

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFECIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ESTUDIO DE UN CONCRETO FLUÍDICO DE  $f'_c=250$  kg/cm<sup>2</sup> CON  
SUPERPLASTIFICANTE PARA ESTRUCTURAS EN LA CIUDAD DE JAÉN.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Bach: ABEL HILMER FLORES AÑORGA

**ASESOR:**

**M. en I. HÉCTOR PÉREZ LOAYZA**

**Cajamarca - Perú**

**2016**

## **I. AGRADECIMIENTO**

En primer lugar agradezco a Dios por permitirme formarme profesionalmente dentro de mi universidad, Un especial agradeciendo a nuestro asesor, Ing. Héctor Pérez Loaiza, por el tiempo dedicado al desarrollo de esta tesis, ya que sin su invaluable aporte y experiencia esta investigación no hubiera sido posible.

A mis padres, Edilberto Flores Ochoa y Maximina Añorga Ruiz, hermanos y familiares, por el apoyo incondicional brindado durante mis años de estudios. A mis amigos cercanos, quienes siempre me dieron ánimo. A todas las personas que me brindaron apoyo, sin los cuales este trabajo no sería posible.

Muchas gracias.

## **II. DEDICATORIA**

A Dios, por ser el principio creado de todas las cosas.

A mis padres, Edilberto Flores Ochoa y Maximina Añorga Ruiz, por su confianza, sueños, sacrificios, apoyo constante e incondicional.

A mis hermanos y tíos y primos, por siempre promover la vida en familia y el apoyo mutuo.

A mis compañeros de clase, por ser mi familia durante los años dentro de la universidad.

A mis asesor, excelente y ejemplar Ingeniero.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

I. AGRADECIMIENTO.....	I
II. DEDICATORIA .....	II
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	iii
III. ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
IV. ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
V. ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT .....	XII
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. ....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA. ....	1
1.3. LAS LIMITACIONES .....	2
1.4. OBJETIVOS .....	2
1.4.1. OBJETIVOS GENERAL.....	2
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.5. HIPOTESIS .....	2
1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES .....	3
1.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	3
1.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	3
II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	4
2.1.1. INTERNACIONALES.....	4
2.1.2. NACIONALES .....	4
2.1.3. REGIONALES.....	4
2.1.4. LOCALES.....	4
2.2. BASES TEÓRICAS.....	5
2.2.1. EL CONCRETO.....	5
2.2.2. COMPONENTES DEL CONCRETO.....	5
2.2.3. PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO FRESCO.....	12
2.2.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO .....	15
2.2.5. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	19
2.2.6. ADITIVOS PARA CONCRETO .....	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27

3.1.	LOCALIZACIÓN.....	27
3.2.	ORIGEN DE LOS AGREGADOS.....	28
3.3.	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.....	29
3.3.1.	Materiales utilizados en los concretos de la investigación.....	29
3.3.2.	Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado NTP 339.185 - 2002 y ASTM C 566.....	30
3.3.3.	Método de ensayo normalizado para peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino según la NTP 400.022 – 2013 y ASTM C 128.....	31
3.3.4.	Método de ensayo normalizado para peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso según la NTP 400.021-2002 y ASTM C 127.....	34
3.3.5.	Método de ensayo para determinar pesos volumétricos secos, sueltos y compactados según la NTP 400.017 – 2011 y ASTM C 29.....	36
3.3.6.	Abrasión por la máquina de los ángeles (ASTMC-131).....	39
a.	Materiales y Equipos.....	39
b.	Procedimiento.....	39
c.	Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.....	40
3.3.7.	Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global según la NTP 400.012 – 2013 y ASTM C 136.....	40
3.4.	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO.....	43
3.4.1.	Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland según la ntp 339.035 - 2009 y astm c 143.....	43
3.4.2.	Práctica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en Laboratorio según la NTP 339.183 – 2009 y ASTM C 192.....	44
3.4.3.	Peso unitario del concreto: El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.046 – Revisada el 2013.....	47
3.4.4.	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas según la NTP 339.034 - 2008 y ASTM C 39.	49
3.5.	PASOS PARA DISEÑOS DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI 211.....	52
3.6.	TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	56
IV.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	58
4.1.	RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.....	58
4.2.	RESUMEN DEL DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS.....	66
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72

5.1. CONCLUSIONES .....	72
5.2. RECOMENDACIONES.....	73
REFERENCIAS .....	74
ANEXO A.....	76
A.    DISEÑO DE MEZCLAS CON ADITIVO Y SIN ADITIVO.....	76
B.    RESULTADOS DE LOS ESPECÍMENES .....	88
ANEXO B .....	94
TABLAS	94
ANEXO C .....	97
FIGURAS E IMÁGENES .....	97

### III. ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS SEGÚN SU FORMA .....	8
TABLA 2. CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS SEGÚN SU TEXTURA .....	8
TABLA3 CONSISTENCIAS Y TRABAJABILIDAD SEGÚN EL ASENTAMIENTO .....	14
TABLA 4 TOLERANCIA PARA ASENTAMIENTO NOMINAL.....	14
TABLA 5 TOLERANCIA PERMISIBLE POR EDAD DE ENSAYO .....	16
TABLA 6 NORMAS TÉCNICAS PERUANAS .....	24
TABLA7. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM) .....	25
TABLA 8 REVESTIMIENTOS RECOMENDADOS PARA VARIOS TIPOS DE CONSTRUCCIÓN.....	52
TABLA 9 AGUA, KG/M3 DE CONCRETO PARA TM NOMINAL DE AGREGADO INDICADO Y % DE AIRE ESTIMADO .....	53
TABLA 10 RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA .....	53
TABLA 11 RELACIÓN AGUA/CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.....	54
TABLA 12 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO.....	55
TABLA 13 CANTIDAD DE PRUEBAS SLUMP Y TESTIGOS DE CONCRETO POR CADA MEZCLA. ....	57
TABLA 14 RESUMEN DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS .....	65
TABLA 15 PROPORCIONAMIENTO DE MATERIALES POR TANDA 7 ESPECÍMENES.....	66
TABLA 16 ASENTAMIENTOS DEL CONCRETO FRESCO PARA F'C=250 KG/CM2...66	
TABLA 17 RESULTADOS OBTENIDOS DE ESPECÍMENES F'C=250 KG/CM2 CON ADITIVO 7, 14 Y 28 DÍAS.....	67
TABLA 18 RESULTADOS OBTENIDOS DE ESPECÍMENES F'C=250 KG/CM2 SIN ADITIVO.....	68
TABLA 19 RESISTENCIAS PROMEDIO DE ESPECÍMENES F'C= 250 KG/CM2 .....	69
TABLA 20 EL VALOR DELAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS .....	72
TABLA 21 CANTERA ARENERA JAÉN: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LAS EDADES DE: 7,14 Y 28 DÍAS PARA CONCRETO F'C=250KG/CM2 CON ADITIVO....	88
TABLA 22 CANTERA ARENERA JAÉN: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LAS EDADES DE: 7,14 Y 28 DÍAS PARA CONCRETO F'C=250KG/CM2 SIN ADITIVO.....	89
TABLA 23PRUEBA DE SLUMP A LOS 7,14 Y 28 DÍAS CON ADITIVO.....	90
TABLA 24 PRUEBA DE SLUMP A LOS 7,14 Y 28 DÍAS SIN ADITIVO.....	91

TABLA 25 PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO CON ADITIVO .....	91
TABLA 26 PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO SIN ADITIVO .....	92
TABLA 27 PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO CON ADITIVO .....	92
TABLA 28 PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO SIN ADITIVO.....	93
TABLA 29 TIPOS DE CEMENTO PORTLAND.....	94
TABLA 30 CLASIFICACIÓN DE AGREGADOS SEGÚN EL TAMAÑO .....	94
TABLA 31 CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS SEGÚN SU DENSIDAD .....	95
TABLA 32 REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DE LA ASTM C 33 PARA AGREGADO FINO .....	95
TABLA 33 REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DE LA ASTM C 33 PARA AGREGADO GRUESO .....	96

#### IV. ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 PRUEBA SLUMP.....	14
FIGURA 2 ROTURA A CARGA AXIAL DE TESTIGOS DE CONCRETO .....	16
FIGURA 3 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA CANTERA ARENERA JAÉN .....	27
FIGURA 4 LECHO DEL RÍO AMOJÚ.....	28
FIGURA 5 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA CANTERA ARENERA JAÉN .....	29
FIGURA 6 ARENA PROCESADA.....	30
FIGURA 7 PIEDRA CHANCADA DE 1' .....	30
FIGURA 8 CONTENIDO DE HUMEDAD.....	31
FIGURA 9 PRUEBA DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.....	32
FIGURA 10 ARENA CON SUPERFICIE SECA .....	32
FIGURA 11 PESO DEL PICNÓMETRO + PESO DE LA MUESTRA + AGUA .....	33
FIGURA 12 AGREGADO CON SUPERFICIE SECA.....	34
FIGURA 13 PESO DE LA MUESTRA CON SUPERFICIE SECA.....	35
FIGURA 14 PESO DE LA MUESTRA SUMERGIDA EN AGUA .....	35
FIGURA 15 SECADO DE LA MUESTRA EN HORNO .....	36
FIGURA 16 COMPACTADO DE MUESTRA ARENA.....	37
FIGURA 17 ENRASADO DE MUESTRA.....	37
FIGURA 18 COMPACTADO DE MUESTRA PIEDRA CHANCADA .....	37
FIGURA 19 ENRASADO DE MUESTRA.....	37
FIGURA 20 VACIADO DEL AGREGADO EN EL MOLDE.....	38
FIGURA 21 ENRASADO DE LA SUPERFICIE DE LA MUESTRA.....	38
FIGURA 22 COMPACTADO DE MUESTRA ARENA.....	38
FIGURA 23 ENRASADO DE MUESTRA.....	38
FIGURA 24 COLOCANDO LAS ESFERAS DENTRO DE LA TOLVA DE LA MÁQUINA. ....	40
FIGURA 25 CUARTEO DE MUESTRA .....	41
FIGURA 26 TAMIZADO DE AGREGADOS.....	42
FIGURA 27 PREPARACIÓN DEL ESPÉCIMEN.....	44
FIGURA 28 MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO .....	44
FIGURA 29 COMPACTADO DE LOS ESPÉCIMENES DE CONCRETO .....	45
FIGURA 30 ELIMINACIÓN DE AIRE EN EL ESPÉCIMEN .....	46
FIGURA 31 RETIRO DEL EXCESO DE MEZCLA.....	46
FIGURA 32 EXTRACCIÓN DE MUESTRAS DE ARENA.....	97
FIGURA 33 EXTRACCIÓN DE MUESTRAS DE AGREGADO GRUESO .....	97
FIGURA 34 MÉTODO DEL CUARTEO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO. ....	97

FIGURA 35 COLOCANDO 5000G DE AGREGADO GRUESO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES PARA EL ENSAYO DE ABRASIÓN. ....	97
FIGURA 36 PESADO LA MUESTRA PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD. ....	97
FIGURA 37 MUESTRA SATURADA DE AGREGADO GRUESO .....	97
FIGURA 38 PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO .....	98
FIGURA 39 PESO DEL AGREGADO GRUESO PARA EL TAMIZADO .....	98
FIGURA 40 TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO. ....	98
FIGURA 41 PESO DEL AGREGADO FINO PARA EL ESPÉCIMEN SIN ADITIVO .....	98
FIGURA 42 PESO DEL CEMENTO PARA EL ESPÉCIMEN SIN ADITIVO.....	98
FIGURA 43 MEZCLADO DE LOS AGREGADOS Y EL CEMENTO ESPÉCIMEN SIN ADITIVO.....	98
FIGURA 44 MEDICIÓN DEL AGUA .....	99
FIGURA 45 MEZCLA DE LOS AGREGADOS Y EL AGUA.....	99
FIGURA 46 MEDICIÓN DEL ADITIVO .....	99
FIGURA 47 SLUMP DEL CONCRETO CON ADITIVO. ....	99
FIGURA 48 CHUSEADO DEL CONCRETO CON ADITIVO POR CADA CAPA.....	99
FIGURA 49 MARTILLADO DEL ESPÉCIMEN CON ADITIVO POR CADA CAPA.....	99
FIGURA 50 RASADO DEL ESPÉCIMEN DE CONCRETO CON ADITIVO .....	100
FIGURA 51 PESO DEL ESPÉCIMEN DE CONCRETO FRESCO CON ADITIVO .....	100

## V. ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO 1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO .....	62
GRAFICO 2 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO .....	65
GRAFICO 3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7, 14, 21 Y 28 DÍAS F'C=250 KG/CM <sup>2</sup> CON ADITIVO Y SIN ADITIVO. ....	69
GRAFICO 4 RESISTENCIAS PROMEDIO DE ESPECÍMENES DE F'C = 250 KG/CM <sup>2</sup> CON ADITIVO Y SIN ADITIVO. ....	70
GRAFICO 5. % DE RESISTENCIAS PROMEDIO DE ESPECÍMENES DE F'C = 250 KG/CM <sup>2</sup> CON ADITIVO SIN ADITIVO. ....	70
GRAFICO 6 % COSTO UNITARIO DEL CONCRETO POR METRO CUBICO.....	71
<b>rror! Marcador no definido.1</b>	
GRAFICO 7 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7,14 Y 28 DÍAS DE LOS ESPECÍMENES CON ADITIVO Y SIN ADITIVO.....	90

## RESUMEN

En la presente investigación se ha realizado el estudio las propiedades físicas mecánicas del concreto fluido para un  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando aditivo superplastificante Sikament 290N; en la ciudad de Jaén, realizando el estudio la calidad de los agregados y un diseño óptimo de mezcla y el análisis del comportamiento a diferentes edades del concreto, los materiales utilizados fueron: agregados extraídos de la cantera Arenera Jaén, cemento Pacasmayo Portland Tipo I, y agua de la red pública y el aditivo Sikament 290N. se obtuvo como resultados, del agregado fino, humedad natural 3.5%, absorción 2.25%, peso específico de masa 2.56 gr/cm<sup>3</sup>, se obtuvo un módulo de fineza 2.94, peso unitario suelto 1550 kg/cm<sup>3</sup>, peso unitario varillado 1732 kg/cm<sup>3</sup>; del agregado grueso tamaño máximo nominal 1", se obtuvo humedad natural 0.52%, absorción 0.52 %, peso específico de masa 2.71 gr/cm<sup>3</sup>, se obtuvo un módulo de fineza 7.77, peso unitario suelto 1405 kg/cm<sup>3</sup>, peso unitario varillado 1559 kg/cm<sup>3</sup>; corregido el diseño se elaboraron 42 especímenes de los cuales, 7 con aditivo y sin aditivo para realizar sus ensayos a las diferentes edades (7, 14,28 días), para luego realizar los ensayos correspondientes de los cuales se obtuvieron; Un asentamiento promedio del concreto fresco sin aditivo de 8.84 cm; y del concreto fresco con aditivo Sikament 290N, de 16.88 cm respectivamente; Se determinó el peso unitario promedio del concreto fresco con aditivo Sikament 290N 2366.91Kg/m<sup>3</sup> y sin aditivo 2369.85Kg/m<sup>3</sup> respectivamente; el peso unitario promedio del concreto endurecido con aditivo Sikament 290N 2300.56Kg/m<sup>3</sup> y sin aditivo 2299.59Kg/m<sup>3</sup> respectivamente; Los resultados a la compresión de los especímenes elaborados con aditivo Sikament 290N, tuvieron un aumento en la resistencia de hasta 16% los 7 días, de 16% a los 14 días, y un 15% a los 28 días, comparados con el concreto sin aditivo; El uso del aditivo Sikament 290N debido a sus propiedades químicas es un reductor de agua, lo cual reduce el factor cemento de 9.0 bls a 6.00 bls por metro cúbico reduciendo el costo en un 10%.

**Palabras clave:** Calidad, influencia, agregados, trabajable, concreto.

## ABSTRACT

In the present investigation the physical properties of the fluid concrete for a  $f'c = 250 \text{ kg / cm}^2$  using a superplasticizing additive Sikament 290N; In the city of Jaén, carrying out the study the quality of the aggregates and an optimum mix design and behavior analysis at different ages of the concrete, the materials used were: aggregates extracted from Jaén sandpit, Pacasmayo Portland Type I cement, And water from the public grid and the additive Sikament 290N. Was obtained as a result of fine aggregate, natural humidity 3.5%, absorption 2.25%, specific weight of mass  $2.56 \text{ g / cm}^3$ , a fineness modulus 2.94 was obtained, single unit weight  $1550 \text{ kg / cm}^3$ , weighted unit weight  $1732 \text{ kg / cm}^3$ ; Of the coarse aggregate nominal maximum size 1 "was obtained, natural moisture 0.52%, absorption 0.52%, specific weight of mass  $2.71 \text{ gr / cm}^3$ , fineness modulus 7.77 was obtained, loose unit weight  $1405 \text{ kg / cm}^3$ , weighted unit weight  $1559 \text{ kg / Cm}^3$ , corrected the design were made 42 specimens of which, 7 with additive and no additive to perform their tests at different ages (7, 14,28 days), then perform the corresponding tests from which they were obtained; The average unit weight of the fresh concrete with additive Sikament 290N  $2366.91 \text{ Kg / m}^3$  and without additive was  $2369.85 \text{ Kg / m}^3$  and the average weight of fresh concrete with additive of  $8.84 \text{ cm}^3$  and of the fresh concrete with additive Sikament 290N of  $16.88 \text{ cm}^3$  respectively,  $\text{M}^3$  respectively, the average unit weight of the hardened concrete with additive Sikament 290N  $2300.56 \text{ Kg / m}^3$  and without additive  $2299.59 \text{ Kg / m}^3$ , respectively The results on compression of the specimens made with Sikament 290N additive had an increase In resistance up to 16% at 7 days, from 16% at 14 days, and 15% at 28 days, compared with concrete without additive; The use of the additive Sikament 290N due to its chemical properties is a water reducer, which reduces the cement factor from 9.0 bls to 6.00 bls per cubic meter reducing the cost by 10%.

**Key words:** Quality, influence, aggregates, workable, concrete.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La industria de la construcción en la ciudad de Jaén, se incrementado de manera acelerada, esto ha conllevado a que el uso de concreto en mayores cantidades, siendo así una necesidad imprescindible en la construcción de estructuras, lo cual es muy importante un estudio específico de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, un cálculo óptimo en el diseño y las proporciones del concreto, el proceso de puesta en obra y control de calidad.

El concreto se produce mediante la mezcla óptima de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que generalmente se designa como aditivo, en esta investigación se utilizará Sikament 290N, consecuentemente con ello el comportamiento mecánico de este material y su durabilidad en servicio dependen de características, composición y propiedades de la pasta de cemento, o matriz cementante, la calidad propia de los agregados, el empleo de una relación agua/cemento conveniente y el uso eventual de un aditivo necesario, con todo lo cual debe resultar potencialmente asegurada la calidad de la matriz cementante.

### **1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

El presente trabajo de investigación se puede resumir en la siguiente interrogante: ¿Cuál es la dosificación óptima del aditivo superplastificante Sikament 290N para lograr una mejor resistencia a la compresión y una óptima trabajabilidad, a diferentes estados, del concreto, usando cemento Portland tipo I y agregados de río, de la cantera “Arenera Jaén”, para un  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup>; en la ciudad de Jaén? Esta investigación hace la comparación de consistencias y resistencias a la compresión del concreto, utilizando aditivo Sikament 290N que están destinado a producir concretos más trabajables, de mejor calidad, resistentes, durables e impermeables.

### **1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.**

La Justificación de la investigación está basada en aspecto socioeconómico y técnico ya que permitirá a través de los resultados obtenidos mejorar las propiedades físico mecánicas del concreto, con la utilización del aditivo Sikament 290N, minimizando costos y fallas en la construcción de estructuras en la ciudad de Jaén,

Los agregados en estudio son de la cantera “arenera Jaén”, que está ubicada en el sector Yanuyacu, margen derecha de la carretera Jaén – San Ignacio Km 24, provincia de Jaén, departamento Cajamarca, cuyos resultados está dirigido a todas las personas e instituciones dedicadas a la industria de la construcción.

### **1.3. LAS LIMITACIONES**

No existen limitaciones para el desarrollo de esta investigación.

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1. OBJETIVOS GENERAL.**

- Determinar las propiedades físicas mecánicas del concreto fluido compresión a diferentes edades, para un  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup>; en la ciudad de Jaén.

#### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Evaluar la influencia del aditivo Sikament290N en el desarrollo de la resistencia a la compresión a diferentes edades del concreto, usando cemento Portland tipo I y agregados de la cantera arenera Jaén, para un  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup>; en la ciudad de Jaén.
- Determinar la dosificación adecuada del aditivo Sikament290N y los resultados para cada muestra con aditivo y sin aditivo para cada muestra en distintas fechas.

### **1.5. HIPOTESIS**

La influencia del aditivo superplastificante Sikament 290N en la obtención del concreto fluido genera un incremento del 15% de la resistencia a la compresión y un incremento del 20 % de su fluidez.

En esta investigación, en el capítulo II se desarrolló una base teórica, el capítulo III se hace mención de la ubicación geográfica de la cantera en estudio, el tiempo y época en el cual se realiza la investigación; método y procedimientos de la realización de los ensayos, obtención de resultados, el capítulo IV se analiza y discute los resultados obtenidos y el capítulo V se plasma las conclusiones y recomendaciones pertinentes a la investigación.

## **1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES**

### **1.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

- Propiedades de los agregados.
- Dosis aditivo superplastificante.

