dots (2 \div 100) & = 0.02 \\ & & \hline & & \mathbf{0.309396} \end{array}$$

**11. Volumen Total de los Agregados:**

$$\text{Vag.} = 1 - 0.309396 = \mathbf{0.690604 \text{ m}^3}$$

**12. Cálculo del porcentaje de participación de cada agregado usando la optimización de la granulometría, (método de la RNL, Gráfico N°20):**

$$\mathbf{A_g = 52.5\%}$$

$$\mathbf{A_f = 47.5\%}$$

**13. Cálculo del volumen absoluto de los agregados:**

$$\text{Af} = 0.690604 \times 0.475 = 0.32458$$

$$\text{Ag} = 0.690604 \times 0.525 = 0.36257$$

**14. Cálculo del Peso Seco de los Agregados:**

$$\text{Af} = 0.32458 \times 2570 = 834.17$$

$$\text{Ag} = 0.36257 \times 2610 = 953.35$$

**15. Corrección por humedad de los agregados:**

**i. Pesos húmedos de los agregados:**

$$\text{Ag. Húm.} = 953.35 \times (1 + (0.7 \div 100)) = 960.02 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Af. Húm.} = 834.17 \times (1 + (2.52 \div 100)) = 855.19 \text{ kg/m}^3$$

**ii. Agua en exceso o en defecto en los agregados:**

$$\text{Agua en Ag.} = 960.02 \times ((0.7 - 1.43) \div 100) = -7.01$$

$$\text{Agua en Af.} = 855.19 \times ((2.52 - 1.96) \div 100) = 4.79$$

**iii. Agua Efectiva (Ae):**

$$\text{Ae} = 164 - (-7.01 + 4.79) = \mathbf{166.22 \text{ Lt.}}$$

**16. Pesos de la mezcla por metro cúbico de concreto:**

Cemento .....	381.40 kg/m <sup>3</sup>
Agua .....	166.22 lt/m <sup>3</sup>
Aditivo .....	3.467 lt/m <sup>3</sup>
Ag .....	960.02 kg/m <sup>3</sup>
Af. ....	855.19 kg/m <sup>3</sup>

**17. Cálculo para el volumen requerido (8 probetas de 6'' x 12'')**

Volumen de 1 probeta = 0.00548 m<sup>3</sup>

Número de probetas = 8

Entonces tenemos un factor de: 0.04384

Cemento ..... 16.72 kg |

Agua ..... 7.29 lt |

Aditivo ..... 0.15 lt |

Ag ..... 42.09 kg |

Af. .... 37.49 kg |

**4) CUARTO DISEÑO: CONCRETO CON 1.5 % DE ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (Sika® ViscoCrete® SC-50)**

- Tomando el ajuste o corrección del agua de mezclado en la mezcla patrón se diseñará con la nueva relación a/c.

1. F<sup>'c</sup> de diseño = 450 kg/cm<sup>2</sup>

2. Slump = 3'' – 4'' ..... De tabla N°04

3. F<sup>'cr</sup> = 1.2 \* 450 = 540 kg/cm<sup>2</sup>..... De tabla N°05

4. Tamaño Máximo Nominal TMN = 3/4''

5. Cantidad de Agua de Mezclado = 205 Lt..... De tabla N°07S

El aditivo Sika® ViscoCrete® SC-50, en la concentración del 1.5%, reduce un 23% de agua, entonces:

Agua = 205 x 0.77 = 157.85 Lt.

6. Cantidad de Aire Atrapado = 2 % ..... De tabla N°08

7. Relación agua/cemento, a/c = 0.43 ..... De Diseño patrón.

**8. Factor Cemento:**

$$\text{Cemento} = \frac{157.85}{0.43} = \frac{367.09 \text{ kg}}{42.5 \text{ kg/bol}} = \mathbf{8.64 \text{ bolsas.}}$$

**9. Calculamos la cantidad de Aditivo Superplastificante**

$$\text{Aditivo} = (1.5 \times 367.09)/100 = 5.506 \text{ kg} = 5.01 \text{ Lt}$$

**10. Volumen de la pasta:**

$$\begin{array}{l} \text{Cemento: } \dots\dots\dots (367.09 \div (3.12 \times 1000)). \quad = \quad 0.117657 \\ \text{Agua: } \dots\dots\dots (157.85 \div (1 \times 1000)). \quad = \quad 0.15785 \\ \text{Aditivo: } \dots\dots\dots (5.01 \div (1.1 \times 1000)). \quad = \quad 0.004555 \\ \text{Aire: } \dots\dots\dots (2 \div 100) \quad = \quad 0.02 \\ \hline \mathbf{0.300062} \end{array}$$