### **1.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

- Trabajabilidad, tiempo de fraguado y resistencia a la compresión, características del concreto.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.

#### 2.1.1. INTERNACIONALES.

- Se construyó el edificio de la CEPAL diseñado por el arquitecto Emilio Duhart en 1966 ubicado en la comuna de Vitacura, en Santiago (Av. Dag Hammarskjöld 3477)

#### 2.1.2. NACIONALES

- Huincho Salvatierra, E. (2011). *Concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante, microsílíce y nanosílíce con cemento Portland tipo I*. (Tesis de titulación, Universidad Nacional de Ingeniería).

#### 2.1.3. REGIONALES.

- Torres Trigoso, J. (2013). *Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto con aditivo Sika Rapid 1*. (Tesis inédita de titulación). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Basauri Ponce, L. (2010). *Diseño para obtener concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con la incorporación de aditivo superplastificante (RHEOBUILD 1000), empleando agregados de la cantera Rodolfito (carretera Cajamarca – Ciudad de Dios km 5.00)*. (Tesis inédita de titulación). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Chávez Bazán, M.; Seminario Cadenillas, F.; Salazar Sánchez, F. (2006). *Estudio del concreto empleando agregados de la cantera Sangal (carretera Cajamarca - Combayo) y cantera km 14+00 (carretera Cajamarca - Chilete) para concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando aditivos EUCO 37, EUCO WR – 91 y POLYHEED RI*. (Tesis inédita de titulación). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.

#### 2.1.4. LOCALES.

A nivel local no existe referencia bibliográfica.

## **2.2. BASES TEÓRICAS.**

### **2.2.1. EL CONCRETO**

Según la norma E.060 del RNE (2014) el concreto es la mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos.

Ordinariamente, la pasta de cemento y agua constituyen del 25 al 40% del volumen total del concreto. El volumen absoluto de cemento está comprendido usualmente entre el 7 y 15%, el agua del 14 al 21% y el agregado constituye aproximadamente del 60 al 80% del volumen total de éste. (Estrada y Páez 2014)

### **2.2.2. COMPONENTES DEL CONCRETO**

#### **A. Cemento**

Es un material aglutinante que presenta propiedades de adherencia y cohesión, que permiten la unión de fragmentos minerales entre sí, formando un todo compacto. Este material tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia del agua, presentándose un proceso de reacción química que se conoce como hidratación. (Instituto del concreto 1997). Los tipos del cemento Portland se indica en la tabla 29 - Anexo B.

#### **B. Agua para Concreto**

Generalmente se hace referencia a su papel en cuanto la cantidad para proveer una relación agua/cemento acorde con las necesidades de trabajabilidad y resistencia, pero es evidente, que para usarla en el lavado de agregados, en la preparación de la mezcla o durante el curado del concreto, no solamente su cantidad es importante, sino también su calidad química y física. (Alvarado 2010)

El lavado de los agregados se deberá hacer con agua potable o agua libre de materia orgánica, sales y sólidos en suspensión. El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser, de preferencia, potable y, en caso de no serlo, debe ser agua limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que pueden ser dañinas al concreto o elementos embebidos. (Norma E.060 del RNE 2014)

### **C. Agregados**

Conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la Norma NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto. Ellos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan entre 62% y el 78% de la unidad cúbica del concreto. (Rivva 2000)

Según la norma E.060 del RNE (2014), el tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a ninguna de:

- 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado.
- 1/3 de la altura de la losa, de ser el caso
- 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.

Según la norma E.060 del RNE (2014) el agregado grueso a utilizar en concretos armados podrá consistir de grava natural o triturada. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular o semi-angular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa; deberá estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas.

#### **a. Clasificación de los agregados**

La clasificación de los agregados para concreto, generalmente se hacen desde el punto de vista de su procedencia, tamaño y densidad. Sin embargo también debería clasificarse según su forma y textura. (Alvarado 2010)

#### **✓ Clasificación según su procedencia**

Según Lezama (s.f.) los agregados según su procedencia se clasifican en: Agregados rodados (de origen natural y provenientes de las rocas sedimentarias), agregados de machaqueo (procedentes de rocas inalteradas, sanas, duras, compactas y se obtienen mediante trituración artificial), agregados artificiales (Provenientes de los residuos industriales y utilizados en la fabricación de concretos ligeros) y agregados especiales (de origen natural o artificial, con mayor peso que los agregados normales y empleados en concretos expuestos a radiaciones atómicas).

✓ **Clasificación según su tamaño.**

Los agregados para concreto, según su tamaño se clasifican en agregado fino y grueso, pero casi siempre los limos y arcillas se encuentran adheridos a ellos (Rivva 2000). El Instituto del Concreto clasifica a los agregados naturales según su tamaño como lo indica la tabla 30 -Anexo B.

El contenido de arcilla y limo en una mezcla de concreto, es un factor que se debe limitar porque cuando hay exceso de las mismas, hacen que sean mayores los requerimientos de agua y pueden restar adherencia entre el agregado grueso y la pasta de cemento. (Instituto del Concreto 1997)

✓ **Clasificación según su Densidad**

Se puede clasificar tanto los agregados naturales como artificiales y se hace en tres diferentes categorías: Livianos, normales y pesados; como se muestra en la tabla 31-Anexo B.

✓ **Clasificación según su Forma y Textura**

La textura superficial depende de la naturaleza de la roca de origen, de su dureza, tamaño de los granos, porosidad, así como de las acciones a que hayan estado sometidos los agregados. Se puede decir que la textura superficial es áspera en las piedras obtenidas por trituración y lisa en los cantos rodados, de río, quebrada o mar. (Alvarado 2010)

Se puede clasificar en redondeadas o cantos rodados, a las que son generalmente procedentes de ríos en las que por rozamiento se eliminan las partes salientes de las mismas; y las angulosas que son las que presentan ángulos, aristas vivas y superficies más o menos planas, procedentes generalmente de trituraciones; planas o laminares en las que predominan dos dimensiones sobre la tercera y aciculares que son las que predomina una dimensión sobre las otras dos dando lugar a agregados en forma de agujas. (Fernández 2005)

La clasificación más utilizada para definir la forma de las partículas del agregado, se indican en la tabla 1, que fue presentada por la norma británica N°812.

Tabla 1. Clasificación de los agregados según su forma

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>EJEMPLOS</b>
<b>Redondeada</b>	Completamente desgastada por el agua o totalmente formada por fricción.	Grava de río o de playa.
<b>Irregular</b>	Irregulares por naturaleza, parcialmente formada por fricción o con bordes redondeadas.	Pizarras de superficie o subterránea.
<b>Escamosa</b>	Materiales cuyo espesor es pequeño en comparación con sus otras dimensiones.	Roca laminada.
<b>Angular</b>	Con bordes bien definidos formados en las intersecciones de caras aproximadamente planas.	Rocas trituradas de todo tipo, taludes.
<b>Elongada</b>	Material que suele ser angular, pero cuya longitud es bastante mayor que las otras dos dimensiones.	---
<b>Escamosa y Elongada</b>	Material cuya longitud es bastante mayor que el ancho y el ancho bastante mayor que el espesor.	---

Fuente: Norma BS-812, citado por el Instituto del Concreto 1997

La clasificación de los agregados según su textura lo estableció la norma británica N°812, que también es aceptada por el instituto del concreto. Dicha clasificación se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de los agregados según su textura

<b>TEXTURA SUPERFICIAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>EJEMPLOS</b>
<b>Vítrea</b>	Fractura conoidal.	Pedernal negro, Escoria Vítrea.
<b>Lisa</b>	Desgastada por el agua o lisa debido a fractura de roca laminada o de roca de grano fino.	Grava, pizarra, mármol, algunas rolitas.
<b>Granular</b>	Fracturas que muestran granos más o menos redondeados en forma uniforme	Arenisca, oolita.
<b>Áspera</b>	Fractura áspera de roca de granos finos o medianos, que contengan partes cristalinas difíciles de detectar.	Basalto y caliza.

Fuente: Norma BS-812 citado por el Instituto del Concreto 1997

### **b. Influencia de la forma del agregado en el concreto**

La forma del agregado influye directa o indirectamente en el comportamiento del concreto, ya que se relaciona con la consistencia, la resistencia y otras propiedades.

La forma de las partículas del agregado juega un papel muy importante en la fabricación de concreto, debido a que la aptitud de compactación de la mezcla no solo depende de la granulometría del agregado sino también del grado de acomodamiento y compactación de las partículas, que genera una alta densidad y por tanto una mayor resistencia en el concreto, las formas más adecuadas son las redondeadas para piedras de ríos o cantos rodados y la cúbica para triturados. (Estrada y Páez 2014)

### **c. Influencia de la textura del agregado en el concreto**

La textura del agregado también entra en la discusión debido a su estrecha asociación con la forma. Generalmente, los agregados redondeados tienen una textura lisa y los agregados angulares tienen una textura rugosa, pero incluso cuando la superficie del agregado redondeado es lisa, es suficientemente rugosa para desarrollar un vínculo razonablemente bueno entre la superficie y el gel submicroscópico del cemento. (Shetty, citado por Alvarado 2010)

La textura reviste especial importancia por su influencia en la adherencia entre los agregados y la pasta de cemento fraguado, así como también, por su efecto sobre las propiedades del concreto o mortero endurecido, tales como, densidad, resistencia a la compresión y a la flexión, cantidad requerida de agua, etc. (Alvarado 2010)

### **d. Propiedades de los agregados**

#### **• Propiedades Químicas de los Agregados**

Las exigencias químicas que se deben hacer a los agregados para evitar su reacción en la masa del concreto, son las de evitar sustancias presentes agresivas y componentes geológicos o mineralógicos agresivos, entre los cuales el más frecuente parece ser la sílice activa. (Instituto del Concreto 1997)

- ✓ **Epitaxia.** La única reacción química favorable de los agregados, conocida hasta el momento. Da mejor adherencia entre ciertos agregados calizos y la pasta de cemento, a medida que transcurre el tiempo. (Instituto del Concreto 1997)
- ✓ **Reacción álcali-agregado.** La sílice activa, presente en algunos agregados, reacciona con los álcalis del cemento produciendo expansiones, destrucción de la masa y pérdida de características resistentes. (Instituto del Concreto 1997)

- **Propiedades Físicas de los Agregados**

Las propiedades físicas que tienen mayor importancia en el comportamiento mecánico de las mezclas de concreto son: Granulometría, porosidad, masa unitaria, forma y textura de las partículas. (Instituto del Concreto 1997)

- ✓ **Densidad:** Depende de la roca original de donde proviene y está definida por la relación entre la masa y el volumen de una masa determinada. (Instituto del Concreto 1997)
- ✓ **Forma y textura:** Tienen un efecto significativo en el comportamiento del concreto en estado fresco (trabajabilidad y consistencia) y endurecido (resistencias mecánicas). (Instituto del Concreto 1997)
- ✓ **Granulometría:** Es la composición, en porcentaje, de los diversos tamaños de agregados en una muestra. Esta proporción se suele indicar, de mayor a menor tamaño, por una cifra que representa, en masa, el porcentaje parcial de cada tamaño que pasó o quedó retenido en los diferentes tamices que se usan obligatoriamente para tal medición (Instituto del Concreto 1997). Los límites granulométricos para agregado fino y grueso se presentan en las tablas 32 y 33-Anexo B respectivamente.
- ✓ **Masa unitaria:** la relación entre la masa del material que cabe en un determinado recipiente y el volumen de éste, da una cifra llamada masa unitaria. La masa unitaria compacta es otro buen índice para conocer la

calidad del agregado, puesto que cuanto mejor sea la granulometría mayor es el valor numérico de la masa. Las partículas cuya forma se aproxima a la cúbica o la esférica, producen mayor masa unitaria. (Instituto del Concreto 1997)

- ✓ **Porosidad y absorción:** Cuanto más poroso es el agregado, menos resistencia mecánica tiene, por lo tanto, cuanto menor sea la absorción, es más compacto y de mejor calidad. (Instituto del Concreto 1997)

- **Propiedades Mecánicas de los Agregados**

Según el Instituto del concreto (1997) las propiedades mecánicas de los agregados son:

- ✓ **Dureza:** Propiedad que depende de la constitución mineralógica, la estructura y la procedencia del agregado. En la elaboración de concretos sometidos a elevadas tasas de desgaste por roce o abrasión, la dureza del agregado grueso es una propiedad decisiva para la selección de los materiales. (Instituto del Concreto 1997)
- ✓ **Resistencia:** El agregado grueso, en mayor medida que el fino, va a resultar relacionado con el comportamiento de las resistencias del concreto, por su aporte en tamaños de grano dentro de la masa de la mezcla. En tal sentido, una de las posibilidades de ruptura de la masa es por medio del agregado grueso (las otras son por la pasta y por la interface de contacto entre pasta y agregado). De esta manera, la resistencia de los agregados cobra importancia y se debe buscar que éste nunca falle antes que la pasta de cemento endurezca. La falla a través del agregado grueso se produce bien sea porque tiene una estructura pobre entre los granos que constituyen las partículas o porque previamente se le han inducido fallas a sus partículas durante el proceso de explotación (especialmente cuando éste se hace por voladura) o por un inadecuado proceso de trituración. (Instituto del Concreto 1997)

- ✓ **Tenacidad o resistencia a la falla por impacto:** Es una propiedad que depende de la roca de origen y se debe tener en cuenta ya que tiene mucho que ver con el manejo de los agregados, porque si estos son débiles ante las cargas de impacto, se puede alterar su granulometría y también disminuir la calidad del concreto que con ellos se elabore. (Instituto del Concreto 1997)
  
- ✓ **Adherencia:** Es la interacción que existe en la zona de contacto agregado-pasta, la cual es producida por fuerzas de origen físico-químico. Entre más adherencia se logre entre la pasta de cemento endurecida y los agregados, mayor será la resistencia del concreto. La adherencia depende de la calidad de la pasta de cemento y, en gran medida, del tamaño, forma, rigidez y textura de las partículas del agregado, especialmente cuando se trata de resistencia a flexión. Hoy en día, no se conoce ningún método que permita medir la buena o mala adherencia de los agregados, pero es claro que aumenta con la rugosidad superficial de las partículas. (Instituto del Concreto 1997)

#### **e. Funciones del agregado en el concreto**

Según Rivva López (2000) las tres principales funciones del agregado en el concreto son:

- Proporcionar un relleno adecuado a la pasta, reduciendo el contenido de ésta por unidad de volumen y, por lo tanto, reduciendo el costo de la unidad cúbica de concreto.
  
- Proporcionar una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas, de desgaste, o del intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
  
- Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado; o de calentamiento de la pasta.

#### **2.2.3. PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO FRESCO**

Según Rivva (2000), las propiedades del concreto en estado fresco incluye la consistencia, trabajabilidad, cohesividad, contenido de aire, segregación,

exudación, tiempo de fraguado, calor de hidratación y peso unitario. Para efectos de esta investigación se da mayor énfasis a la consistencia y trabajabilidad.

### **A. Consistencia**

Propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla, mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación. (Rivva 2000)

Es la habilidad del mortero y concreto fresco para fluir, es decir la capacidad de adquirir la forma de los encofrados que los contienen. (Instituto del concreto 1997)

El método de determinación empleado es el ensayo del Cono de Abrams o Slump (NTP 339.035 y ASTM C 143) que define la consistencia de la mezcla por el asentamiento (es decir, cuanto más húmeda es la mezcla, mayor es el asentamiento), medido en pulgadas o centímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica. El asentamiento resulta ser la medida de la diferencia de altura entre el molde metálico estándar y la masa de concreto después que ha sido retirado el molde que la recubría. (Gamero 2008)

La consistencia se modificada fundamentalmente por variaciones del contenido de agua de la mezcla. En los concretos bien proporcionados, el contenido necesario para producir un asentamiento determinado depende de varios factores, se requiere más agua con agregados de forma angular y textura rugosa, reduciéndose su contenido al incrementarse el tamaño máximo del agregado. (Estrada y Páez 2014)

Tabla3 Consistencias y trabajabilidad según el asentamiento

<b>Consistencia</b>	<b>Asentamiento (cm)</b>	<b>Trabajabilidad</b>
<b>Seca</b>	0 – 5	Baja
<b>Plástica</b>	7,5 – 10	Media
<b>Fluida o húmeda</b>	12,5 a mas	Alta

Fuente: Gamero (2008)



**Figura 1 Prueba Slump**

Cuando las especificaciones del asentamiento no se dan como requisito máximo la NTP 339.114 – Concreto premezclado, da algunas tolerancias, cuyos valores se muestran en la tabla 4.

Tabla 4 Tolerancia para asentamiento nominal

<b>Asentamiento especificado (cm)</b>	<b>Tolerancia (cm)</b>
0 – 5	(+-) 1,3
5 -10	(+-) 2,5
>10	(+-) 3,8

Fuente: NTP 339.114

## **B. Trabajabilidad**

Es aquella propiedad del concreto que determina su capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente, con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad, así como para ser acabado

sin que se presente segregación. Puede ser clasificada según el asentamiento de la mezcla en baja, media y alta. (Gamero 2008)

#### **2.2.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO**

Según Rivva (2000), las propiedades más importantes del concreto en estado endurecido incluyen las resistencias mecánicas, durabilidad, propiedades elásticas, cambios de volumen, impermeabilidad, resistencia al desgaste, resistencia a la cavitación, propiedades térmicas y acústicas y apariencia.

##### **A. Resistencia**

La resistencia del concreto endurecido es la propiedad más importante para cumplir con la exigencia estructural, por lo que usualmente es considerada como la propiedad más valiosa del concreto; sin embargo no debemos olvidar que en muchas ocasiones otras características como la durabilidad y la permeabilidad, resultan ser más importantes. (Estrada y Páez 2014)

El concreto es un material que resiste a las sollicitaciones de compresión, tracción y flexión; la resistencia que presenta frente a los esfuerzos de compresión es la más elevada de todas, siendo unas diez veces superior a la de tracción, y es la que más interés presenta en su determinación, dado que en la mayor parte de las aplicaciones del concreto se hace uso de esa capacidad resistente ya que, por otra parte, la resistencia a compresión es un índice muy fácil de determinar de la magnitud de otras muchas propiedades del mismo. En general, las especificaciones del concreto exigen una resistencia a la compresión determinada a los 28 días, obteniéndose esta de forma nada complicada a través del ensayo a compresión. (Estrada y Páez 2014)

##### **a. Resistencia a la compresión del concreto**

El valor de  $f'_c$  (resistencia a la compresión) se utiliza generalmente como indicador de la calidad del concreto. Es claro que pueden existir otros indicadores más importantes dependiendo de las sollicitaciones y de la función del elemento estructural o estructura. Las Normas o Códigos relacionan muchas de las características mecánicas del concreto (módulo de elasticidad, resistencia a la tracción, resistencia al corte, adherencia, etc.) con el valor de  $f'_c$ . La resistencia a la compresión se determina a partir de ensayos de laboratorio en

probetas estándar cargadas axialmente. Este ensayo se utiliza para monitorear la resistencia del concreto tanto para el control de la calidad como para la aceptación del concreto fabricado. La confección de las probetas y el ensayo están regulados por las Normas ASTM. (Ottazzi 2004)

La Figura 2 muestra el ensayo a compresión de un testigo de concreto, cuando éste alcanza la ruptura.



**Figura 2 Rotura a carga axial de testigos de concreto**

La tabla 5, muestra las tolerancias permisibles para realizar las rupturas de especímenes de concreto a diferentes edades.

Tabla 5 Tolerancia permisible por edad de ensayo

<b>Edad del ensayo (días)</b>	<b>Tolerancia permisible</b>
1	+ - 0,5h
3	+ - 2h
7	+ - 6h
28	+ - 20h
90	+ - 48h

Fuente: NTP 339.034

## b. Evolución de la resistencia a compresión del concreto

El incremento de resistencia del concreto es mayor en las primeras edades, ralentizándose el proceso con el paso del tiempo hasta que se estabiliza. Normalmente se adopta como patrón la resistencia a la edad de 28 días, habiéndose alcanzado a esa edad gran parte de la resistencia total. (Valcuende et al. 2009)

Los factores que más influyen sobre la velocidad de endurecimiento del concreto son las características del cemento, el proceso de curado y el empleo de aditivos. (Valcuende et al. 2009)

Según el Código Modelo CEB-FIP 1990 (Comité Euro-Internacional del Hormigón y la Federación Internacional del Pretensado), se llega a establecer la evolución de la resistencia del concreto en el tiempo de forma aproximada, tomando la fórmula 1.

$$f'_{c(d)} = K_{(d)} * f'_{c28} \quad \dots\dots\dots(1)$$

Donde  $K_{(d)}$ , es un coeficiente como lo expresa la fórmula 2.

$$K_{(d)} = e^{\left[ s \left( 1 - \sqrt{\frac{28}{d}} \right) \right]} \quad \dots\dots\dots(2)$$

Siendo:

$f'_{c(d)}$  = Resistencia a compresión del concreto a la edad “d”.

$f'_{c28}$  = Resistencia a compresión del concreto a edad de 28 días.

S = Coeficiente que depende del tipo de cemento y que adopta los valores:

0,2 Para cementos de endurecimiento rápido y de alta resistencia.

0,25 Para cementos de endurecimiento normal o rápido.

0,38 Para cementos de endurecimiento lento.

d = Edad teórica o equivalente del concreto a una temperatura de 20°C.

La evolución de la resistencia del concreto depende también de la temperatura de conservación, evolucionando más rápidamente cuando mayor es la temperatura, pues esta actúa como catalizador de las reacciones de hidratación del cemento. Para poder relacionar la evolución de la resistencia con la temperatura se utiliza el concepto de madurez: Dos concretos de igual

dosificación pero de distinta edad tienen la misma resistencia si tienen la misma madurez. (CEB-FIP, citado por Valcuende et al. 2009)

La madurez “m” es el producto de la temperatura por el tiempo de actuación de la misma. La expresión utilizada es la fórmula 3.

$$m = \sum_{i=1}^t [(T_i + 10)t_i] \quad \dots\dots\dots(3)$$

Donde

$T_i$ =Temperatura de conservación del concreto.

$t_i$ = Tiempo de actuación de la temperatura  $T_i$  en días.

En el caso particular de concretos sometidos durante “d” días a una temperatura constante de 20 °C, la expresión anterior sería:

$$m = 30 d \quad \dots\dots\dots(4)$$

Igualando las dos expresiones anteriores y despejando “d”, se tiene:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^t [(T_i + 10)t_i]}{30} \quad \dots\dots\dots(5)$$

Esta edad “d” se denomina edad teórica o equivalente de un concreto, y es el tiempo que ha de permanecer dicho concreto a la temperatura de referencia de 20°C para alcanzar la misma madurez (y, por lo tanto la misma resistencia) que si hubiese estado durante  $t_i$  días reales a una temperatura de  $T_i$ . (Valcuende et al. 2009)

**B. Durabilidad**

El concepto de durabilidad del concreto se asocia a la capacidad del mismo de mantenerse en servicio durante el tiempo para el cual la estructura de la que forma parte ha sido proyectada. En otras épocas se creía que el concreto tenía una gran durabilidad, pero hoy en día se ve que ésta es limitada ya sea por causas relacionadas con el medio (heladas, ataques por sulfatos del terreno) o por causas internas (reacción álcali-agregado). (Estrada y Páez 2014)

Un concreto durable es aquel que puede resistir, en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicios a las cuales él está sometido. (Gamero 2008)

### 2.2.5. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Agregado:** Material granular, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico. (Norma E.060 del RNE 2014)

**Agregado fino:** Proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9,5 mm (3/8"). (Norma E.060 del RNE 2014)

**Agregado grueso:** Agregado retenido en el tamiz 4,75 mm (N°4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas. (Norma E.060 del RNE 2014)

**Asentamiento del Concreto:** Es la diferencia entre la altura del recipiente que sirve de molde de una probeta de concreto fresco y la de la probeta fuera del molde, medida en el eje y expresada en pulgadas. (Absalón y Salas 2008)

**Cemento portland:** Producto obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. (Norma E.060 del RNE 2014)

**Cohesividad:** Aptitud que tiene el concreto para mantenerse con una masa estable y sin segregación. (Instituto del Concreto de 1997)

**Concreto:** Mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivo. (Norma E.060 del RNE 2014)

**Diseños de mezcla:** Es la selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto. (Absalón y Salas 2008)

**Pasta:** Es una mezcla de cemento y agua. (Norma E.060 del RNE 2014)

**Relación agua/cemento:** Es el cociente entre el peso del contenido de agua libre de mezclado y el de cemento en una mezcla dada. (Absalón y Salas 2008)

**Resistencia especificada a la compresión del concreto ( $f'_c$ ):** Resistencia a la compresión del concreto empleada en el diseño y resistencia guía. (Norma E.060 del RNE 2014)

**Tamaño máximo nominal:** Es la abertura del tamiz de malla menor a través del cual puede pasar como mínimo el 95% del agregado. (Absalón y Salas 2008)

**Testigos de concreto:** Especímenes que sirven para determinar por lo general las resistencias mecánicas del concreto y llevar el control de calidad del mismo. (Absalón y Salas 2008)

**Trabajabilidad:** Es la mayor o menor facilidad que presenta un concreto o

mortero de ser mezclado, transportado y colocado. (Absalón y Salas 2008)

### **2.2.6. ADITIVOS PARA CONCRETO**

Sustancia añadida a los componentes fundamentales del concreto, con el propósito de modificar algunas de sus propiedades. (RNE)

La norma ASTM C-123, las define como material diferente del agua, de los áridos y del cemento, que se emplea como un componente del concreto o el mortero.

Las dosis en las que se utilizan los aditivos, están en relación a un pequeño porcentaje del peso de cemento, con las excepciones en las cuales se prefiere dosificar el aditivo en una proporción respecto al agua de amasado. Los aditivos líquidos se agregan generalmente en el mezclado del concreto junto con el agua de amasado. Los aditivos en polvo se mezclan junto con el cemento o el árido fino.

Según el Comité ACI 116(26), un aditivo es un material distinto del agua, los agregados, elemento hidráulico y las fibras de refuerzo, que se utiliza como ingrediente del mortero o del concreto, y que se añade a la revoltura inmediatamente antes o durante el mezclado. La interpretación que puede darse a esta definición es que un material sólo puede considerarse como aditivo cuando se incorpora individualmente al concreto, es decir, que se puede ejercer control sobre su dosificación.

#### **A. CLASIFICACION DE LOS ADITIVOS**

**Según la norma técnica ASTM-C494 es:**

- a) TIPO A: Reductor de agua
- b) TIPO B: Retardante
- c) TIPO C: Acelerante
- d) TIPO D: Reductor de agua Retardante
- e) TIPO E: Reductor de agua Acelerante
- f) TIPO F: Súper reductor de agua
- g) TIPO G: Súper reductor de agua Retardante

### **Según el comité 212 del ACI**

Los clasifica según los tipos de materiales constituyentes o a los efectos característicos en su uso:

- a) Aditivos acelerantes.
- b) Aditivos reductores de agua y que controlan el fraguado.
- c) Aditivos para inyecciones.
- d) Aditivos incorporadores de aire.
- e) Aditivos extractores de aire.
- f) Aditivos formadores de gas.
- g) Aditivos productores de expansión o expansivos.
- h) Aditivos minerales finamente molidos.
- i) Aditivos impermeables y reductores de permeabilidad.
- j) Aditivos pegantes (también llamados epóxicos).
- k) Aditivos químicos para reducir la expansión debido a la reacción entre los agregados y los alcalices del cemento. Aditivos inhibidores de corrosión.
- l) Aditivos fungicidas, germicidas o insecticidas.
- m) Aditivos floculadores.
- n) Aditivos colorantes

Tanto las normas peruanas como las norteamericanas del ASTM que les sirven de antecedentes, normalizan los aditivos de acuerdo a la función que cumplen en el concreto. En la Comunidad Europea las normas CEN normalizan los aditivos químicos según sean aplicados a pastas de cemento, morteros, concretos y concreto proyectados.

### **B. SEGÚN RECOMENDACIÓN ACI 212 EN CONCORDANCIA CON LAS NORMAS ASTM C 494 O C 1017 Y NORMAS NTP.**

La recomendación ACI 212 clasifica a los aditivos en los siguientes grupos; según las normas

**Acelerantes.** Los cuales tienen por finalidad incrementar significativamente al desarrollo inicial de resistencia en compresión y/o acortar el tiempo de fraguado. Deberá cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C 494 o C 1017, o de la Norma NTP 339.086 o 339.087.

**Incorporadores de aire.** Los cuales tienen por objetivo mejorar el comportamiento del concreto frente a los procesos de congelación y deshielo que se producen en sus poros capilares cuando está saturado y sometido a temperaturas bajo 0 °C. Estos aditivos deberán cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.086 ó de la Norma ASTM C 260.

**Reductores de agua y reguladores de fragua.** Los cuales tienen por finalidad reducir los requisitos de agua de la mezcla o modificar las condiciones de fraguado de la misma, o ambas. Deberán cumplir con los requisitos de las Normas NTP 339.086 o 339.087, o de las Normas ASTM C 494 o C 1017.

**Impermeabilizantes.** Los cuales tienen por finalidad contribuir a controlar las filtraciones a través de las grietas, reduciendo la penetración del agua, en un concreto no saturado, desde el lado húmedo al lado seco.

**Reductores de permeabilidad.** Los cuales tienen por finalidad reducir la velocidad con la cual el agua puede circular a través de un elemento de concreto saturado, bajo una gradiente hidráulica mantenida externamente.

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

**Aditivos retardadores.** Tienen como objetivo incrementar el tiempo de endurecimiento normal del concreto, con miras a disponer de un período de plasticidad mayor que facilite el proceso constructivo. Su uso principal se amerita en los siguientes casos:

a) Vaciado complicado y/o voluminoso, donde la secuencia de colocación del concreto provocaría juntas frías si se emplean mezclas con fraguados normales.

b) Vaciados en clima cálido, en que se incrementa la velocidad de endurecimiento de las mezclas convencionales.

c) Bombeo de concreto a largas distancias para prevenir atoros.

d) Mantener el concreto plástico en situaciones de emergencia que obligan a interrumpir temporalmente los vaciados, como cuando se malogra algún equipo o se retrasa el suministro del concreto.

### **C. RAZONES DE EMPLEO DE UN ADITIVO**

El comportamiento y las propiedades del concreto hidráulico, en sus estados fresco y endurecido, suelen ser influidos y modificados por diversos factores.

El uso de aditivos queda comprendido representa una medida consiste en considerado como un medio complementario y no como un sustituto de otras medidas primordiales, tales como el uso de un cemento apropiado, una mezcla de concreto bien diseñada, o prácticas constructivas satisfactorias. Según los informes del Comité ACI 212(76), (77), (78), los aditivos suelen emplearse en la elaboración de concretos, morteros o mezclas de inyección, no sólo para modificar sus propiedades en los estados fresco y endurecido, sino también por economía, para ahorrar energía y porque hay casos en que el uso de un aditivo puede ser el único medio factible para obtener el resultado requerido, citando como ejemplos la defensa contra la congelación y el deshielo, el retardo o la aceleración en el tiempo de fraguado y la obtención de muy alta resistencia.

- **En el concreto fresco:**

- Incrementar la trabajabilidad sin aumentar el contenido de agua.
- Disminuir el contenido de agua sin modificar su trabajabilidad.
- Reducir o prevenir asentamientos de la mezcla.
- Crear una ligera expansión.
- Modificar la velocidad y/o el volumen de exudación.
- Reducir la segregación.
- Facilitar el bombeo.
- Reducir la velocidad de pérdida de asentamiento.

- **En el concreto endurecido:**

- Disminuir el calor de hidratación.
- Desarrollo inicial de resistencia.
- Incrementar las resistencias mecánicas del concreto.
- Incrementar la durabilidad del concreto.
- Disminuir el flujo capilar del agua.

- Disminuir la permeabilidad de los líquidos.
- Mejorar la adherencia concreto-acero de refuerzo.
- Mejorar la resistencia al impacto y la abrasión.

#### D. NORMAS

##### • NORMAS NACIONALES:

En la actualidad, la responsabilidad de la normalización se encuentra en el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual **INDECOPI**, creado por Ley N° 25868, promulgada el 18.11.92. La redacción de normas se encuentra dentro de las atribuciones de una de las secretarías de INDECOPI, denominada Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales. La primera entidad de normalización fue el Instituto Nacional de Normas Técnicas Industriales y Certificación INANTIC creado por la ley de promoción industrial, Número 13270 del 31-11-59 Entidad que aprobó una serie de normas sobre cemento. Posteriormente, este organismo fue reemplazado por el Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas ITINTEC, comprendido en la Ley General de Industrial, D.L: 18350 promulgada el 27.08-70, organismo que actualizó las normas existentes y formuló otras nuevas

**Tabla 6 normas técnicas peruanas**

<b>NTP334.084:1998</b>	<b>CEMENTOS. Aditivos funcionales a usarse en la producción de cementos Portland</b>
<b>NTP334.085:1998</b>	CEMENTOS. Aditivos de proceso a usarse en la producción de cementos Portland
<b>NTP334.087:1999</b>	CEMENTOS. Adiciones minerales en pastas, morteros y concretos: micro sílice; especificaciones.
<b>NTP334.088:1999</b>	CEMENTOS. Aditivos químicos en pastas, morteros y hormigón(concreto); especificaciones
<b>NTP334.089:1999</b>	CEMENTOS. Aditivos incorporados de aire en pastas, morteros y hormigón (concreto); especificaciones.

Fuente: NTP 339.034

● **NORMAS INTERNACIONALES:**

Inicialmente las normas adoptadas por la industria fueron las de American Society for Testing and Materials (ASTM). Los aditivos deben cumplir también con los requisitos de las Normas seleccionadas y las especificaciones de obra, debiendo prestarse especial atención a las recomendaciones del fabricante y/o distribuidor del aditivo. Las siguientes Normas ASTM cubren los tipos o clases de aditivos de uso corriente

**Tabla 7. American Society for Testing and Materials (ASTM)**

<b>ASTM C260</b>	<b>Aditivos incorporadores de aire</b>
<b>ASTM C494</b>	Aditivos reductores de agua y controladores de fragua.
<b>ASTM D98</b>	Cloruro de calcio.
<b>ASTM 1017</b>	Aditivos a ser empleados en la producción de concreto muy sueltos.

Fuente: NTP 339.034

**E. DESCRIPCIÓN DEL ADITIVO**

**ADITIVO A UTILIZAR: SIKAMENT 290N**

Sikament 290N es un aditivo polifuncional para concretos que puede ser empleado como plastificante o superplastificante según la dosificación utilizada.

Muy adecuado para plantas de concreto al obtener con un único aditivo dos efectos diferentes sólo por la variación de la proporción del mismo.

Sikament 290N no contiene cloruros y no ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras.

**USOS**

Sikament 290N está particularmente indicado para:

Todo tipo de concretos fabricados en plantas concretoras con la ventaja de poder utilizarse como plastificante o superplastificante con sólo variar la dosificación.

En concretos bombeados porque permite obtener consistencias adecuadas sin

aumentar la relación agua/cemento.

Transporte a largas distancias sin pérdidas de trabajabilidad. Concretos fluidos que no presentan segregación ni exudación.

### **CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS**

- Aumento de las resistencias mecánicas.
- Terminación superficial de alta calidad.
- Mayor adherencia a las armaduras.
- Permite obtener mayores tiempos de manejabilidad de la mezcla a cualquier temperatura.
- Permite reducir hasta el 25% del agua de la mezcla.
- Aumenta considerablemente la impermeabilidad y durabilidad del concreto.
- Facilita el bombeo del concreto a mayores distancias y alturas
- Proporciona una gran manejabilidad de la mezcla evitando segregación y la formación de cangrejas.
- Reductor de agua.

### **NORMAS Y CLASIFICACIÓN**

- Como plastificante cumple con la Norma ASTM C 494, tipo D.
- Como Superplastificante con la Norma ASTM C 494, tipo G.

**ASPECTO:** Líquido

**COLOR** : Pardo oscuro.

### **CONSUMO / DOSIS**

Como plastificante: del 0,3 % – 0,7 % del peso del cemento.

Como superplastificante: del 0,7 % - 1,4 % del peso del cemento.

### **MÉTODO DE APLICACIÓN**

#### **Como Plastificante.**

Debe incorporarse junto con el agua de amasado.

#### **Como Superplastificante.**

Debe incorporarse preferentemente una vez amasado el concreto y haciendo un re-amasado de al menos 1 minuto por cada m<sup>3</sup> de carga de la amasadora (camión concretero) o mezcladora de concreto.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZACIÓN.

La cantera ARENERA JAEN, se encuentra ubicada políticamente:

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA.

PROVINCIA : JAÉN.

DISTRITO : BELLAVISTA

CASERÍO : YANUYACU.

En el Kilómetro 28.0 de la carretera Jaén - San Ignacio, en lecho del Río Amojú o también llamado Quebrada Jaén.

La ubicación en coordenadas UTM GSW-84

Norte: 9374611.34m Este : 749547.64m

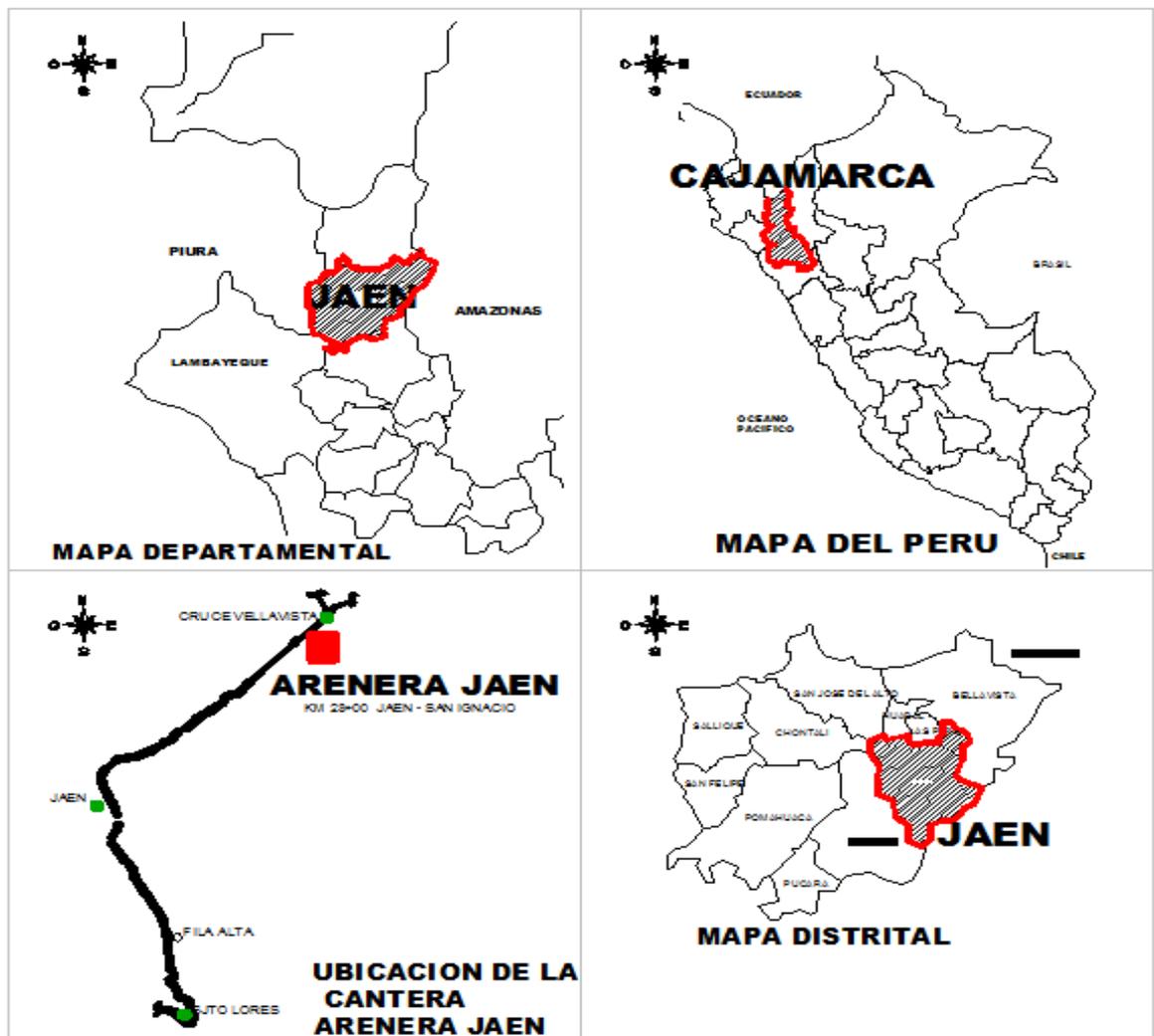


Figura 3 Ubicación y localización de la Cantera Arenera Jaén

### **3.2. ORIGEN DE LOS AGREGADOS.**

Los agregados extraídos de la cantera Arenera Jaén ubicadas a orillas del Río Amojú; está constituida por depósitos aluvio fluviales (hormigón).

Estos depósitos están compuestos por material granular gravo arenoso pobremente gradados con escaso fino (hormigón), los mismos que son procesados en el mismo lugar, donde existe una planta procesadora que permite obtener piedra chancada de diferentes dimensiones así como arena gruesa. Las aguas que generan la esorrentía del Río Amojú, provienen de los pueblos de la parte alta de la ciudad (San Francisco, La Cascarilla, La Rinconada, Santa María, etc.), en los encontramos pequeños manantiales, puquios, generan el cauce del río.

El Río Amojú, desde sus inicios aguas arriba, se ve lleno de vegetación, y en temporadas lluviosas arrastra hasta la ciudad material orgánico que en el presente informe se debe de tener en cuenta para su análisis. Su geología corresponden a depósitos cuaternarios aluvio fluviales; suelos gravo arenosos con escasos finos, predominan elementos de formas redondeadas a sub redondeadas.

Derivan de la descomposición de rocas que conforman el basamento rocoso a lo largo del eje de la quebrada aguas arriba de la cantera, mayormente de origen volcánico perteneciente a la formación Oyotún y en menor proporción calizas de la formación Chulec y areniscas del grupo Goyarisquizga.



**Figura 4 Lecho del Río Amojú.**



**Figura 5 Ubicación y localización de la cantera Arenera Jaén**

### **3.3. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS**

#### **3.3.1. Materiales utilizados en los concretos de la investigación**

##### **Cemento**

El cemento utilizado es del Tipo I, denominado también portland normal, con peso específico relativo de 3,15.

##### **Agua**

El agua utilizada provino de la red de abastecimiento de agua potable de la EPS Marañón S.R.L. de la ciudad de Jaén. El agua se utilizó a temperatura ambiente (20,5°C) y sin alteración alguna para la elaboración de mezclas.