**11. Volumen Total de los Agregados:**

$$V_{ag} = 1 - 0.3000626 = \mathbf{0.699938 \text{ m}^3}$$

**12. Cálculo del porcentaje de participación de cada agregado usando la optimización de la granulometría, (método de la RNL, Gráfico N°20):**

$$A_g = \mathbf{52.5\%}$$

$$A_f = \mathbf{47.5\%}$$

**13. Cálculo del volumen absoluto de los agregados:**

$$A_f = 0.699938 \times 0.475 = 0.33247$$

$$A_g = 0.699938 \times 0.525 = 0.36747$$

**14. Cálculo del Peso Seco de los Agregados:**

$$A_f = 0.33247 \times 2570 = 854.45$$

$$A_g = 0.36747 \times 2610 = 959.10$$

**15. Corrección por humedad de los agregados:**

**i. Pesos húmedos de los agregados:**

$$A_g \text{ Húm.} = 959.10 \times (1 + (0.70 \div 100)) = 965.81 \text{ kg/m}^3$$

$$A_f \text{ Húm.} = 854.45 \times (1 + (2.52 \div 100)) = 875.98 \text{ kg/m}^3$$

**ii. Agua en exceso o en defecto en los agregados:**

$$\text{Agua en } A_g = 965.81 \times ((0.7 - 1.43) \div 100) = -7.05$$



$$\text{Agua en Af.} = 875.98 \times ((2.52 - 1.96) \div 100) = 4.91$$

iii. Agua Efectiva (Ae):

$$Ae = 157.85 - (-7.05 + 4.91) = \mathbf{160.00 \text{ Lt.}}$$

16. Pesos de la mezcla por metro cúbico de concreto:

Cemento .....	367.09 kg/m <sup>3</sup>
Agua .....	160.00 lt/m <sup>3</sup>
Aditivo .....	5.01 lt/m <sup>3</sup>
Ag .....	965.81 kg/m <sup>3</sup>
Af. ....	875.98 kg/m <sup>3</sup>

17. Cálculo para el volumen requerido (8 probetas de 6'' x 12'')

$$\text{Volumen de 1 probeta} = 0.00548 \text{ m}^3$$

$$\text{Número de probetas} = 8$$

Entonces tenemos un factor de: 0.04384

Cemento .....	16.09 kg
Agua .....	7.01 lt
Aditivo .....	0.22 lt
Ag .....	42.34 kg
Af. ....	38.40 kg

**ANEXO III: Panel Fotográfico.**



*Imagen N° 1: Ensayo Peso Específico del Agregado Fino.*



*Imagen N° 2: Ensayo Peso Específico del Agregado Grueso.*



*Imagen N° 3: Ensayo Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso.*



*Imagen N° 4: Ensayo Peso Unitario Compactado del Agregado Fino.*



*Imagen N° 5: Determinación de Peso Unitario del Concreto Fresco.*



*Imagen N° 6: Determinación del Contenido de Aire, con la Olla Washington.*



*Imagen N° 7: Lectura del Contenido de Aire, en la Olla Washington.*



*Imagen N° 8: Medida del aditivo superplastificante.*



*Imagen N° 9: Moldeo de Probetas de 6"x12".*



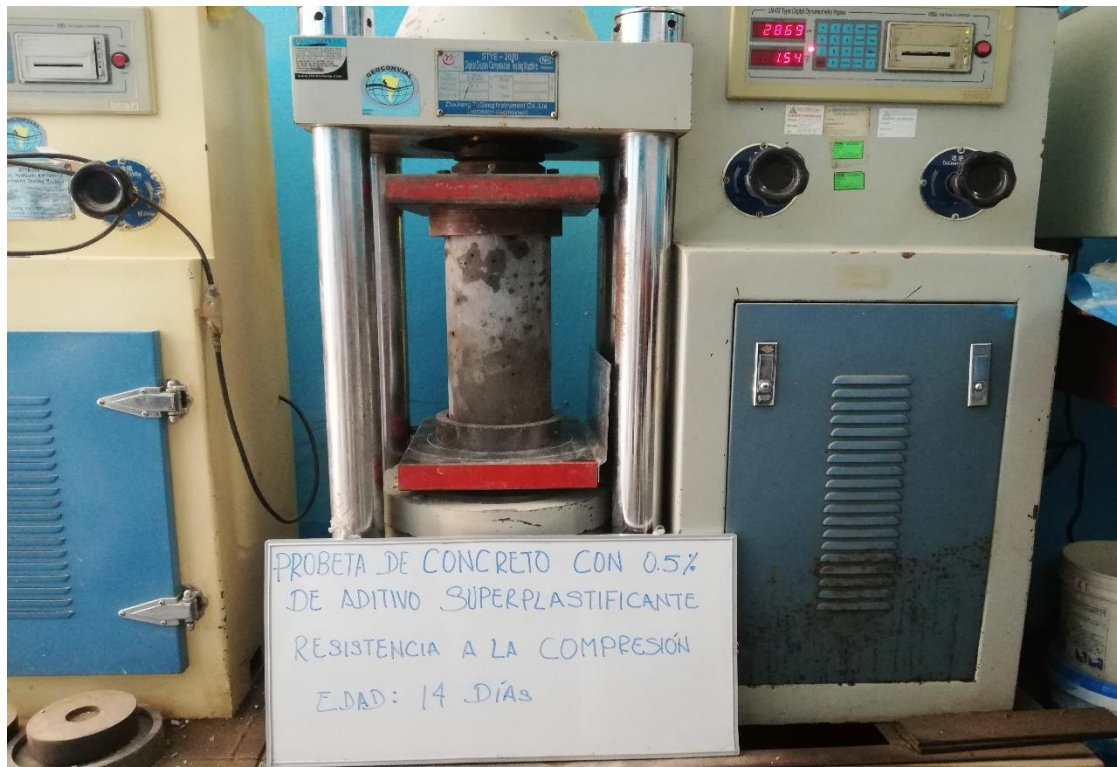
*Imagen N° 10: Determinación del slump del concreto CSo.5.*