##### **Agregados**

El agregado fino y el agregado grueso se extrajeron de la Cantera Arenera Jaén. La arena y la piedra chancada se extrajeron del acopio de materiales, después del proceso de trituración de las rocas de la mencionada cantera. Se escogió el agregado grueso porque son los más conocidos y utilizados en las

construcciones de concreto en el distrito de Jaén, ver. Fig. 6 arena procesada, Fig. 7 piedra chancada 1”



**Figura 6 Arena procesada**



**Figura 7 Piedra chancada de 1”**

### **Aire atrapado**

Según la tabla 9, del método del ACI-211, el aire atrapado en el concreto depende del tamaño máximo del agregado, de esta manera para un tamaño máximo nominal de 1”, le corresponde aproximadamente un 1.5% de aire atrapado por unidad cúbica de concreto.

### **3.3.2. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado NTP 339.185 - 2002 y ASTM C 566**

#### **Equipos**

- Balanza con sensibilidad de 0.1 gramos.
- Recipiente adecuado para colocar la muestra.
- Estufa capaz de mantener una temperatura de 110 °C.

#### **Procedimiento**

- a) Se colocó la muestra húmeda a ensayar en un depósito y se determinó dicho peso (peso del recipiente + muestra húmeda).
- b) Se colocó el recipiente con la muestra a una estufa y se secó durante 24 horas a una temperatura de 110°C.
- c) Luego se pesó el recipiente con la muestra seca (peso del recipiente + muestra seca) y se determinó la cantidad del agua evaporada y peso de la muestra seca.

$H = (\text{peso del recipiente} + \text{muestra húmeda}) - (\text{peso del recipiente} + \text{muestra seca})$

$$MS = (\text{peso del recipiente} + \text{muestra seca}) - (\text{Peso del recipiente})$$

### Cálculos

$$\%W = \frac{H}{MS} \times 100 \quad \dots\dots\dots(6)$$

Dónde:

H= Peso del agua evaporada o contenido de agua

MS = Peso de la muestra seca

% W= porcentaje de humedad



**Figura 8 Contenido de humedad**

### 3.3.3. Método de ensayo normalizado para peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino según la NTP 400.022 – 2013 y ASTM C 128.

#### Equipo

- Balanza: Sensible a 0,1g del peso medio y con capacidad de 1000 g.
- Frasco: Picnómetro volumétrico de 500 cm<sup>3</sup> de capacidad.
- Molde Cónico: Metálico de 40 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm de diámetro en la parte inferior, y 75 mm de altura.
- Barra Compactadora de metal: De 340g de peso con un extremo de superficie plano circular de 25 mm de diámetro.
- Horno: Una estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de 110°C.

### Preparación de muestra

- a) Se colocó en un depósito aproximadamente 500g del agregado fino, obtenido por método del cuarteo.
- b) Se cubrió la muestra con agua y se dejó reposar durante 24 horas.
- c) Luego se extendió sobre un recipiente plano y amplio y se puso a secar a temperatura ambiente. Se removió la muestra con frecuencia para garantizar un secado uniforme.
- d) Se siguió con esta operación hasta que los granos de agregado no se adherían marcadamente entre sí.
- e) Luego se colocó el agregado fino en el molde cónico, se golpeó la superficie suavemente 25 veces con la barra de metal y se levantó el molde verticalmente (Fig. 9). Como el cono del agregado fino mantenía su forma dio a entender que aun la muestra estaba húmeda, entonces se siguió con el secado, revolviendo constantemente y se probó a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbó al quitar el molde. Esto significó que el agregado fino alcanzó una condición de superficie seca. (Fig. 9) y (fig. 10)



Figura 9 Prueba de absorción del agregado fino



Figura 10 Arena con superficie seca

### Procedimiento de ensayo

- a) Se introdujo de inmediato en el frasco una muestra de 500g del material preparado, se llenó de agua cerca de la marca de 500 cm<sup>3</sup> a una temperatura aproximada de 23°C.
- b) En seguida se agitó el frasco hasta eliminar todas las burbujas de aire, después se colocó en un baño de agua a temperatura aproximada de 23°C.

- c) Después de una hora se llenó con agua hasta los 500 cm<sup>3</sup> y se determinó el peso total del agua introducida en el frasco con aproximación de 0,1gramos. (Fig 11)



Figura 11 Peso del picnómetro + peso de la muestra + agua

- d) Se sacó el agregado fino del frasco, se secó en el horno a una temperatura de 110°C, luego se enfrió a temperatura ambiente durante una hora y se pesó.

**Cálculos:**

- Peso específico de masa (Pem).

$$Pem = \frac{K}{L + N - M} \dots\dots\dots(7)$$

- Absorción (Ab).

$$Ab = \frac{N - K}{K} \times 100 \dots\dots\dots(8)$$

Dónde:

K=Peso de la muestra secada al horno, en gramos.

L=Peso del picnómetro y agua al ras, en gramos.

M=Peso del picnómetro, muestra y agua al ras en gramos.

N=Peso de la muestra saturada con superficie seca, en gramos.

### 3.3.4. Método de ensayo normalizado para peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso según la NTP 400.021-2002 y ASTM C 127.

#### Equipo

- Balanza: Sensible a 0,1 g y con capacidad de 5000 gramos y Equipada con un dispositivo capaz de suspender la muestra en la cesta con malla de alambre.
- Cesta con malla de alambre: Con abertura de tamiz N° 6.
- Depósito de agua: Para sumergir la cesta de alambre en el agua y un dispositivo para suspenderla del centro de la escala de la balanza.
- Horno: De tamaño apropiado capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C.
- Una franela

#### Procedimiento

- a) Se colocó aproximadamente 3 a 4 Kg de material en un depósito. Seguidamente se sumergió el agregado en agua a temperatura ambiente por un lapso de 24 h.
- b) Después de transcurrido el tiempo de reposo, se decantó el depósito y se escurrió el agua, quedando el material húmedo y saturado. Luego se sacó la muestra del agua y se hizo rodar sobre una franela, hasta hacer desaparecer toda la película de agua visible de la superficie del agregado.(Fig 12)



Figura 12 Agregado con superficie seca

c) Se obtuvo el peso de la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca y con una aproximación de 0,1 g como lo muestra la Fig 13.



Figura 13 Peso de la muestra con superficie seca

d) Después de pesar, se colocó de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determinó su peso en agua (a una temperatura de 23°C), densidad 1 g/cm<sup>3</sup>. Mientras se sumergía se sacudió la malla para remover todo el aire atrapado. (Fig 14)



Figura 14 Peso de la muestra sumergida en agua

e) Finalmente se secó la muestra hasta peso constante, a una temperatura de 110°C (Fig. 15) y se dejó enfriar hasta la temperatura ambiente, durante 1 h, hasta que la temperatura era cómoda al tacto (aproximadamente 50°C) y luego se pesó.



Figura 15 Secado de la muestra en horno

### Cálculos

- Peso específico de masa (Pem)

$$Pem = \frac{A}{B - C} \dots\dots\dots(9)$$

- Absorción (Ab)

$$Ab.(%) = \frac{B - A}{A} \times 100 \dots\dots\dots(10)$$

Dónde:

A = Peso de la muestra seca en el aire en gramos.

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire en gramos.

C = Peso en el agua de la muestra saturada en gramos.

### 3.3.5. Método de ensayo para determinar pesos volumétricos secos, sueltos y compactados según la NTP 400.017 – 2011 y ASTM C 29.

#### Equipos

- Balanza: Con aproximación de 1 gramo.
- Barra Compactadora: Recta, de acero liso de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.
- Recipiente de Medida: Cilíndricos metálicos con precisión en sus medidas interiores y de volumen conocido.

- Cuchara de Mano: Para verter el agregado en el molde.

### Procedimiento para peso compactado

- Se tomó el agregado y se cuarteó para obtener una muestra representativa.
- Se llenó la tercera parte del recipiente de medida y se niveló la superficie con la mano.
- Se apisonó la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se llenó hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compactó con 25 golpes como antes. (Fig 16), (Fig 18).
- Finalmente, se llenó la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; el agregado sobrante se eliminó utilizando una regla metálica, como se muestra en la Fig. 17, Fig. 19.



Figura 16 Compactado de muestra Arena



Figura 17 Enrasado de muestra



Figura 18 Compactado de muestra Piedra chancada



Figura 19 Enrasado de muestra

- Al compactar la primera capa, se procuró que la barra no golpee el fondo con fuerza. Al compactar las últimas dos capas, sólo se empleó la fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre la última capa de agregado colocada en el recipiente.

- f) Se determinó el peso del recipiente más su contenido y el peso del recipiente sólo y se registraron los pesos con una aproximación 1 gramo.

### **Determinación del Peso Suelto**

- a) El recipiente de medida se llenó con una cuchara hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 2" por encima de la parte superior del recipiente. El agregado sobrante se eliminó y luego se niveló la superficie usando la barra lisa. (Fig 20, 21, 22, y 23 )
- b) Luego se determinó el peso del recipiente de medida más su contenido y también el peso del recipiente solo y se registraron los pesos con una aproximación de 1g.



Figura 20 Vaciado del agregado en el molde  
Piedra chancada



Figura 21 Enrasado de la superficie de la muestra



Figura 22 Compactado de muestra Arena



Figura 23 Enrasado de muestra

## Cálculos

El peso unitario compactado o suelto, se calcula como sigue:

$$M = \frac{(G-T)}{V} \quad \dots\dots\dots(11)$$

Dónde:

M = Peso Unitario del agregado en g/cm<sup>3</sup>.

G = Peso del recipiente de medida más el agregado en g.

T = Peso del recipiente de medida en g.

V = Volumen de la medida en cm<sup>3</sup>.

### 3.3.6. Abrasión por la máquina de los ángeles (ASTMC-131).

#### a. Materiales y Equipos

Máquina delos Ángeles.

Balanza con sensibilidad a 1g.

#### b. Procedimiento.

Se coloca la muestra de ensayo y la carga abrasiva en la máquina de los Ángeles y seguirá a una velocidad de 30 a 33 rpm durante 500 revoluciones. La máquina estará accionada y equilibrada de manera tal, que mantenga una velocidad periférica sustancialmente uniforme, puesto que de lo contrario puede arrojar resultados diferentes. Cumplido el número de revoluciones prescritas se descarga el material y se hace una separación preliminar de la muestra en un tamiz cuya abertura sea mayor que el tamiz N°12. Luego se cierne la porción más fina en el tamiz N°12, para evitar que le porcentaje de desgaste resulte aproximadamente un 0,2% menor que el valor real, y luego se saca a temperatura de 105° a 110°C hasta un peso sustancialmente constante y se pesa con aproximación de 1g.

El porcentaje de desgaste (De) está dado por la diferencia entre el peso original (Wo) y el peso final (Wf), expresado como porcentaje del primero.

$$De = \frac{W_o - W_f}{W_o} \times 100 \dots\dots\dots(12)$$

Dónde:

W<sub>o</sub>= peso original de la muestra (g)

W<sub>f</sub>=peso final de la muestra (g)

De= porcentaje de desgaste (%).



Figura 24 Colocando las esferas dentro de la tolva de la máquina.

**c. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.**

Los datos se obtendrán de una muestra de 5000 g de agregado grueso, los cuales pasaran por un proceso de desgaste por la máquina de los ángeles, procesándose los resultados mediante tablas.

**3.3.7. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global según la NTP 400.012 – 2013 y ASTM C 136.**

**Equipos**

- Balanzas: Electrónicas con aproximación 0,1gramos.
- Tamices: 3/4", 1/2", 3/8", N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200.

- Horno: Capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ° C.

### **Muestreo**

Se tomó la muestra de agregado de acuerdo a la NTP 400.010 y se redujo a la cantidad necesaria. En la Fig. 25, se aprecia la reducción de la muestra a tamaño de prueba usando el procedimiento de cuarteo.



Figura 25 Cuarteo de muestra

Se escogió aproximadamente 6 Kg para que sea la muestra de prueba para agregado grueso y 500 g para el agregado fino.

### **Procedimiento**

- a) Se secó la muestra hasta que su masa sea constante a una temperatura de 110 °C.
- b) Se colocaron los tamices en orden decreciente de tamaño. Luego se puso la muestra desde la parte superior de los tamices y se agitaron manualmente.(Fig. 26)
- c) Después del cribado general se dio un cribado individual (por tamiz). La operación terminó cuando en el transcurso de un minuto no pasaba más del 1% en peso del material retenido en cada tamiz.
- d) Finalmente se determinó y registró la masa retenida en cada tamiz en gramos.



Figura 26 Tamizado de agregados

### Cálculos

- a) Se realizó una tabla con cinco columnas, en la primera se escribió los números de los tamices en orden decreciente.
- b) En la segunda columna se anotaron las masas retenidas en los respectivos tamices.
- c) En la tercera columna se anotaron los porcentajes del material retenido en cada malla, respecto a la masa total de la muestra, mediante la fórmula 6.

$$\% \text{ Retenido} = \frac{W_N}{\sum W_T} \times 100 \quad \dots\dots\dots(13)$$

Dónde:

% Retenido = Porcentaje retenido en la malla N respecto a la masa original, en %.

$W_N$  = Masa del material retenido en la malla N, en gramos.

$\sum W_T$  = Suma de las masas retenidas de la columna 2, en gramos.

- d) En la cuarta columna se anotaron los porcentajes retenidos acumulados de la siguiente manera:

$$\% \text{ Retenido Acumulado} = \% \text{ Retenido en la malla N} + \% \text{ Retenido Acumulado en la malla anterior}$$

- e) En la columna cinco se anotaron los porcentajes que pasa de la siguiente manera:

$$\% \text{ Que pasa} = 100 - \% \text{ Retenido Acumulado en la malla N}$$

- f) El módulo de fineza de la arena se calculó dividiendo la sumatoria de los % retenidos acumulados de la cuarta columna, de los tamices N°100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8 y N° 4 entre 100.

### **3.4. PROPIEDADES FISICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO**

#### **3.4.1. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland según la ntp 339.035 - 2009 y astm c 143.**

##### **Equipos**

- Cono de Abrams: Molde de forma tronco cónica de 20 cm de diámetro en la base inferior y 10 cm en la base superior, con altura de 30 cm.
- Barra compactadora: De acero lisa de 5/8" (16 mm) de diámetro con punta semiesférica y de aproximadamente 60 cm de longitud.
- Wincha: Para medir el asentamiento.

##### **Procedimiento**

- a) Se humedeció el molde y se colocó sobre una placa de acero liso, no absorbente.
- b) Se apoyó firmemente el molde sobre la base colocando y presionando con los dos pies los estribos del molde. Se evitó mover los pies durante el llenado del molde, para no fallar el ensayo (Fig. 27).
- c) Luego se llenó el molde en tres capas, de modo que cada capa ocupe la tercera parte del volumen del molde.
- d) Se compactó cada capa en toda su profundidad con 25 penetraciones de la varilla, distribuyendo las penetraciones en toda la superficie de cada capa.
- e) En la compactación de la segunda y tercera capa se buscó penetrar la capa anterior una pulgada y varillar desde cerca del perímetro y continuar progresivamente en forma espiral hacia el centro del molde.
- f) Cuando se compactó la última capa, se adicionó un excedente de concreto sobre el molde antes de comenzar el varillado.
- g) Luego se enrasó el concreto fresco, rodando la varilla de compactación sobre el borde superior del molde.

- h) Después se levantó el molde cuidadosamente en dirección vertical de un solo movimiento y sin giros. En un tiempo de 5 a 10 segundos.
- e) Finalmente se midió el asentamiento determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro de la cara superior del cono de mezcla deformado (Fig. 28).



Figura 27 Preparación del espécimen    Figura 28 Medición del asentamiento

- i) Esta prueba se desarrolló sin interrupciones en no más de 2,5 minutos y cuando al levantar el cono se produjo una falla por corte, se descartó la prueba y realizó el ensayo con una nueva porción de mezcla.

### 3.4.2. Práctica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en Laboratorio según la NTP 339.183 – 2009 y ASTM C 192.

#### Equipos, materiales y herramientas

- Recipiente de muestreo: No absorbente con suficiente capacidad para mezclar.
- Molde cilíndrico: De 15 cm de diámetro por 30 cm de altura.
- Varilla compactadora: De acero lisa de 5/8" (16 mm) de diámetro con punta semiesférica y de aproximadamente 60 cm de longitud.
- Martillo: Con cabeza de goma de 0,6 Kg de masa.
- Herramientas: Pala, cucharón, espátula, plancha y paleta de albañil.
- Aceite: Para evitar la adherencia entre el molde y la mezcla de concreto.

#### Procedimiento del mezclado manual del concreto

- a) Se realizó el mezclado en un depósito resistente, utilizando una paleta despuntada de albañil.

- b) Se mezcló el cemento y el agregado fino sin adicionar agua hasta que estuvieron completamente mezclados.
- c) Luego se adicionó el agregado grueso y se mezcló la amasada completa, sin adición de agua hasta que el agregado grueso estuvo uniformemente distribuido en toda la amasada.
- d) Al final se agregó agua, y se mezcló la amasada hasta obtener un concreto homogéneo en apariencia y de la consistencia deseada.

### **Procedimiento para moldeo de especímenes**

- a) Se limpiaron las probetas y se untó ligeramente el interior con aceite quemado para que el concreto no se adhiriera a las paredes del molde, luego se colocó en una superficie limpia, nivelada y firme.
- b) Luego con la ayuda de un cucharón se coló el concreto en los moldes. Se cuidó en distribuir el material uniformemente alrededor del perímetro del molde.
- c) Se llenaron las probetas en tres capas y cada una de estas con 1/3 de volumen, se compactó 25 veces en todo su espesor en la primera capa, mientras que en la segunda y tercera capa se varilló el tercio correspondiente más una pulgada de la capa subyacente. Cabe señalar que en cada capa se distribuyó uniformemente el varillado en toda la sección transversal del molde (Fig. 29).



Figura 29 Compactado de los especímenes de concreto

- d) Una vez llenadas las probetas fueron golpeados ligeramente el exterior del molde de 10 a 15 veces con el mazo de hule para cerrar los huecos dejados por la varilla de compactación (Fig. 30).



Figura 30 Eliminación de aire en el espécimen

- e) Se retiró el exceso de concreto con la varilla de compactar y se enrasó la parte superior con una plancha de albañil para producir una superficie plana (Fig. 31).

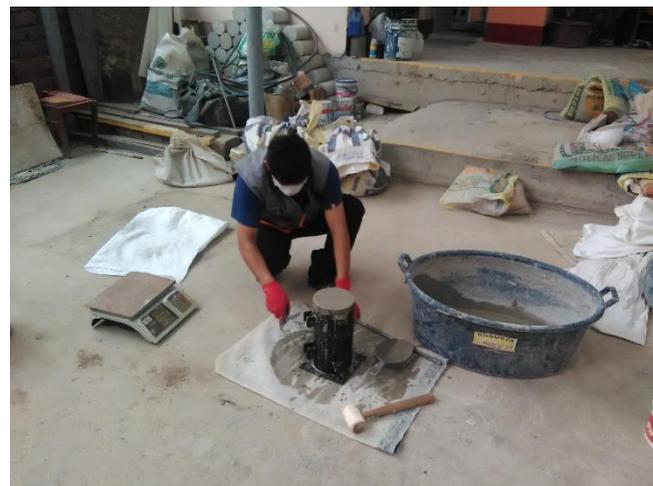


Figura 31 Retiro del exceso de mezcla

- f) Luego se realizó el acabado final de la superficie expuesta del espécimen con la mínima manipulación necesaria a fin de lograr una superficie plana y a nivel con el borde del molde.

**Desencofrado de testigos:** El desencofrado se realizó a las 24 horas después de la elaboración de testigos y luego se procedió a colocar su identificación, considerando fecha de elaboración, resistencia del concreto, y código de identificación.

**Curado de testigos:** Los testigos de esta investigación se curaron con agua potable hasta un día antes de su ruptura. El curado fue bajo sombra y se mantuvo en una temperatura promedio del agua de 20,5 °C.

**Peso volumétrico [ntp 339.046, astm c138]:** Esta prueba se realizó de acuerdo a la norma “Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of concrete. Este método nos ayuda a calcular la densidad del hormigón fresco, y dar a conocer las fórmulas para calcular el rendimiento del hormigón, y su contenido de aire. El rendimiento es conocido como el volumen del hormigón producido de una mezcla de cantidades y materiales conocidos. El peso volumétrico del hormigón se expresa en  $\text{Kg}/\text{m}^3$ . Se realizó esta prueba usando la Olla de Washington en donde se coloca el hormigón después de haber realizado la prueba de revenimiento y antes de colocarlo en los moldes. El procedimiento para calcular el peso volumétrico es: Primero pesamos la Olla de Washington seca y vacía anotamos ese valor.  $P_0$  en Kg. Luego, colocamos dentro de la olla el hormigón en tres partes o capas, dando en cada capa 25 punzadas con una varilla lisa de hierro para eliminar cualquier contenido de aire existente. Una vez colocada la última capa hasta la parte superior de la olla, esta es pesada y anotamos ese otro valor  $P_1$ .

### **3.4.3. Peso unitario del concreto: El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.046 – Revisada el 2013.**

Según Norma específica que este ensayo consiste en determinar el volumen

del concreto producido, con el fin de verificar la correcta dosificación y rendimiento de los materiales. Es una base para determinar el rendimiento de la mezcla, el contenido de cemento, así como el contenido de aire.