*Imagen N° 11: Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS0.5, a los 7 días.*



*Imagen N° 12: Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CP, a los 28 días.*



**Imagen N° 13:** Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS0.5, a los 14 días.



**Imagen N° 14:** Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS0.5, a los 28 días.





**Imagen N° 15:** Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS01.0, a los 7 días.



**Imagen N° 16:** Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS1.5, a los 7 días.



*Imagen N° 17: Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS1.0, a los 14 días.*



*Imagen N° 18: Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS1.5, a los 14 días.*



*Imagen N° 19: Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS1.0, a los 28 días.*



*Imagen N° 20: Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS1.5, a los 28 días.*



**Imagen N° 21:** Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS1.0, a los 56 días.



**Imagen N° 22:** Determinación de la resistencia a la compresión del concreto CS1.5, a los 56 días.

## ANEXO IV: Ficha Técnica del aditivo Sika Viscocrete SC-50.

CONSTRUYENDO CONFIANZA



### HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

# Sika® ViscoCrete® SC-50

Aditivo superplastificante de alto desempeño para concreto y shotcrete

#### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® ViscoCrete® SC-50 es un aditivo para concreto lanzado, concreto convencional y mortero específicamente desarrollado para incrementar el tiempo de trabajabilidad. Está diseñado para producir concretos que necesitan mantener la fluidez por varias horas. No contiene cloruros.

#### USOS

Sika® ViscoCrete® SC-50 puede usarse para:

- Transporte del concreto y mortero a lo largo de grandes distancias.
- Procesos constructivos que requieran mucho tiempo para la colocación y compactación del concreto.
- Para concretos y morteros a suministrarse en obras ubicadas en lugares remotos o de elevado congestionamiento de tránsito.
- Transporte y colocación del concreto y mortero en condiciones medio ambiental es muy rigurosas, baja humedad relativa, muy alta velocidad de viento y temperaturas extremas en el concreto.
- Para elevar la permanencia del concreto y mortero en tuberías y cañerías durante el bombeo.
- Con el uso de cementos de elevada reactividad inicial, como por ejemplo ricos en aluminato tricálcico (C3A), de elevada finura o de alta resistencia.

#### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

El Sika® ViscoCrete® SC-50 es un aditivo que basa su accionar en una combinación de efectos: eléctricos, de adsorción y de repulsión estérica, de tal manera que las partículas sólidas son efectivamente dispersadas y un alto nivel de fluidificación puede mantenerse en el tiempo con menor contenido de agua.

- Es un reductor de agua de alto rango por lo que no es necesario utilizar fluidificantes adicionales.
- El uso de Sika ViscoCrete® SC-50 permite la producción de concretos y morteros de alto desempeño.
- Efectividad en concretos y morteros con un amplio rango de relaciones agua/cemento (a/c) y temperaturas.
- Provee concretos y morteros de mayor estabilidad y tiempo de trabajabilidad que aquellos elaborados con dispersantes y reductores de agua convencionales.
- Compatibilidad con otros aditivos Sika.
- Retiene la trabajabilidad por más tiempo manteniendo el desarrollo de las resistencias iniciales.
- Se puede aplicar a cementos de alta reactividad, los cuales pueden conducir a una elevada rigidez inicial.
- No es necesario recurrir a un acelerante para activar la hidratación ya que no modifica sustancialmente el desarrollo del fraguado (una vez que pasa el efecto de retención de trabajabilidad).