El peso unitario del concreto fresco nos permite formar un juicio inmediato de la calidad de la composición granulométrica y de la compactación del concreto, siendo un importante medio de control del rendimiento de los componentes del concreto. El peso unitario se calcula de la siguiente manera:

**Densidad (Peso Unitario):** Se calculó este parámetro como sigue:

$$D = \frac{(M_c - M_m)}{V_m} \dots\dots\dots(14)$$

Dónde:

D = Densidad de masa (peso unitario) del concreto (kg/m<sup>3</sup>).

Mc = Masa del recipiente de medida lleno de concreto (kg).

Mm = Masa del recipiente vacío (kg).

Vm = Volumen del recipiente (m<sup>3</sup>).

**Densidad Teórica:** Este parámetro es calculado sobre una base libre de aire, se calculó como sigue:

$$T = \frac{M}{V} \dots\dots\dots(15)$$

Dónde:

T = Densidad teórica del concreto (kg/m<sup>3</sup>).

M = Masa total de todos los materiales en la tanda (kg).

V = Volumen absoluto de los componentes de la mezcla (m<sup>3</sup>).

**Rendimiento:** Se calculó este parámetro como sigue:

$$Y = \frac{M}{D} \dots\dots\dots(16)$$

Dónde:

Y = Rendimiento, volumen de concreto producido por tanda (m3).

M = Masa total de todos los materiales en la tanda (kg).

D = Densidad de masa (Peso Unitario) del concreto (kg/m3).

**Rendimiento relativo:** Se calculó este parámetro como sigue:

$$R_y = \frac{Y}{Y_d} \dots\dots\dots(17)$$

Dónde:

Ry= Rendimiento relativo, un exceso de este valor mayor a 1 indica un exceso de concreto que se produce, un valor menor indica que el volumen de la mezcla será corto con relación al volumen diseñado.

Y = Rendimiento, volumen de concreto producido por tanda (m3).

Yd = Volumen de diseño de concreto producido por tanda (m3).

**Contenido de cemento:** Se calculó este parámetro como sigue:

$$C = \frac{C_b}{Y} \dots\dots\dots(18)$$

Dónde:

C = Contenido actual del cemento (kg/m3)

Cb= Masa del cemento en el lote (kg)

Y = Rendimiento, volumen de concreto producido por tanda (m3).

**3.4.4. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas según la NTP 339.034 - 2008 y ASTM C 39.**

### **Máquina de ensayo**

La máquina compresora para determinar la carga de ruptura de los testigos de concreto de esta investigación, trata de un equipo mecánico que dispone el laboratorio de EMS de la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca sede Jaén. Cabe mencionar que la máquina al tiempo de la prueba estuvo calibrada y en condiciones de buena funcionalidad.

### **Procedimiento**

- a) Todos los testigos de concreto para una determinada edad de ensayo fueron puestos a prueba dentro del tiempo permisible de tolerancias.
- b) Antes de ensayarlos se realizó la medición del diámetro de los especímenes de concreto en dos direcciones perpendiculares y en ambas cabezas, y luego se sacó un diámetro promedio.
- c) Colocación: Para realizar las pruebas se utilizaron dos placas o bloques adaptados con neoprenos. Se limpiaron las superficies dichas placas superior e inferior y las cabezas del espécimen de prueba, luego de colocó el neopreno inferior en el eje de aplicación de carga de la compresora y sobre éste el testigo de prueba, luego se colocó el neopreno superior y se aplicó la carga axial.
- d) Verificación del cero: Antes de ensayar la probeta, se verificó que el indicador de carga esté en cero.
- e) Velocidad de carga: Luego se aplicó la carga continuamente y sin detenimiento. Tratando de mantener una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de 0,25 MPa/s.
- f) Se aplicó la carga hasta que se produjo la falla de ruptura del testigo de concreto. No se tuvo en cuenta en cuenta la deformación de los mismos.
- g) Se registró la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo.

### Cálculos

- Se calculó la resistencia a la compresión del espécimen dividiendo la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo entre el área promedio de la sección del cilindro. (Fórmula 14)
- Para efectos de esta investigación las pruebas se rompieron a edades de 7, 14 y 28 días, para los diseños de mezclas de  $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$  y para las dos perfiles más utilizadas de agregado grueso.

$$f'c = \frac{P}{A} = \frac{AG}{\pi D^2} \dots\dots\dots(19)$$

Dónde:

$f'c$  = Resistencia de ruptura a la compresión, en  $\text{Kg/cm}^2$ .

$P$  = Carga máxima axial aplicada al espécimen en el momento de la falla, en  $\text{Kg}$ .

$A$  = Área de la sección transversal del espécimen, en  $\text{cm}^2$ .

$D$  = Diámetro promedio del espécimen, en  $\text{cm}$ .

### 3.4.5. Módulo de elasticidad.

El módulo de elasticidad del concreto se determinó de la teóricamente con la fórmula del comité ACI 363R92 diferentes formas:

#### Comité ACI 363R-92.

El Comité ACI 363R-92 en el capítulo 5, para el cálculo del Módulo Estático de Elasticidad, enuncia en la página 23, lo siguiente:

Para el cálculo del módulo de elasticidad se puede usar la siguiente expresión:

$$E_c = 3320 \sqrt{f'_c} + 6900 \text{ (MPa)} \dots\dots\dots(20)$$

Esta última expresión fue propuesta por: Russell, Sausier y Pfeiffer, siendo una ecuación empírica, por lo cual no se le considera como una estricta norma, más bien como un parámetro de comparación con la expresión del ACI 318S-05 (coincide con la NTE E0.60 para hallar  $E_c$ ).

### 3.5. PASOS PARA DISEÑOS DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI 211.

El Instituto Americano del Concreto (ACI 211), recomienda nueve pasos para diseñar una mezcla de concreto, los cuales se describen a continuación:

**Paso 1. Elección del revenimiento para cumplir los requisitos de trabajo:** Para esta investigación se escogió trabajar con revenimiento de 7,5 a 10 cm (3” a 4”) sin aditivo que corresponde a una consistencia plástica y una consistencia fluida (5”-7”) adicionando aditivo. La elección se hizo según la tabla 8.

**Tabla 8 Revestimientos recomendados para varios tipos de construcción**

Tipos de Construcción	Revestimiento (cm)	
	Máximo*	Mínimo
Muros de cimentación y	7,5	2,5
Zapatas, cajones de	7,5	2,5
Vigas y muros reforzados	10,0	2,5
Columnas para edificios	10,0	2,5
Pavimentos y losas	7,5	2,5
Concreto masivo	7,5	2,5

Fuente. ACI 211

\*También se puede incrementar 2,5 cm, cuando los métodos de compactación no sean por vibrado.

**Paso 2. Elección del tamaño máximo del agregado:** Cuando se desea un concreto de alta resistencia los mejores resultados se obtienen reduciendo el tamaño máximo del agregado, ya que estos producen resistencias altas con una relación Agua/Cemento determinada. El tamaño máximo elegido para esta investigación fue de 1” para ambos diseños de mezcla ( $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$ ) sin y aditivo y con aditivo.

**Paso 3. Determinación del agua de mezclado y contenido de aire:** La cantidad estimada de agua y porcentaje de aire en kilogramos para un metro cúbico de concreto se estimaron en la tabla 9, considerando un concreto sin aire incluido, utilizando los datos seleccionados en el paso 1 y paso 2.

Tabla 9 Agua, Kg/m<sup>3</sup> de concreto para TM nominal de agregado indicado y % de aire estimado

<b>Revestimiento</b>	<b>3/8"</b>	<b>1/2"</b>	<b>3/4"</b>	<b>1"</b>	<b>1 1/2"</b>	<b>2"</b>	<b>3"</b>	<b>6"</b>	
<b>cm</b>	<b>pulgadas</b>	<b>Concreto sin aire incluido</b>							
<b>2,5 - 5</b>	1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
<b>7,5 - 10</b>	3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
<b>15 - 17,5</b>	6" - 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
<b>% Aire atrapado</b>		3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2

Fuente: ACI 211

**Paso4. Selección de la relación Agua/Cemento:** Antes de la selección de la relación agua /cemento, se encontró la resistencia promedio o esfuerzo crítico de diseño  $f'_{cr}$ , según la tabla 11 y fórmula 21.

$$f'_{cr} = f'_{c} + k \quad \dots\dots\dots(21)$$

Donde

$f'_{cr}$  = Esfuerzo crítico de diseño o resistencia promedio a la compresión requerida.

$f'_{c}$  = Esfuerzo a la compresión especificado.

k = Coeficiente.

Con la ayuda de la tabla 10, se encontró la resistencia promedio a la compresión requerida, que se recomienda utilizarla cuando no se dispone de datos de campo y no se cuenta con desviaciones estándares conocidas.

Tabla 10 Resistencia promedio a la compresión requerida

<b>Resistencia especificada a la compresión</b>		<b>Resistencia promedio requerida a la compresión</b>	
<b>Mpa</b>	<b>Kgf/cm<sup>2</sup></b>	<b>Mpa</b>	<b>Kgf/cm<sup>2</sup></b>
<b><math>f'_{c} &lt; 21</math></b>	$f'_{c} < 210$	$f'_{cr} = f'_{c} + 7.0$	$f'_{cr} = f'_{c} + 70$
<b><math>21 \leq f'_{c} \leq 35</math></b>	$210 \leq f'_{c} \leq 350$	$f'_{cr} = f'_{c} + 8.5$	$f'_{cr} = f'_{c} + 85$
<b><math>f'_{c} &gt; 35</math></b>	$f'_{c} > 350$	$f'_{cr} = 1.10 f'_{c} + 5.0$	$f'_{cr} = 1.10 f'_{c} + 50$

Fuente: ACI318 y norma E.060 del RNE

Los valores de la tabla 11 son aproximados y relativamente conservadores para concretos que contengan cemento Portland. La elección de la relación agua

/cemento se basó en el criterio de buscar una cantidad mayor de cemento.

Resistencia a la compresión a los 28	Relación agua/cemento (por peso)	
	Kg/cm <sup>2</sup>	Concreto sin Concreto con aire
450	0,38	---
400	0,43	---
350	0,48	0,40
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,7	0,61
150	0,8	0,71

Tabla 11 Relación agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto

Fuente: ACI 211

\* La resistencia está basada en cilindros de 15 x30 cm.

**NOTA:** Para resistencias no especificadas es válida la interpolación lineal.

**Paso 5. Cálculo del Contenido de Cemento:** La cantidad de cemento por volumen unitario de concreto se encontró por las determinaciones expuestas en el paso 3 y 4. El cemento requerido fue igual al contenido estimado de agua de mezclado (paso3), dividido entre la relación Agua/Cemento (paso 4).

**Paso6.Estimación del contenido de agregado grueso:**

En la tabla 12, con el tamaño máximo nominal del agregado y el módulo de finura de la arena, se encontró el volumen de agregado grueso varillado en seco por volumen unitario de concreto. El volumen seleccionado, se convirtió a peso seco del agregado grueso requerido en un metro cúbico de concreto, multiplicándolo por el peso unitario de varillado en seco.

Tabla 12 Volumen de agregado grueso por unidad de volumen del concreto

Tamaño máximo nominal del agregado	Volumen de agregado varillado en seco, por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura			
Pulgadas	2,4	2,6	2,8	3
3/8"	0,50	0,48	0,46	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,60
1"	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"	0,75	0,73	0,71	0,69
2"	0,78	0,76	0,74	0,72
3"	0,82	0,80	0,78	0,76
6"	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: ACI211

**Paso 7. Estimación del contenido de agregado fino:** Al término del paso 6, todos los ingredientes del concreto fueron estimados excepto el agregado fino, cuya cantidad se determinó por diferencia. Para calcular esto se utilizó el método del volumen absoluto, lo cual implica el empleo de volúmenes desplazados por los componentes. En este caso, el volumen total desplazado por los componentes conocidos (agua, aire, cemento y agregado grueso) se restaron del volumen unitario de concreto para obtener el volumen requerido de agregado fino. El volumen ocupado por cualquier componente en el concreto se determinó dividiendo sumas a entre la densidad de ese material.

**Paso 8. Ajustes por humedad del agregado:** Debido a que los agregados se utilizaron en estado húmedo se hizo la corrección por humedad de los mismos, multiplicando el peso seco por la sumatoria de la unidad más la humedad respectiva.

Así mismo para mantener la misma relación agua/cemento seleccionada en el paso 4, se hizo la corrección de la misma, utilizando la fórmula 16.

$$Ac = A + (Dif1 * WG) + (Dif2 * WA) \dots\dots\dots(22)$$

Donde

Ac=Agua corregida en Kg

A= Agua inicial de diseño Kg

Dif 1= Diferencia del % de absorción menos el % de humedad de la grava.

Dif 2= Diferencia del % de absorción menos el % de humedad de la arena.

WG= Peso seco de la grava en un metro cubico de concreto en Kg.

WA= Peso seco de la arena en un metro cubico de concreto en Kg.

### **3.6. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

Para los diseños de mezcla de referencia de  $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$ , primero se determinaron las propiedades de los agregados fino y grueso, tales como: La granulometría, humedad natural, peso unitario suelto y compactado, peso específico de masa y absorción y el uso del aditivo basado en la hoja técnica de la misma. Los datos fueron recopilados con ayuda de instrumentos de recolección de datos, luego procesados en el programa Excel usando tablas para determinar los valores finales haciendo los cálculos respectivos, posteriormente los resultados se compararon en gráficos estadísticos. Los únicos valores que se expresaron en porcentajes son la humedad y absorción de los agregados.

Los diseños de mezcla se desarrollaron a detalle en el Anexo A. El resultado de dichos diseños se analizó con graficas porcentuales y descripción textual de las proporciones resultantes en peso (para un metro cúbico de concreto). También se sacó el proporcionamiento por cada mezcla (tanda) considerando que cada una de éstas debería de llenar tres probetas cilíndricas de 15 por 30 cm más el troco cónico de Abrams, con diámetro superior de 10 cm, diámetro inferior de 20cm y, altura de 30 cm.

Los diseños de referencia fueron hechos haciendo el uso del aditivo superplastificante y sin aditivo bajo las siguientes condiciones: El factor agua/cemento inicial (peso por tanda) fue el mismo para cada resistencia diseñada, el mismo peso de arena de la Cantera Arenera Jaén, pero además se hicieron coincidir las granulometrías de éstos (ver tabla 32 – Anexo B) y por ende el tamaño máximo nominal de los agregados.

La recolección de datos de asentamiento o pruebas Slump que determinaron la consistencia del concreto fresco se realizaron por cada tanda o mezcla, es decir, por cada siete especímenes para cada edad del concreto sin aditivo y con aditivo.

Los resultados de consistencia se analizaron de acuerdo a los asentamientos con la ayuda de tablas y gráficos (figuras) expresadas en centímetros, y fueron comparadas

textualmente con las consistencias y/o asentamientos expresados en la tabla 13. Esta propiedad del concreto fresco también se expresó en pulgadas en parte del análisis y en las conclusiones.

La resistencia de concreto estudiadas ( $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$ ) se elaboraron 42 especímenes: 21 hechos sin aditivo, 21 hechos con aditivo. De estos especímenes 7 se rompieron a 7 días, 7 a 14 días, 7 a los 28 días de edad.

**Tabla 13 Cantidad de pruebas Slump y testigos de concreto por cada mezcla.**

$f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$					
Slump Especímenes elaborados con			Slump Especímenes elaborados sin		
7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
7	7	7	4	3.5	4
6	6	7	3	3	3
6.5	7	7	4	4	4
7	7	6	3.5	3	3
6	6	7	3	3.5	3.5
6	6.5	7	4	3	4
6.5	6	7	3	4	3

Las resistencias a la compresión de los concretos a edades de 7, 14, y 28 días de edad, resultaron del promedio de tres resistencias (de los tres testigos de concreto que se asignó para cada edad). Las resistencias a la compresión se encontraron para cada testigo usando tablas y luego se sacó el promedio para obtener un resultado confiable, así como lo sugiere el ACI 318.08, y con estos resultados finales se hizo el análisis mediante tablas y gráficos elaborados en el programa Excel y discutidos con resultados de otras investigaciones mencionadas en antecedentes y marco teórico.

#### IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los agregados grueso escogidos para esta investigación son los más comunes y utilizados en la construcción en el distrito de Jaén, la piedra chancada porque tiene bordes bien definidos en las intersecciones de caras que a la vez son aproximadamente planas, y según su textura lo clasifica como ásperas porque sus caras tienen fracturas rugosas.

En el siguiente ítem se muestran los datos, el procesamiento de los mismos y los resultados finales de la humedad de los agregados, obtenidos del promedio de la elaboración de dos ensayos por muestra de agregado, a fin que los resultados sean confiables.

#### 4.1. RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

##### Contenido de humedad agregado fino

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	79.53	79.53	79.53
Peso de (M. Húmeda + recipiente) (gr)	562.90	562.87	562.93
Peso de (M. Seca + recipiente) (gr)	546.55	546.55	546.55
Peso del agua (gr)	16.35	16.32	16.38
Peso de la muestra seca (gr)	467.02	467.02	467.02
Contenido de Humedad (%)	3.50	3.49	3.51
Promedio de Contenido de Humedad(%)		3.50	

##### Contenido de humedad agregado grueso TMN= 1"

##### Humedad de los agregados grueso.

ENSAYO N°	1		
Peso del recipiente (gr)	65.23	65.23	65.23
Peso de (M. Húmeda + recipiente) (gr)	566.08	566.28	565.88
Peso de (M. Seca + recipiente) (gr)	563.48	563.48	563.48
Peso del agua (gr)	2.60	2.80	2.40
Peso de la muestra seca (gr)	498.25	498.25	498.25
Contenido de Humedad (%)	0.52	0.56	0.48
Promedio de Contenido de Humedad(%)		0.52	

La humedad natural de la Piedra chancada, característica de los agregados gruesos no hubo una variación significativa en el factor agua/cemento durante el mezclado, tomando en cuenta que los diseños están hechos para piedra chancada.

**Peso específico de masa y absorción agregado fino**

**Peso específico de masa y absorción agregado fino**

**ENSAYO**

<b>A = Peso muestra secada al horno (gr)</b>	489.00
<b>B = Peso del picnómetro y agua al ras (gr)</b>	861.00
<b>C= Peso picnómetro, muestra y agua al ras (gr)</b>	1166.00
<b>S= Peso muestra saturada con superficie seca (gr)</b>	500.00
<b>Peso Específico de Masa <math>Pe= A/(B+S-C)</math></b>	2.51
<b>Peso Específico de Masa Saturada con superficie seca <math>500/(B+S-C)</math></b>	2.56
<b>Peso Específico Aparente <math>Pea= A/(A+B-C)</math></b>	2.66
<b>Absorción <math>Ab= [(S-A)x100]/A</math></b>	2.25

**Peso específico de masa y absorción agregado grueso TMN=1"**

**ENSAYO**

<b>A = Peso muestra secada al horno (gr)</b>	4181.00
<b>B = Peso de muestra saturada con superficie seca (gr)</b>	4209.00
<b>C= Peso de muestra sumergida en agua (gr)</b>	2655.00
<b>Peso Específico de Masa <math>Pe= A/(B-C)</math></b>	2.69
<b>Peso Específico Masivo S.S.S <math>B/(B-C)</math></b>	2.71
<b>Peso Específico Aparente <math>Pea= A/(A-C)</math></b>	2.74
<b>Absorción <math>Ab= [(B-A)x100]/A</math></b>	0.67

Según Alejos y Fernández, que se cita en antecedentes, afirma que otra de las propiedades de los agregados que puede alterar el factor agua/cemento y por ende hace variar la consistencia del concreto es la absorción.