#### CERTIFICADOS / NORMAS

Cumple con la Normas:

- ASTM C 494 Tipo F
- ASTM C 1017 tipo I
- ASTM C1141 Tipo II, Grado 7, Clase A

Hoja De Datos Del Producto  
Sika® ViscoCrete® SC-50  
Septiembre 2021, Versión 01.02  
021301011000001515

## INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

<b>Empaques</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Cilindro x 200 L</li><li>▪ Dispenser x 1,000 L</li><li>▪ Granel x 1 L</li></ul>
<b>Apariencia / Color</b>	Líquido / Marrón claro a marrón oscuro.
<b>Vida Útil</b>	12 meses a partir de la fecha de producción.
<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	En su envase original y sin abrir, protegido de la luz directa del sol y de las heladas, a temperaturas entre 5 °C y 35 °C.
<b>Densidad</b>	1,10 +/- 0,01 Kg/L

## NOTAS

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

## ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

## INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

Sika® ViscoCrete® SC-50 se añade en el agua de mezcla o sobre la masa del concreto. Para asegurar la máxima eficacia se recomienda ampliar el tiempo de mezclado medio minuto más por cada metro cúbico de concreto. Sika® ViscoCrete® SC-50 puede usarse en sinergia con otros aditivos Sika, se recomienda apoyarse en el equipo técnico Sika. No debe agregarse al cemento seco.

## PRECAUCIONES

Limpie todas las herramientas y equipos de aplicación con agua inmediatamente después de su uso. Los datos técnicos indicados en esta hoja técnica están basados en ensayos de laboratorio. Los datos reales pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.

## DOSIFICACIÓN

Para aplicaciones típicas 0.5% al 1.8% del peso del material cementante.

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

Hoja De Datos Del Producto  
Sika® ViscoCrete® SC-50  
Septiembre 2021, Versión 01.02  
021301011000001515

2 / 2

## RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto

## NOTAS LEGALES

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

SikaViscoCreteSC-50-es-PE-(09-2021)-1-2.pdf

CONSTRUYENDO CONFIANZA



## ANEXO V: Ficha Técnica del Cemento Portland Tipo I



**DESCRIPCIÓN**

**Cemento Portland Tipo I.** Gracias a su nuevo diseño de clinker, se logra una mejor resistencia a la compresión garantizando óptimos resultados en tu obra.

**USOS**

- Cemento de uso general.

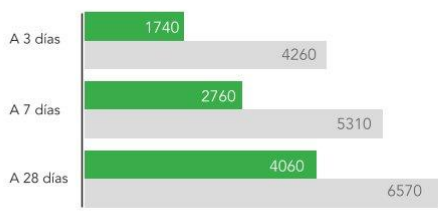
**ATRIBUTOS**

- Diseño que supera los requisitos de la normas nacionales**
- Altas resistencias a todas las edades**
- Desarrolla altas resistencias iniciales que garantiza un adecuado avance de obra.
  - El diseño correcto en concreto garantiza un menor tiempo de desencofrado.

**RECOMENDACIONES PARA USO Y ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO**

- Mantener el cemento en un lugar seco bajo techo, protegido de la humedad.
- Almacenar sobre plataforma de madera y en rumas que no excedan las 8 bolsas
- Utilizar agregados y materiales de buena calidad.
- A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**



\*Requisito opcional.

**Resistencia a la compresión (psi)**

■ Resultado Promedio   ■ Requisito mínimo NTP 334.009 / ASTM C150





# Cemento Tipo I Estructural

## Cemento Portland Tipo I

Requisitos normalizados - NTP 334.009 / ASTM C150

### REQUISITOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	2.1
SO <sub>3</sub>	Máximo	3.0	%	NTP 334.086	2.8
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	3.1
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	0.6

### REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	8
Finura, Superficie específica	Mínimo	2,600	cm <sup>2</sup> /g	NTP 334.002	4000
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.07
<b>Resistencia a la compresión</b>					
3 días	Mínimo	12.0 (1740)	MPa (psi)	NTP 334.051	29.4 (4260)
7 días	Mínimo	19.0 (2760)	MPa (psi)	NTP 334.051	36.6 (5310)
28 días**	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	45.3 (6570)
<b>Tiempo de Fraguado Vicat</b>					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	139
Fraguado final	Máximo	375	Minutos	NTP 334.006	250

\*Valores promedios referenciales de lotes despachados / \*\*Requisito opcional.

### VENTAJAS



Presentaciones: Bolsas de 42.5 kg, granel y big bag de 1TM.



Fecha Recomendada de Uso: para aprovechar de mejor manera sus propiedades



Fecha de Producción: para que utilices el cemento más fresco

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.

**Pacasmayo**