**Peso unitario compactado agregado fino**

<b>ENSAYO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Peso del recipiente (gr)</b>		6072	
<b>Peso del recipiente + mat. (gr)</b>	9782	9814	9839
<b>Peso del material (gr)</b>	3710	3742	3767
<b>Volumen del recipiente (cm<sup>3</sup>)</b>		2159	
<b>Peso Unitario Compactado (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1718	1733	1745
<b>Peso Unitario Compactado Promedio (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>1732</b>	

**Peso unitario compactado agregado grueso TMN=1"**

**Peso específico de masa y absorción agregado fino**

<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Peso del recipiente (gr)</b>		6072	
<b>Peso del recipiente + mat. (gr)</b>	9495.00	9406.00	9413.00
<b>Peso del material (gr)</b>	3423.00	3334.00	3341.00
<b>Volumen del recipiente (cm<sup>3</sup>)</b>		2159	
<b>Peso Unitario Compactado (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1585.46	1544.23	1547.48
<b>Peso Unitario Compactado Promedio (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>1559</b>	

**Ensayo de resistencia a la abrasión**

**Método: AASHTO T-96**

<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>
<b>Cantera</b>	ARENERA JAEN
<b>Graduación</b>	"A"
<b>Peso de la Muestra</b>	5000.00
<b>11/2" - 1"</b>	1250.00
<b>1" - 3/4"</b>	1250.00
<b>3/4" - 1/2"</b>	1250.00
<b>1/2" - 1/8"</b>	1250.00
<b>3/8" - 1/4"</b>	
<b>1/4" - N°04</b>	
<b>N° 04 - N° 08"</b>	
<b>Total Desgaste</b>	600.00
<b>Ret. N° 12 : 500 Vueltas</b>	-
<b>Ret. N° 12</b>	4400.00
<b>% de Desgaste</b>	<b>12.00%</b>

### Análisis granulométrico agregado fino

**CANTERA**

**ARENERA JAEN**

**PESO SECO INICIAL**

500.00 gr

**PESO MENOR N° 200**

26.26 gr

<b>TAMIZ</b>		<b>PESO</b>	<b>PORCENTAJE</b>	<b>PORCENTAJE</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>N°</b>	<b>mm</b>	<b>RETENIDO</b>	<b>RETENIDO</b>	<b>RET.</b>	<b>QUE PASA</b>
		<b>PARCIAL</b>		<b>ACUMULADO</b>	
		( gr. )	parcial ( % )	acumul. ( % )	acumul. ( % )
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	10.55	2.11	2.11	97.89
N°8	2.36	98.50	19.70	21.81	78.19
N°10	2.00	27.75	5.55	27.36	72.64
N°16	1.18	68.60	13.72	41.08	58.92
N°20	0.84	41.34	8.27	49.35	50.65
N°30	0.60	44.50	8.90	58.25	41.75
N°40	0.42	48.50	9.70	67.95	32.05
N°50	0.30	57.97	11.59	79.54	20.46
N°80	0.18	45.33	9.07	88.61	11.39
N°100	0.15	12.35	2.47	91.08	8.92
N°200	0.07	18.35	3.67	94.75	5.25
< N°200		26.26	5.25	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>	500.00				

### Módulo de fineza del agregado fino

<b>MALLA</b>		<b>Peso Retenido</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje Ret.</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>N°</b>	<b>( mm. )</b>	<b>Parcial</b>	<b>Retenido</b>	<b>Acumulado</b>	<b>que Pasa</b>
		( gr. )	parcial ( % )	acumul. ( % )	acumul. ( % )
N°4	4.75	10.55	2.11	2.11	97.89
N°8	2.36	98.50	19.70	21.81	78.19
N°16	1.18	68.60	13.72	41.08	58.92
N°30	0.60	44.50	8.90	58.25	41.75
N°50	0.30	57.97	11.59	79.54	20.46
N°100	0.15	12.35	2.47	91.08	8.92

$$\text{Módulo de fineza} = \frac{\% \text{ Retenido Acumulado}(\text{N}^{\circ}4+\text{N}^{\circ}8+\text{N}^{\circ}16+\text{N}^{\circ}30+\text{N}^{\circ}50+\text{N}^{\circ}100)}{100}$$

$$\text{Módulo de fineza} = \frac{293.87}{100}$$

**Módulo de fineza= 2.94**                      Recomendable entre 2.3 y 3.1

La Grafico1 muestra la curva granulométrica del agregado fino de la Cantera “Arenera Jaén, puesto que se encuentra en gran porcentaje dentro de los límites granulométricos dispuestos por la ASTM C 33.

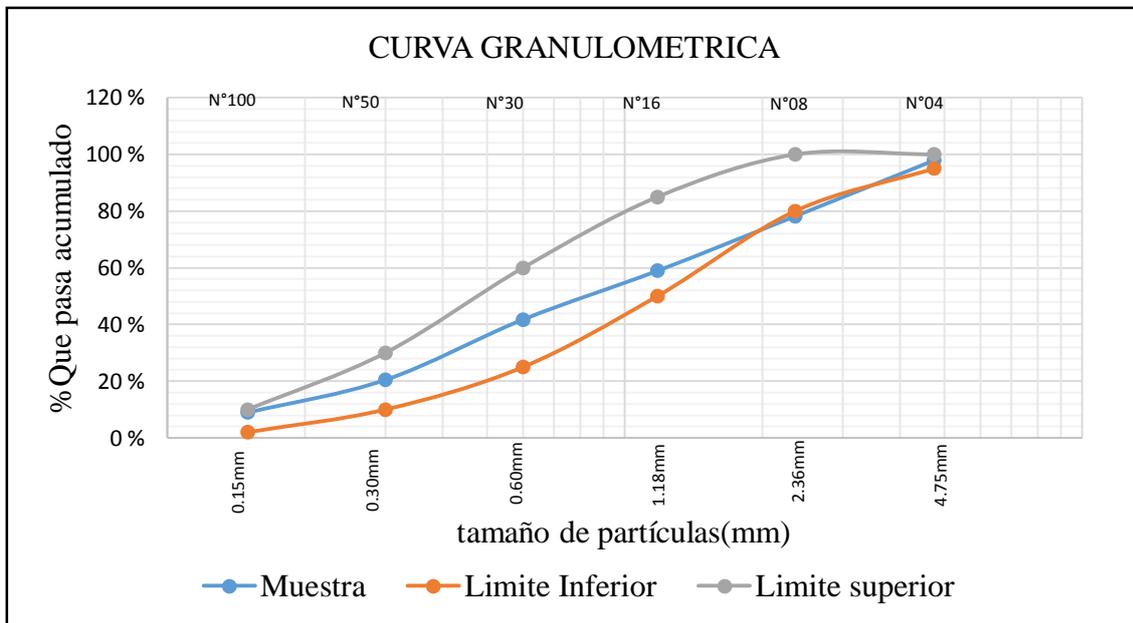


Grafico 1 Análisis granulométrico del agregado fino

Se muestra los datos, su procesamiento y resultados de la granulometría del agregado grueso y también el tamaño máximo nominal de los agregados (1”), el cual permite determinar el agua y aire atrapado en los dos diseños de mezcla de referencia utilizando el método módulo de fineza de la combinación de los agregados.

**Análisis granulométrico agregado grueso**

**CANTERA**

**ARENERA JAEN**

**PESO SECO INICIAL**

4173.00 gr

**PESO MENOR N° 200**

0.00 gr

<b>TAMIZ</b>		<b>PESO</b>	<b>PORCENTA</b>	<b>PORCENTA</b>	<b>PORCENTA</b>
<b>N°</b>	<b>mm</b>	<b>RETENID</b>	<b>JE</b>	<b>JE RET.</b>	<b>JE QUE</b>
		<b>O</b>	<b>RETENIDO</b>	<b>ACUMULA</b>	<b>PASA</b>
		<b>( gr. )</b>	<b>parcial ( % )</b>	<b>acumul. ( % )</b>	<b>acumul. ( % )</b>
<b>1"</b>	<b>25.40</b>	2915.00	69.85	69.85	30.15
<b>3/4"</b>	<b>19.05</b>	456.00	10.93	80.78	19.22
<b>1/2"</b>	<b>12.70</b>	414.00	9.92	90.70	9.30
<b>3/8"</b>	<b>9.50</b>	223.00	5.34	96.05	3.95
<b>1/4"</b>	<b>6.35</b>	144.00	3.45	99.50	0.50
<b>N°4</b>	<b>4.75</b>	15.00	0.36	99.86	0.14
<b>N°8</b>	<b>2.36</b>	6.00	0.14	100.00	0.00
<b>N°10</b>	<b>2.00</b>	0.00	0.00	100.00	0.00
<b>N°16</b>	<b>1.18</b>	0.00	0.00	100.00	0.00
<b>N°20</b>	<b>0.84</b>	0.00	0.00	100.00	0.00
<b>N°30</b>	<b>0.60</b>	0.00	0.00	100.00	0.00
<b>N°40</b>	<b>0.42</b>	0.00	0.00	100.00	0.00
<b>N°50</b>	<b>0.30</b>	0.00	0.00	100.00	0.00
<b>N°80</b>	<b>0.18</b>	0.00	0.00	100.00	0.00
<b>N°100</b>	<b>0.15</b>	0.00	0.00	100.00	0.00
<b>N°200</b>	<b>0.07</b>	0.00	0.00	100.00	0.00
<b>&lt; N°200</b>		0.00	0.00	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>	4173.00				

### Módulo de fineza agregado grueso

MALLA				Peso Retenido	Porcentaje
Nº	( mm. )	( mm. )	Porcentaje	Porcentaje Ret.	Porcentaje
Nº	( mm. )	( gr. )	Retenido	Acumulado	que Pasa
3"	76.20	0.00	parcial ( % )	acumul. ( % )	acumul.( % )
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	456.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	223.00	10.93	80.78	19.22
Nº4	4.75	15.00	5.34	96.05	3.95
Nº8	2.36	6.00	0.36	99.86	0.14
Nº16	1.18	0.00	0.14	100.00	0.00
Nº30	0.60	0.00	0.00	100.00	0.00
Nº50	0.30	0.00	0.00	100.00	0.00
Nº100	0.15	0.00	0.00	100.00	0.00

$$\text{Módulo de fineza} = \frac{\% \text{ Retenido Acumulado}(3''+1\frac{1}{2}''+3/4''+3/8''+N^{\circ}4+N^{\circ}8+N^{\circ}16+N^{\circ}30+N^{\circ}50+N^{\circ}100)}{100}$$

$$\text{Módulo de fineza} = \frac{776.68}{100}$$

$$\text{Módulo de fineza} = 7.77$$

En la grafico 2, se observa la distribución granulométrica del agregado grueso comparado con los requisitos granulométricos del huso 5, establecido por la norma ASTM C 33, presentada en la tabla 33 –Anexo B. Esta granulometría no tiene una distribución ideal pero si es apta para la elaboración de mezclas de concreto porque la mayor parte de su curva se encuentra fuera de los rangos normados.

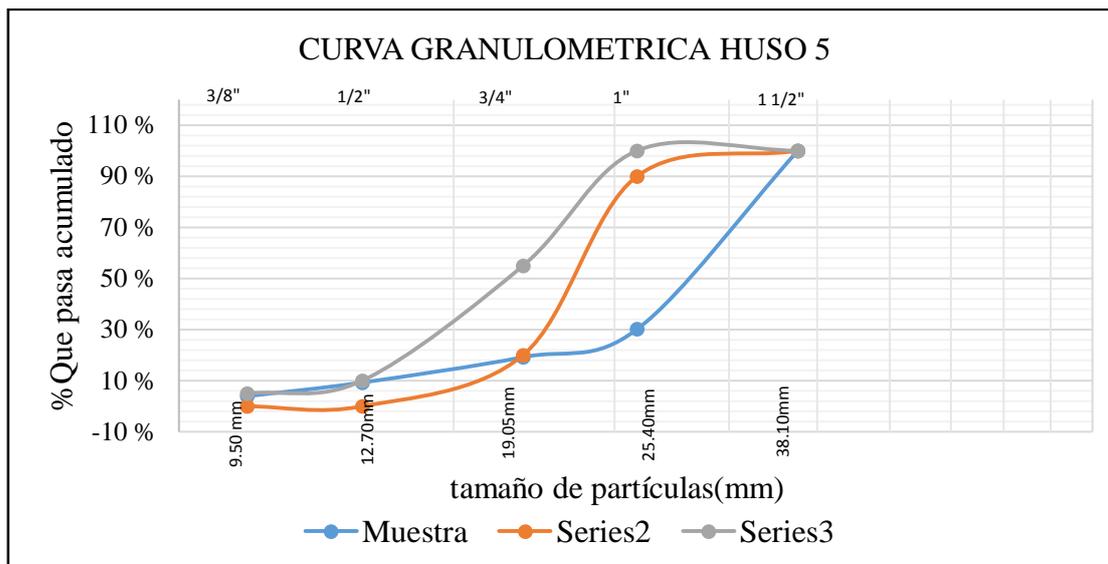


Grafico 2 Análisis Granulométrico del agregado grueso

En la tabla 14 se muestran el resumen de los datos, el procesamiento de los mismos y los resultados finales de la humedad de los agregados, obtenidos del promedio de la elaboración de dos ensayos por muestra de agregado, a fin que los resultados sean confiables.

## RESUMEN

Tabla 14 resumen de las propiedades de los agregados

Características	Agregado fino	Agregado grueso TMN=1"
<b>Humedad natural %</b>	3.50	0.52
<b>Absorción %</b>	2.25	0.67
<b>Peso específico de masa (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.56	2.71
<b>Tamaño máximo del agregado</b>		1"
<b>Módulo de fineza</b>	2.94	7.77
<b>Peso unitario suelto (kg/cm<sup>3</sup>)</b>	1550	1405
<b>Peso unitario varillado (kg/cm<sup>3</sup>)</b>	1732	1559

En La tabla 15, presenta los resultados de la dosificación en peso de los materiales utilizados por tanda, para las dos resistencias de diseño estudiadas. Este proporcionamiento se detalla en el Anexo A.

#### 4.2. RESUMEN DEL DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS.

**Tabla 15** Proporcionamiento de materiales por tanda 7 especímenes.

DISEÑO DE MEZCLA SIN ADITIVO								
DISEÑO DE MEZCLA	MATERIALES	DISEÑO SECO			DISEÑO HUMEDO			
		PESO SECO (kg)	VOLUMEN ABSOLUTO (m <sup>3</sup> )	DISEÑO UNITARIO (Kg)	PESO HUMEDO (kg)	DISEÑO UNITARIO (Kg)	TANDA POR SACO (Kg)	TANDA POR 0.042 (Kg)
a/c : 0.55	CEMENTO	367.27	0.117	1.00	367.27	1.00	42.50	1.79
	AGUA	202.00	0.202	0.55	193.37	0.53	22.53	0.95
	ARENA	805.00	0.314	2.19	833.00	2.27	96.48	4.05
	PIEDRA	953.00	0.352	2.59	958.00	2.61	110.93	4.66
	AIRE		0.015					
	TOTAL		1.000		2351.637			
DISEÑO DE MEZCLA SIN ADITIVO								
DISEÑO DE MEZCLA	MATERIALES	DISEÑO SECO			DISEÑO HUMEDO			
		PESO SECO (kg)	VOLUMEN ABSOLUTO (m <sup>3</sup> )	DISEÑO UNITARIO (Kg)	PESO HUMEDO (kg)	DISEÑO UNITARIO (Kg)	TANDA POR SACO (Kg)	TANDA POR 0.042 (Kg)
a/c : 0.55	CEMENTO	275.45	0.087	1.00	275.45	1.00	42.50	1.79
	AGUA	202.00	0.202	0.73	192.97	0.70	29.75	1.25
	ARENA	841.00	0.328	3.05	870.00	3.16	134.30	5.64
	PIEDRA	991.00	0.366	3.60	996.00	3.62	153.85	6.46
	ADITIVO	1.05% PESO CEMENTO	0.002	1.05% PESO CEMENTO	1.05% PESO CEMENTO	1.05% PESO CEMENTO	0.45	0.0187 (15.61ml)
	AIRE		0.015					
	TOTAL		1.00		2337.31			

Según la tabla 16, el diseño de mezclas hechas sin aditivo se obtuvo una mezcla no trabajable con un asentamiento, en algunos casos de hasta 8 cm (aproximadamente 3” a 4”), el diseño de mezclas hechas con aditivo se obtuvo una mezcla fluida, con la consistencia de diseño, según el criterio de Gamero (2008) plasmado en la tabla 3, debido a que hubo mayor Slump es 17.78 cm” (aproximadamente 5” a 7”), en ambas resistencias de diseño. Esta variación ocurrida lo asignamos en su mayor parte a la influencia de aditivo.

**Tabla 16** Asentamientos del concreto fresco para  $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$

Slump $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$ asentamiento el pulgadas					
Slump Especímenes elaborados			Slump Especímenes elaborados sin		
7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
7	7	7	4	3.5	4
6	6	7	3	3	3
6.5	7	7	4	4	4
7	7	6	3.5	3	3
6	6	7	3	3.5	3.5
6	6.5	7	4	3	4
6.5	6	7	3	4	3

En la tabla. 16, se observa la gran diferencia de asentamientos que existe entre mezclas

**Tabla 17 Resultados obtenidos de especímenes  $f'c=250$  Kg/cm<sup>2</sup> con aditivo 7, 14 y 28 días.**

Ensayo N°	Edad en días	Código de especímenes	Diámetro (cm)	Área en (cm <sup>2</sup> )	Carga de ruptura (KN)	Carga de ruptura (Kg)	f <sub>c</sub> real (Kg/cm <sup>2</sup> )	% de resistencia Real
1	7	M1-J	15.20	181.46	385	39259.22	216.35	87
2	7	M2-J	15.15	180.27	384	39177.64	217.33	87
3	7	M3-J	15.10	179.08	389	39656.91	221.45	89
4	7	M4-J	15.21	181.70	395	40309.53	221.85	89
5	7	M5-J	15.12	179.55	395	40258.55	224.21	90
6	7	M6-J	15.18	180.98	392	40013.81	221.09	88
7	7	M7-J	15.10	179.08	391	39881.25	222.70	89
11	14	M8-J	15.16	180.50	470	47926.84	265.52	106
12	14	M9-J	15.17	180.74	475	48467.29	268.16	107
13	14	M10-J	15.14	180.03	474	48314.33	268.37	107
14	14	M11-J	15.20	181.46	472	48130.78	265.24	106
15	14	M12-J	15.20	181.46	471	48008.42	264.57	106
16	14	M13-J	15.20	181.46	476	48569.26	267.66	107
17	14	M14-J	15.20	181.46	520	53025.44	292.22	117
22	28	M15-J	15.10	179.08	521	53127.41	296.67	119
23	28	M16-J	15.20	181.46	524	53433.33	294.47	118
24	28	M17-J	15.14	180.03	525	53504.71	297.20	119
25	28	M18-J	15.20	181.46	528	53810.62	296.55	119
26	28	M19-J	15.10	179.08	527	53780.03	300.32	120
27	28	M20-J	15.13	179.79	529	53943.19	300.03	120
28	28	M21-J	15.20	181.46	528	53871.81	296.88	119

**Tabla 18 Resultados obtenidos de especímenes  $f'c=250$  Kg/cm<sup>2</sup> sin aditivo**

Ensayo N°	Edad en días	Código de especímenes	Diámetro (cm)	Área en (cm <sup>2</sup> )	Carga de ruptura (KN)	Carga de ruptura (Kg)	f'c real (Kg/cm <sup>2</sup> )	% de resistencia Real
1	7	M1-O	15.20	181.46	313	31869.31	175.63	70
2	7	M2-O	15.15	180.27	318	32395.48	179.71	72
3	7	M3-O	15.10	179.08	315	32143.61	179.49	72
4	7	M4-O	15.21	181.70	313	31950.89	175.85	70
5	7	M5-O	15.12	179.55	316	32205.82	179.37	72
6	7	M6-O	15.18	180.98	318	32415.88	179.11	72
7	7	M7-O	15.10	179.08	319	32579.03	181.93	73
11	14	M8-O	15.16	180.50	400	40737.81	225.69	90
12	14	M9-O	15.17	180.74	402	40977.45	226.72	91
13	14	M10-O	15.14	180.03	400	40756.17	226.39	91
14	14	M11-O	15.20	181.46	398	40559.36	223.52	89
15	14	M12-O	15.20	181.46	400	40810.21	224.90	90
16	14	M13-O	15.20	181.46	401	40924.42	225.53	90
17	14	M14-O	15.13	179.79	402	40992.74	228.00	91
21	28	M15-O	15.20	181.46	462	47098.83	259.56	104
22	28	M16-O	15.20	181.46	461	46972.38	258.86	104
23	28	M17-O	15.14	180.03	464	47351.72	263.02	105
24	28	M18-O	15.20	181.46	458	46718.47	257.46	103
25	28	M19-O	15.10	179.08	455	46444.17	259.35	104
26	28	M20-O	15.13	179.79	459	46788.83	260.24	104
27	28	M21-O	15.20	181.46	457	46627.72	256.96	103

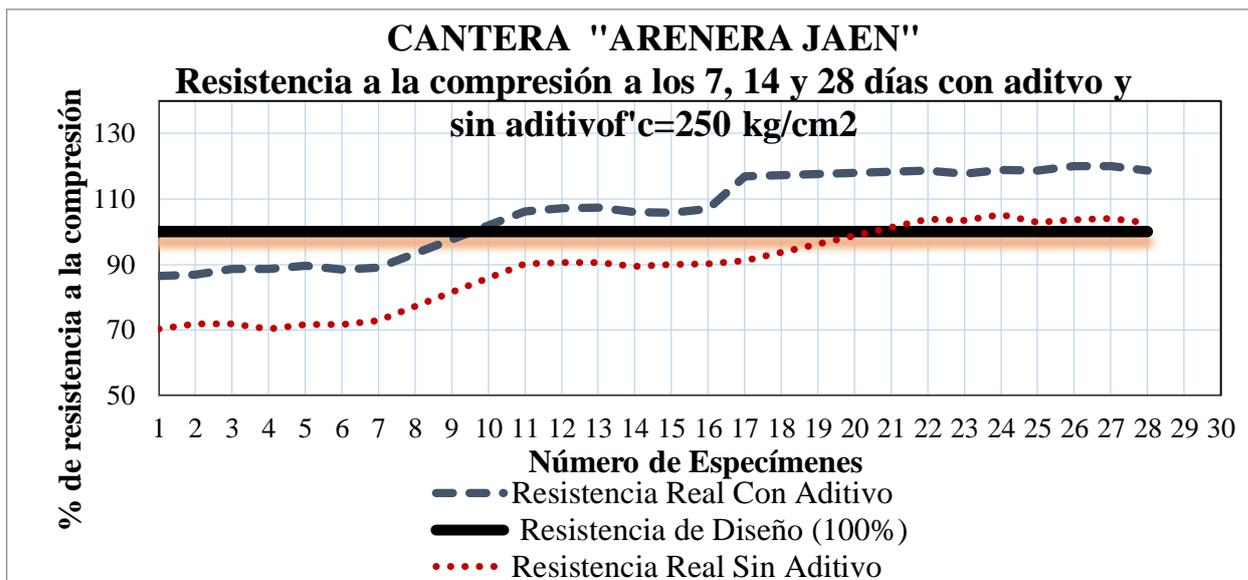


Grafico 3 Resistencia a la compresión a los 7, 14, 21 y 28 días  $f'_c=250 \text{ Kg/cm}^2$  con aditivo y sin aditivo.

Para realizar la comparación con otras investigaciones se usan los promedios de los siete especímenes asignados por edad del concreto (método módulo de fineza de la combinación de los agregados), para cada resistencia de diseño elaborada.

En la tabla 19 se presentan las resistencias promedio de los especímenes de concreto de  $f'_c=250 \text{ Kg/cm}^2$  con aditivo y sin aditivo, para las edades de 7, 14 y 28 días; Estas resistencias se pueden apreciar con mayor claridad en la grafico 3 diferencia de resistencias de especímenes con aditivo donde claramente se observa la ventajosa diferencia entre ellas.

**Tabla 19 Resistencias promedio de especímenes  $f'_c= 250 \text{ Kg/cm}^2$**

Edad en días	Resistencias reales promedio en $\text{Kg/cm}^2$	
	sin aditivo	con aditivo
7	178.73	220.71
14	225.54	266.59
28	259.35	291.07

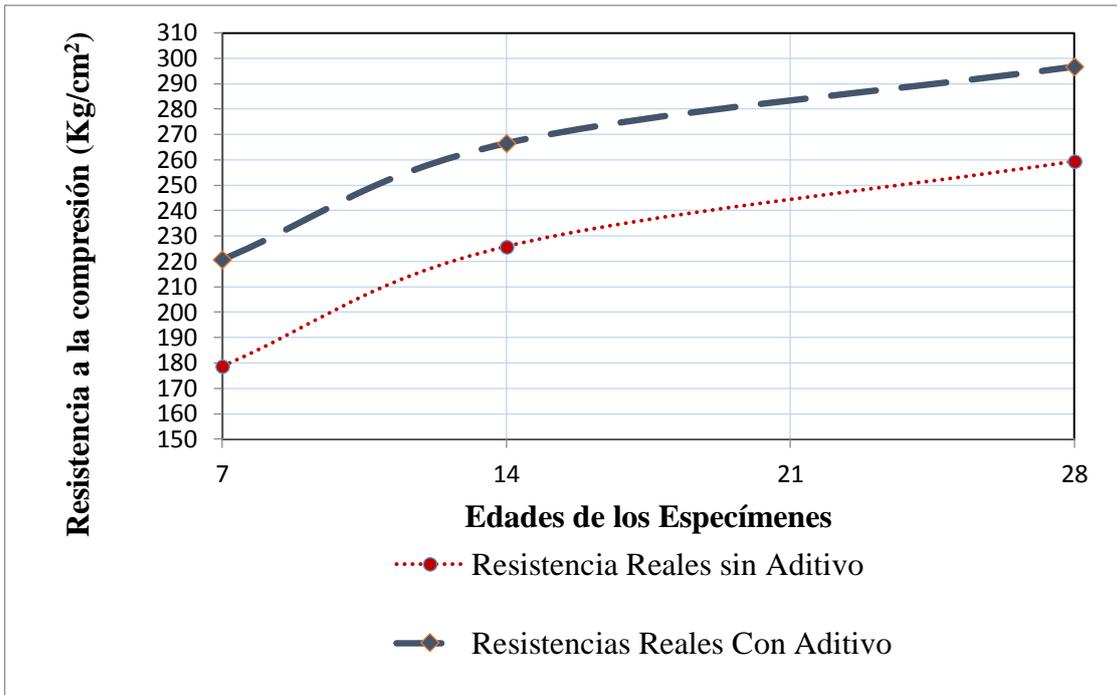


Grafico 4 Resistencias promedio de especímenes de  $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$  con aditivo y sin aditivo.

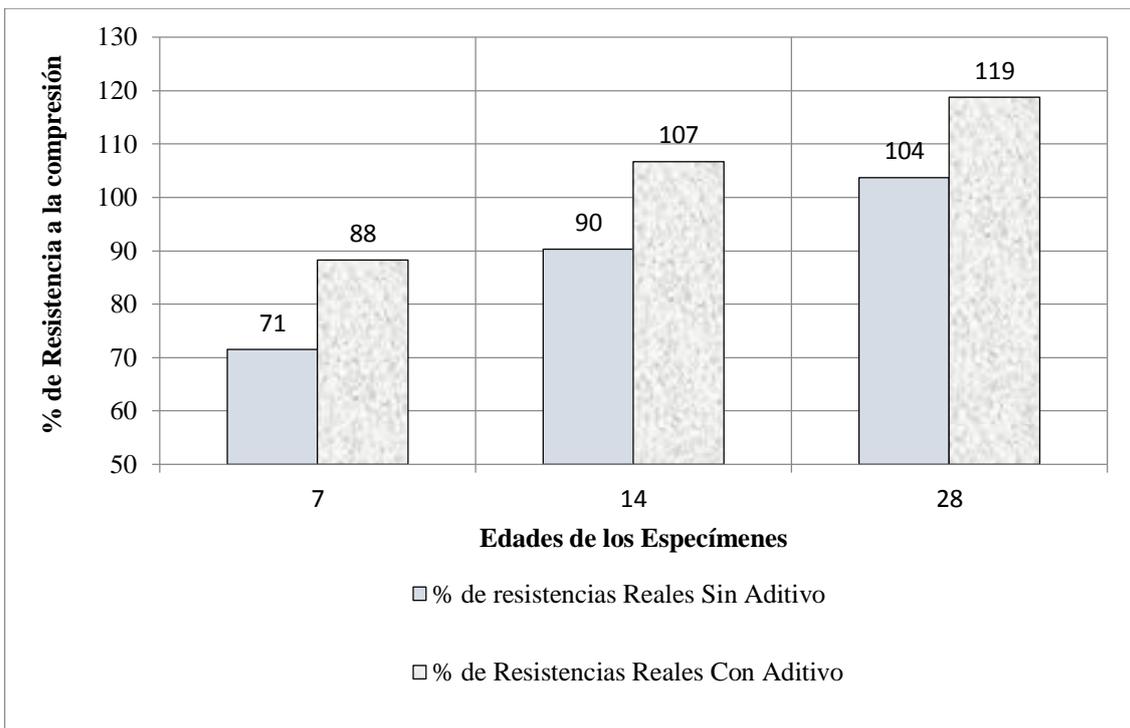


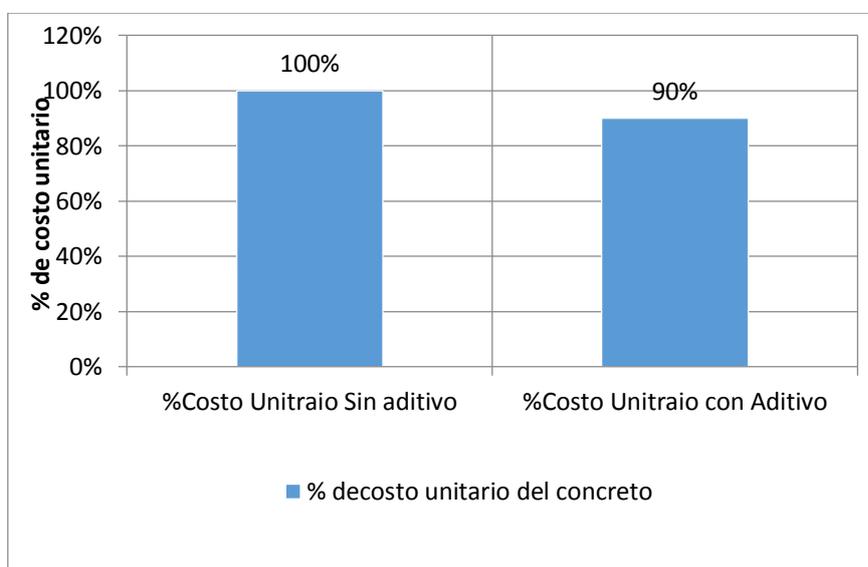
Grafico 5. % de resistencias promedio de especímenes de  $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$  con aditivo sin aditivo.

Para este concreto según la indica la grafico 5, nos muestra la diferencia porcentual promedio para cada mezcla en términos de resistencia significa una diferencia amplia o de gran medida.

La mayor resistencia que se dio en los especímenes del diseño con aditivo, se debió a la influencia del aditivo.

<b>Costo del concreto por m3 sin aditivo</b>			
materiales	Materiales por m <sup>3</sup>	Costo unitario (s./)	Costo total (s./)
Cemento	9.00 bol	23.50	211.50
Agua efectiva	195.75 Lt	1.00	195.75
Agregado fino	0.54 m <sup>3</sup>	45.00	24.36
Agregado grueso	0.69 m <sup>3</sup>	45.00	30.90
	total		462.51
<b>Costo del concreto por m3 con aditivo</b>			
materiales	Materiales por m <sup>3</sup>	Costo unitario (s./)	Costo total (s./)
Cemento	6.00 bol	23.50	141.00
Agua efectiva	195.44 Lt	1.00	195.44
Agregado fino	0.57 m <sup>3</sup>	45.00	25.57
Agregado grueso	0.72 m <sup>3</sup>	45.00	32.31
Aditivo	0.62 m <sup>3</sup>	35.00	21.84
	total		416.15

Grafico 6 % costo unitario del concreto por metro cubico



Del análisis y discusión de resultados, queda demostrado que el uso de aditivo superplastificante contribuye a aumentar la resistencia del concreto y reduciendo el agua ayuda a un ahorro considerable en el uso del cemento con los agregados de la Cantera Arenera Jaén, influyendo así en gran medida en la trabajabilidad, consistencia y resistencia a la compresión del concreto en el distrito de Jaén – Cajamarca.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- El valor de las propiedades físico mecánicas de los agregados son:

**Tabla 20 El valor de las propiedades físico mecánicas de los agregados**

CARACTERÍSTICAS	AGREGADO	AGREGADO
	FINO	GRUESO TMN=1"
Humedad natural %	3.50	0.52
Absorción %	2.25	0.67
Peso específico de masa (gr/cm <sup>3</sup> )	2.56	2.71
Tamaño máximo del agregado		1"
Módulo de fineza	2.94	7.77
Peso unitario suelto (kg/cm <sup>3</sup> )	1550	1405
Peso unitario varillado (kg/cm <sup>3</sup> )	1732	1559

- Según los resultados obtenidos de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, se determinó que el agregado fino aporta agua a la mezcla en 1.25% en comparación del agregado grueso absorbe agua -0.15%
- según la granulometría del agregado fino, se obtuvo un módulo de 2.94 (rango 2.3 y 2.1) lo cual es recomendable ya que se encuentra dentro de los límites granulométricos dispuestos por la ASTM C 33.
- según la granulometría del agregado grueso, se obtuvo un módulo de 7.77 lo cual no es recomendable ya que no cumple límites granulométricos según la norma. NTP 400.012 – 2013 y ASTM C 136.
- Se realizaron 42 especímenes de los cuales, 7 con aditivo y sin aditivo para realizar sus ensayos a las diferentes edades (7, 14, 28 días), obteniendo un asentamiento promedio del concreto fresco sin aditivo de 8.84cm; y del concreto fresco con aditivo Sikament 290N, de 16.88 cm respectivamente.

- Se determinó el peso unitario promedio del concreto fresco con aditivo Sikament 290N  $2366.91\text{Kg/m}^3$  y sin aditivo  $2369.85\text{Kg/m}^3$  respectivamente; peso unitario promedio del concreto endurecido con aditivo Sikament 290N  $2300.56\text{Kg/m}^3$  y sin aditivo  $2299.59\text{Kg/m}^3$  respectivamente.
- Los resultados a compresión de los especímenes elaborados con aditivo Sikament 290N, tuvieron un aumento en la resistencia de hasta 16% los 7 días, de 16% a los 14 días, y un 15% a los 28 días, comparados con el concreto sin aditivo.
- El uso del aditivo Sikament 290N debido a sus propiedades químicas es un reductor de agua, lo cual reduce el factor cemento de 9.0bls a 6.00 bls por metro cubico reduciendo el costo en un 10%.

## **5.2. RECOMENDACIONES.**

- El agregado grueso debe ser mejorado en su granulometría ya que es un material mal gradado y no cumple con las NTP 400.012 – 2013 y ASTM C 136.
- Se recomienda realizar otros ensayos con otros aditivos superplastificantes, para determinar los costos que se emplearan por metro cubico y poder elegir el más económico.
- El aditivo Sikament 290N es un producto que se puede emplear en la ciudad de Jaén por presentar un crecimiento considerable en la industria de la construcción lo cual permiten tener concretos mejores trabajables reduciendo costos y las fallas en estructuras.
- Se recomienda que en otras investigaciones en un tema similar, se determine en qué medida influyen las propiedades químicas de los agregados pétreos en el concreto fresco y endurecido. Así también ampliar esta investigación y probar con más formas y texturas de agregado y medir su influencia en el concreto.

## REFERENCIAS

- ACI 318S (American Concrete Institute). 2008. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario, (Versión en español y en sistema métrico), Comité ACI 318.
- ACI 211 (American Concrete Institute). 1991. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete, reapproved 2002, ACI Committee 211.
- Aranda, JR; Silva, HA. 2006. Evaluación del tamaño del agregado grueso para la determinación de la resistencia de la compresión del concreto. Tesis Ing. Civil. Chimbote, Perú, Universidad Nacional del Santa. Facultad de Ingeniería. s.p.
- Chan, JL; Solis, R; Moreno, EI. 2003. Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. Yucatán, México. Ingeniería 7(2): 39-46.
- Estrada, CG; Páez, R. 2014. Influencia de la morfología de los agregados en la resistencia del concreto. Tesis Ing. Civil. México, Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería. 201 p.
- FernandezCanovas, M. 2005. Hormigón. Madrid. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 543 p.
- Instituto del Concreto, 1997. Manual Tecnología y Propiedades, Asociación colombiana de productores de concreto - ASOCRETO. D Sánchez. 2 ed. Sexta impresión, Colombia. 215 p.
- León, MP; Ramírez, F. 2010. Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes. Bogotá, Colombia. Ingeniería de Construcción 25(2): 215-240.
- Lezama Leiva, J. (s.f.). Tecnología del concreto. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 82 p.
- NTP 400.012. 2013. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, INDECOPI.
- NTP400.022. 2013. Método de ensayo normalizado para peso específico y porcentaje absorción del agregado fino. Lima, INDECOPI.
- NTP 400.017. 2011. Método de ensayo para determinar pesos volumétricos secos, sueltos

- y compactados. Lima, INDECOPI.
- NTP 339.035. 2009. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. Lima, INDECOPI.
- NTP 339.183. 2009. Práctica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio. Lima, INDECOPI.
- NTP 339.034. 2008. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Lima, INDECOPI.
- NTP 339.185. 2002. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Lima, INDECOPI.
- NTP 400.021. 2002. Método de ensayo normalizado para peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso. Lima, INDECOPI.
- NTP 339.114. 1999. Concreto premezclado. Lima, INDECOPI.
- Ottazzi, G. 2004. Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado. Tesis Mag. Ing. Civil. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ingeniería. s.p.
- RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones). 2014. Norma E.060: Concreto Armado. p. 408-425
- Rivva López, E. 2000. Naturaleza y materiales del concreto. A Gómez. ACI Perú. Lima, Perú. 390 p.
- Rivva López, E; Harman, J; Pasquel, E; Badoino, D; Romero, A. 1998. Tecnología del concreto: ACI capítulo peruano. A Gómez. Lima, Perú. 172 p.
- Rivva López, E. 1992. Tecnología del concreto: Diseño de mezclas. Editorial Hozlo S.C.R.L. Lima, Perú. 284 p.

## ANEXO A

### A. DISEÑO DE MEZCLAS CON ADITIVO Y SIN ADITIVO.

#### DISEÑO DE MEZCLAS SIN ADITIVO

##### ESPECIFICACIONES

Se desea calcular las proporciones de los materiales integrantes de una mezcla de concreto.

a) La resistencia a compresión de diseño especificada es de 250 kg/cm<sup>2</sup>, este es a los 28 días.  $f'c=$

$$f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$$

b) Se requiere que la mezcla tenga una consistencia fluida (6"-7").

c) Tamaño Máximo nominal del agregado grueso es de TMN=1"

##### MATERIALES

###### 1.- Cemento

Portland ASTM tipo I " Pacasmayo"

Peso específico 3.15 gr/cm<sup>3</sup>

Peso en kg/bol 42.50 kg

###### 2.- Agua

Agua potable de la red publica

Peso específico 1000 kg/m<sup>3</sup>

###### 3.- Agregado grueso

Tamaño máximo nominal 1"

Peso unitario suelto 1405 kg/m<sup>3</sup>

Peso seco compactado 1559 kg/m<sup>3</sup>

Peso específico de masa 2.71 gr/cm<sup>3</sup>

Absorción 0.67 %

Contenido de humedad 0.52 %

Módulo de fineza 7.77

#### 4.- Agregado fino

Peso específico de masa	2.56 gr/cm <sup>3</sup>
Peso unitario suelto	1550 kg/m <sup>3</sup>
Absorción	2.25 %
Contenido de humedad	4 %
Módulo de fineza	2.94

### SECUENCIA DE DISEÑO

#### 1.- Determinación de la resistencia promedio

$f'c$	$f'cr$
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 85$
sobre 350	$f'c + 98$

#### Se elegirá el valor:

Teniendo en cuenta el grado de control de calidad en la obra.

Nivel de Control	$f'cr$
Regular o Malo	1.3 a 1.5 $f'c$
Bueno	1.2 $f'c$
Excelente	1.1 $f'c$

$$f'cr = 300 \text{ kg/cm}^3$$

#### 2.- Selección del tamaño máximo nominal

$$TM = 1''$$

#### 3.- Selección del asentamiento

$$\text{FLUIDA : } \geq 5''$$

#### 4.- Volumen unitario de agua (tabla 10.2.1)

$$202 \text{ lt/m}^3$$

**5.- Contenido de aire total (tabla 11.2.1)**

1.50%

**6.- Relación agua/cemento**

relación agua/cemento por resistencia tabla 12.2.2

<b>f'cr</b>	<b>a/c</b>
300	0.55
$\left[ \begin{array}{l} 300 \text{ kg/m}^3 \\ 350 \end{array} \right]$	$\left[ \begin{array}{l} x \\ 0.48 \end{array} \right]$

$$x = 0.55$$

Relación agua/ cemento = 0.55

**7.- Factor cemento**

$$\text{factor cemento} = 367.27 \text{ kg/m}^3 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{9.00 \text{ bol/m}^3}$$

**8.- Calculo del volumen absolutos**

Conocidos los pesos del cemento y agua , así como el volumen del aire, se procede a calcular la suma de los volúmenes absolutos de estos ingredientes:

- Cemento  $367.27 \text{ kg/m}^3 / 3.15 \text{ gr/cm}^3 = 0.117 \text{ m}^3$
- Agua  $202 \text{ lt/m}^3 / 1000 \text{ kg/m}^3 = 0.202 \text{ m}^3$
- Aire  $1.50\% \times 1 \text{ m}^3 = 0.015 \text{ m}^3$

$$\text{SUMA DE VOLUMENES CONOCIDOS} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{0.334 \text{ m}^3}$$

**9.- Volumen absoluto del agregado**

El volumen absoluto del agregado es igual a la unidad menos el volumen absoluto de la pasta:

$$- \text{Volumen absoluto del agregado} = 1 \text{ m}^3 - 0.334 \text{ m}^3 = 0.67 \text{ m}^3$$

#### 10.- Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados (tabla 16.3.10)

$$m = 5.49$$

$$11.- \text{ Cálculo del valor de } r_r \quad r_r = \frac{m_g - m}{m_g - m_r} \times 100$$

$$r_r = \frac{7.77 - 5.49}{7.77 - 2.94}$$

$$r_r = 47.20\%$$

#### 12.- Cálculo de los volúmenes absolutos del agregado

- Volumen absoluto de agregado fino =  $0.666 \text{ m}^3 \times 0.472 = 0.314 \text{ m}^3$
- Volumen absoluto de agregado grueso =  $0.666 \text{ m}^3 \times 0.528 = 0.352 \text{ m}^3$

#### 13.- Pesos secos de los agregados

- Agregado fino  $0.314 \text{ m}^3 \times 2.56 \text{ gr/cm}^3 = 805 \text{ kg/m}^3$
- Agregado grueso  $0.352 \text{ m}^3 \times 2.71 \text{ gr/cm}^3 = 953 \text{ kg/m}^3$

#### 14.- Valores de diseño

Las cantidades de materiales, calculadas por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados, a ser empleadas como valores de diseño serán:

- Cemento =  $367.27 \text{ kg/m}^3$
- Agua de diseño =  $202 \text{ kg/m}^3$
- Agregado fino seco =  $805 \text{ kg/m}^3$
- Agregado grueso seco =  $953 \text{ kg/m}^3$

#### 15.- Corrección por humedad del agregado

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cúbica de concreto deben ser corregidas en función de condiciones de humedad de los agregados fino y grueso, a fin de obtener los valores a ser utilizados en obra.

**Peso húmedo del:**

- Agregado fino =  $805 \text{ kg/m}^3 \times 1.035 = 833 \text{ kg/m}^3$

- Agregado grueso =  $953 \text{ kg/m}^3 \times 1.005 = 958 \text{ kg/m}^3$

**A continuación determinaremos la humedad superficial del agregado:**

Humedad superficial

- Agregado fino =  $3.50\% - 2.25\% = 1.25\%$

- Agregado grueso =  $0.52\% - 0.67\% = -0.15\%$

Y los aportes de humedad de los agregados serán:

Aporte de humedad

- Agregado fino =  $805 \text{ kg/m}^3 \times (0.0125) = 10.06 \text{ kg/m}^3$

- Agregado grueso =  $953 \text{ kg/m}^3 \times (-0.0015) = -1.43 \text{ kg/m}^3$

Aporte de humedad de los agregados 8.63 kg/m<sup>3</sup>

= 193

- Agua afectiva =  $202 \text{ kg/m}^3 - 8.63 \text{ kg/m}^3$  kg/m<sup>3</sup>

Y los pesos de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, ya corregidos por humedad del agregado, a ser empleados en la mezcla de prueba será:

- Cemento =  $367.27 \text{ kg/m}^3$

- Agua Efectiva =  $193 \text{ kg/m}^3$

- Agregado fino húmedo =  $833 \text{ kg/m}^3$

- Agregado grueso húmedo =  $958 \text{ kg/m}^3$

**16.- Proporción en peso**

La proporción en peso de los materiales sin corregir y ya corregidos por humedad del agregado serán:

### Proporciones de diseño

- Cemento	= 367 kg/m <sup>3</sup>	/ 367 kg/m <sup>3</sup>	= 1
- Agua diseño	= 202 kg/m <sup>3</sup>	/ 367 kg/m <sup>3</sup>	= 0.55
- Agregado fino seco	= 805 kg/m <sup>3</sup>	/ 367 kg/m <sup>3</sup>	= 2.19
- Agregado grueso seco	= 953 kg/m <sup>3</sup>	/ 367 kg/m <sup>3</sup>	= 2.59

### Proporciones de obra

- Cemento	= 367 kg/m <sup>3</sup>	/ 367 kg/m <sup>3</sup>	= 1
- Agua efectiva	= 193 kg/m <sup>3</sup>	/ 367 kg/m <sup>3</sup>	= 0.53
- Agregado fino húmedo	= 833 kg/m <sup>3</sup>	/ 367 kg/m <sup>3</sup>	= 2.27
- Agregado grueso húmedo	= 958 kg/m <sup>3</sup>	/ 367 kg/m <sup>3</sup>	= 2.61

1 : 2.27 : 2.61 / 22.50 lt/saco

## DISEÑO DE MEZCLAS CON ADITIVO

### ESPECIFICACIONES

Se desea calcular las proporciones de los materiales integrantes de una mezcla de concreto.

a) La resistencia a compresión de diseño especificada es de 250 kg/cm<sup>2</sup>, este es a los 28 días.

$$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$$

b) Se requiere que la mezcla tenga una consistencia fluida (6"-7").

c) Tamaño Máximo nominal del agregado grueso es de TMN=1"

### MATERIALES

#### 1.- CEMENTO

PORTLAN ASTM TIPO I " PACASMAYO"

PESO ESPECIFICO 3.15 gr/cm<sup>3</sup>

PESO en kg/bol 42.50 kg

#### 2.- AGUA

AGUA POTABLE DE LA RED PUBLICA

PESO ESPECIFICO 1000 kg/m<sup>3</sup>

#### 3.- AGREGADO GRUESO

TAMAÑO MAXIO NOMINAL 1"

PESO UNITARIO SUELTO 1405 kg/m<sup>3</sup>

PESO SECO COMPACTADO 1559 kg/m<sup>3</sup>

PESO ESPECIFICO DE MASA 2.71 gr/cm<sup>3</sup>

ABSORCION 0.67 %

CONTENIDO DE HUMEDAD	0.52 %
MODULO DE FINEZA	7.77

**4.- AGREGADO FINO**

PESO ESPECIFICO DE MASA	2.56 gr/cm <sup>3</sup>
PESO UNITARIO SUELTO	1550 kg/m <sup>3</sup>
ABSORCION	2.25 %
CONTENIDO DE HUMEDAD	4 %
MODULO DE FINEZA	2.94

**5.- ADITIVO**

SIKAMENT-290N	0.7% - 1.4%	Peso del cemento (Hoja Técnica)
uso de 0.7 % - 1.4%	1.05 %	Peso Cemento
Densidad	1.20 kg/L =	1200.00 kg/m <sup>3</sup>

**SECUENCIA DE DISEÑO**

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

$f'c$	$f'cr$
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 85$
sobre 350	$f'c + 98$

**Se elegirá el valor:**

Teniendo en cuenta el grado de control de calidad en la obra.

Nivel de Control	$f'cr$
Regular o Malo	1.3 a 1.5 $f'c$
Bueno	1.2 $f'c$
Excelente	1.1 $f'c$

$$f'cr = 300 \text{ kg/cm}^3$$

**2.- SELECCIÓN DEL TAMAÑO MAXIMO NOMINAL**

$$TM = 1''$$

**3.- SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO**

PLASTICA  
:  $\geq 5''$

**4.- VOLUMEN UNITARIO DE AGUA (TABLA 10.2.1)**

	202 lt/m <sup>3</sup>	
4.1 Agua de diseño reducida por aditivo		25% del agua de diseño
	152 lt/m <sup>3</sup>	

**5.- CONTENIDO DE AIRE TOTAL (TABLA 11.2.1)**

1.50%

**6.- RELACION AGUA/CEMENTO**

relación agua/cemento por resistencia tabla 12.2.2

{	{	<b>f'cr</b>	<b>a/c</b>	}
		300	0.55	
		300 kg/m <sup>3</sup>	x	
		350	0.48	

$$x = 0.55$$

Relación agua/ cemento = 0.55

**7.- FACTOR CEMENTO**

factor cemento = 275.45 kg/m<sup>3</sup>           **6.00 bol/m<sup>3</sup>**

**CALCULO DEL VOLUMEN**

**8.- ABSOLUTOS**

Conocidos los pesos del cemento y agua , así como el volumen del aire, se procede a calcular la suma de los volúmenes absolutos de estos ingredientes:

-	Cemento	275.45 kg/m <sup>3</sup> / 3.15 gr/cm <sup>3</sup>	=	0.087 m <sup>3</sup>
-	Agua	202 lt/m <sup>3</sup> / 1000 kg/m <sup>3</sup>	=	0.202 m <sup>3</sup>
-	Aire	1.50% x 1m <sup>3</sup>	=	0.015 m <sup>3</sup>
-	Aditivo	1.05% x 275.45 kg/1200kg/m <sup>3</sup>	=	0.002 m <sup>3</sup>

SUMA DE VOLUMENES CONOCIDOS           **0.306 m<sup>3</sup>**

**9.- VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO**

El volumen absoluto del agregado es igual a la unidad menos el volumen absoluto de la pasta:

- Volumen absoluto del agregado = 1 m<sup>3</sup> - 0.306 m<sup>3</sup> = 0.694 m<sup>3</sup>

**CALCULO DEL MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACION DE**

**10.- AGREGADOS (Tabla 16.3.10)**

$$m = 5.49$$

**11.- CALCULO DEL VALOR DE**

$$r_r = \frac{m_g - m}{m_g - m_r} \times 100$$

$$r_r = \frac{7.77 - 5.49}{7.77 - 2.94}$$

$$r_r = 47.20\%$$

## CALCULO DE LOS VOLUMENES ABSOLUTOS DEL

### 12.- AGREGADO

- Volumen absoluto de agregado fino =  $0.694 \text{ m}^3 \times 0.472 = 0.328 \text{ m}^3$
- Volumen absoluto de agregado grueso =  $0.694 \text{ m}^3 \times 0.528 = 0.366 \text{ m}^3$

### 13.- PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS

- Agregado fino  $0.328 \text{ m}^3 \times 2.56 \text{ gr/cm}^3 = 841 \text{ kg/m}^3$
- Agregado grueso  $0.366 \text{ m}^3 \times 2.71 \text{ gr/cm}^3 = 991 \text{ kg/m}^3$

### 14.- VALORES DE DISEÑO

Las cantidades de materiales, calculadas por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados, a ser empleadas como valores de diseño serán:

- Cemento =  $275.45 \text{ kg/m}^3$
- Agua de diseño =  $202 \text{ kg/m}^3$
- Aditivo =  $1.05 \%$  Peso Cemento
- Agregado fino seco =  $841 \text{ kg/m}^3$
- Agregado grueso seco =  $991 \text{ kg/m}^3$

### 15.- CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cúbica de concreto deben ser corregidas en función de condiciones de humedad de los agregados fino y grueso, a fin de obtener los valores a ser utilizados en obra.

#### Peso húmedo del:

- Agregado fino =  $841 \text{ kg/m}^3 \times 1.035 = 870 \text{ kg/m}^3$
- Agregado grueso =  $991 \text{ kg/m}^3 \times 1.005 = 996 \text{ kg/m}^3$

#### A continuación determinaremos la humedad superficial del agregado:

Humedad superficial

- Agregado fino =  $3.50\% - 2.25\% = 1.25\%$
- Agregado grueso =  $0.52\% - 0.67\% = -0.15\%$

Y los aportes de humedad de los agregados serán:

Aporte de humedad

- Agregado fino =  $841 \text{ kg/m}^3 \times (0.0125) = 10.51 \text{ kg/m}^3$
- Agregado grueso =  $991 \text{ kg/m}^3 \times -(0.0015) = -1.5 \text{ kg/m}^3$

Aporte de humedad de los agregados  $9.03 \text{ kg/m}^3$

- Agua afectiva =  $202 \text{ kg/m}^3 - 9.03 \text{ kg/m}^3 = 192.97 \text{ kg/m}^3$

Y los pesos de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, ya corregidos por humedad del agregado, a ser empleados en la mezcla de prueba será:

- Cemento =  $275.45 \text{ kg/m}^3$
- Agua Efectiva =  $193 \text{ kg/m}^3$
- Aditivo =  $1.05 \%$  Peso Cemento
- Agregado fino húmedo =  $870 \text{ kg/m}^3$

- Agregado grueso húmedo = 996 kg/m<sup>3</sup>

### 16.- PROPORCION EN PESO

La proporción en peso de los materiales sin corregir y ya corregidos por humedad del agregado serán:

#### PROPORCIONES DE DISEÑO

- Cemento = 275 kg/m<sup>3</sup> / 275 kg/m<sup>3</sup> = 1
- Agua diseño = 202 kg/m<sup>3</sup> / 275 kg/m<sup>3</sup> = 0.73
- Agregado fino seco = 841 kg/m<sup>3</sup> / 275 kg/m<sup>3</sup> = 3.05
- Agregado grueso seco = 991 kg/m<sup>3</sup> / 275 kg/m<sup>3</sup> = 3.60
- Aditivo = 1.05 % Peso Cemento

#### PROPORCIONES DE OBRA

- Cemento = 275 kg/m<sup>3</sup> / 275 kg/m<sup>3</sup> = 1
- Agua efectiva = 193 kg/m<sup>3</sup> / 275 kg/m<sup>3</sup> = 0.70
- Agregado fino húmedo = 870 kg/m<sup>3</sup> / 275 kg/m<sup>3</sup> = 3.16
- Agregado grueso húmedo = 996 kg/m<sup>3</sup> / 275 kg/m<sup>3</sup> = 3.62
- Aditivo = 1.05 % Peso Cemento

$$1 : 3.16 : 3.62 \quad / \quad 29.80 \text{ lt/saco} \quad / \quad 1.05 \% \text{ Peso Cemento}$$

### 17.- PROPORCION EN VOLUMEN

Para hallar las proporciones en volumen de la mezcla en obra haremos:

- Volumen aparente de los materiales (en pie<sup>3</sup>)

- Cemento =  $\frac{275.45 \text{ kg/m}^3}{42.50 \text{ kg/pie}^3} = 6.50 \text{ pie}^3/\text{m}^3$

- A. Fino =  $\frac{870 \text{ kg/m}^3 \times 35.31 \text{ pie}^3/\text{m}^3}{1550.25 \text{ kg/pie}^3 \times 4.500} = 4.40 \text{ pie}^3/\text{m}^3$

- A. Grueso =  $\frac{996 \text{ kg/m}^3 \times 35.31 \text{ pie}^3/\text{m}^3}{1405.28 \text{ kg/pie}^3 \times 1.520} = 16.46 \text{ pie}^3/\text{m}^3$

- Agua Efectiva = 193 kg/m<sup>3</sup>

- Aditivo = 1.05% X (42.50kg/pie<sup>3</sup>)/(1.2Kg/L) = 0.4 L/pie<sup>3</sup>

#### LAS PROPORCIONES EN VOLUMEN DE OBRA SERAN:

- Cemento = 6.50 pie<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> / 6.50 pie<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> = 1
- Agua efectiva = 193 kg/m<sup>3</sup> / 6.50 pie<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> = 29.69
- Agregado fino húmedo = 4.40 pie<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> / 6.50 pie<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> = 0.68
- Agregado grueso húmedo = 16.46 pie<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> / 6.50 pie<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> = 2.53
- Aditivo = 0.4 L/pie<sup>3</sup> = 0.4

$$1 : 0.68 : 2.53 \quad / \quad 29.70 \text{ lt/saco} \quad 0.4 \text{ L/Pie}^3$$

## RENDIMIENTOS EN PESO CON ADITIVO

Especificaciones:

El peso unitario del concreto es de : 2400 kg/m<sup>3</sup>

En esta mezcla se desea  
conocer:

- ¿Cuál es el rendimiento de una mezcla preparada en base a un saco de cemento?
- ¿Cuál es el factor cemento de la unidad cúbica de concreto, expresados en sacos por metro cúbico?
- ¿Cuáles son los pesos de los materiales necesarios para preparar una tanda de un metro cúbico de concreto?

Especificaciones:

Tamaño Máximo  
Nominal 1"

Se tiene una mezcla de concreto cuya dosificación en valores de obra, ya corregidos por humedad del agregado, es igual a:

$$1 : 3.16 : 3.62 : 29.80 : 1.05$$

Rendimiento de una tanda de un saco

Peso del:

- Cemento	1	x 42.50 kg/saco	= 42.50 kg/saco
- Agua efectiva			= 29.80 lt/saco
- Agregado fino	3.16	x 42.50 kg/saco	= 134.30 kg/saco
- Agregado grueso	3.62	x 42.50 kg/saco	= 153.85 kg/saco
Aditivo	1.05%	x 43.50 kg/saco	= <u>0.46 kg/saco</u>

Peso total de la tanda de un saco = 360.91 kg/saco

$$\text{Rendimiento de una tanda} = \frac{360.91 \text{ kg/saco}}{2400 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Rendimiento de una tanda} = \frac{0.150}{\text{m}^3/\text{saco}}$$

$$\text{Factor cemento de la unidad cúbica} = \frac{1.00 \text{ m}^3}{0.15 \text{ m}^3/\text{saco}} = 6.65 \text{ tandas o sacos}$$

Peso de los materiales por metro cúbico

- Cemento	6.65	x	42.50	= 283 kg/m <sup>3</sup>
- Agua efectiva	6.65	x	29.80	= 198 kg/m <sup>3</sup>
- Agregado fino	6.65	x	134.30	= 893 kg/m <sup>3</sup>

- Agregado grueso	6.65	x	153.85	=	1023 kg/m <sup>3</sup>
Aditivo	6.65	x	0.46	=	3 kg/m <sup>3</sup>

#### PESO DE MATERIALES POR TANDA CON ADITIVO

Una Tanda= 7 especímenes

Cantidad de testigos por tanda	A	=	7	und
N° Pruebas Slump por tanda	B	=	1	und
Volumen de concreto por testigo	C	=	0.005	m <sup>3</sup>
Volumen del cono de Abrams	D	=	0.005	m <sup>3</sup>
Volumen de concreto para testigos	E=A*C	=	0.037	m <sup>3</sup>
Volumen de concreto para slump	F=B*D	=	0.005	m <sup>3</sup>
<b>VOLUMEN TOTAL DE C° POR TANDA</b>	<b>G=E+F</b>	<b>=</b>	<b>0.042</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

Proporcionamiento por tanda, tamaño máximo nominal 1":

1 : 3.16 : 3.62 / 29.80 lt/saco 1.05

Cemento	=	283 kg/m <sup>3</sup>	x 0.04 m <sup>3</sup>	=	12 kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva	=	198 kg/m <sup>3</sup>	x 0.04 m <sup>3</sup>	=	8 kg/m <sup>3</sup>
Agregado fino	=	893 kg/m <sup>3</sup>	x 0.04 m <sup>3</sup>	=	38 kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	=	1023 kg/m <sup>3</sup>	x 0.04 m <sup>3</sup>	=	43 kg/m <sup>3</sup>
Aditivo	=	3 kg/m <sup>3</sup>	x 0.04 m <sup>3</sup>	=	<u>0.13 kg/m<sup>3</sup></u>
Sub total					101.06
Desperdicios (9.63%)					<u>9.73</u>
<b>TOTAL</b>					<b>110.80</b>

Cada tanda se hizo de 55kg. A continuación se presenta la corrección del peso de los materiales utilizados en una tanda:

Cemento	13.05
Agua efectiva	9.15
Agregado fino	41.23
Agregado grueso	47.23
Aditivo	<u>0.14</u>
	110.80

## B. RESULTADOS DE LOS ESPECÍMENES

**Cantera arenera Jaén:** Resistencia a la compresión a las edades de: 7,14 y 28 días para concreto  $f'c=250\text{kg/cm}^2$  con aditivo.

Tabla 21 Cantera arenera Jaén: Resistencia a la compresión a las edades de: 7,14 y 28 días para concreto  $f'c=250\text{kg/cm}^2$  con aditivo.

RESISTENCIA A LA COMPRESION CON ADITIVO CANTERAR "ARENERA JAEN"								
Ensayo N°	Edad en días	Código de especímenes	Diámetro (cm)	Area en (cm <sup>2</sup> )	Carga de ruptura (KN)	Carga de ruptura (Kg)	f'c real (Kg/cm <sup>2</sup> )	% de resistencia Real
1	7	M1-J	15.20	181.46	385	39259.22	216.35	87
2	7	M2-J	15.15	180.27	384	39177.64	217.33	87
3	7	M3-J	15.10	179.08	389	39656.91	221.45	89
4	7	M4-J	15.21	181.70	395	40309.53	221.85	89
5	7	M5-J	15.12	179.55	395	40258.55	224.21	90
6	7	M6-J	15.18	180.98	392	40013.81	221.09	88
7	7	M7-J	15.10	179.08	391	39881.25	222.70	89
11	14	M8-J	15.16	180.50	470	47926.84	265.52	106
12	14	M9-J	15.17	180.74	475	48467.29	268.16	107
13	14	M10-J	15.14	180.03	474	48314.33	268.37	107
14	14	M11-J	15.20	181.46	472	48130.78	265.24	106
15	14	M12-J	15.20	181.46	471	48008.42	264.57	106
16	14	M13-J	15.20	181.46	476	48569.26	267.66	107
17	14	M14-J	15.20	181.46	520	53025.44	292.22	117
22	28	M15-J	15.10	179.08	521	53127.41	296.67	119
23	28	M16-J	15.20	181.46	524	53433.33	294.47	118
24	28	M17-J	15.14	180.03	525	53504.71	297.20	119
25	28	M18-J	15.20	181.46	528	53810.62	296.55	119
26	28	M19-J	15.10	179.08	527	53780.03	300.32	120
27	28	M20-J	15.13	179.79	529	53943.19	300.03	120
28	28	M21-J	15.20	181.46	528	53871.81	296.88	119

### Análisis Estadístico para especímenes con aditivo.

EDAD: 7 DIAS

Prom.= 220.71

s= 2.85

cv= 1.29

EDAD:14 DIAS

Prom.= 266.59

s= 1.66

cv= 0.62

EDAD:28 DIAS

Prom.= 296.79

s= 2.66

cv= 0.90

Tabla 22 Cantera arenera Jaén: Resistencia a la compresión a las edades de: 7,14 y 28 días para concreto  $f'c=250\text{kg/cm}^2$  sin aditivo.

RESISTENCIA ALA COMPRESION SIN ADITIVO CANTERAR "ARENERA JAEN"								
Ensayo N°	Edad en días	Código de especímenes	Diámetro (cm)	Area en (cm <sup>2</sup> )	Carga de ruptura (KN)	Carga de ruptura (Kg)	f'c real (Kg/cm <sup>2</sup> )	% de resistencia Real
1	7	M1-O	15.20	181.46	313	31869.31	175.63	70
2	7	M2-O	15.15	180.27	318	32395.48	179.71	72
3	7	M3-O	15.10	179.08	315	32143.61	179.49	72
4	7	M4-O	15.21	181.70	313	31950.89	175.85	70
5	7	M5-O	15.12	179.55	316	32205.82	179.37	72
6	7	M6-O	15.18	180.98	318	32415.88	179.11	72
7	7	M7-O	15.10	179.08	319	32579.03	181.93	73
11	14	M8-O	15.16	180.50	400	40737.81	225.69	90
12	14	M9-O	15.17	180.74	402	40977.45	226.72	91
13	14	M10-O	15.14	180.03	400	40756.17	226.39	91
14	14	M11-O	15.20	181.46	398	40559.36	223.52	89
15	14	M12-O	15.20	181.46	400	40810.21	224.90	90
16	14	M13-O	15.20	181.46	401	40924.42	225.53	90
17	14	M14-O	15.13	179.79	402	40992.74	228.00	91
21	28	M15-O	15.20	181.46	462	47098.83	259.56	104
22	28	M16-O	15.20	181.46	461	46972.38	258.86	104
23	28	M17-O	15.14	180.03	464	47351.72	263.02	105
24	28	M18-O	15.20	181.46	458	46718.47	257.46	103
25	28	M19-O	15.10	179.08	455	46444.17	259.35	104
26	28	M20-O	15.13	179.79	459	46788.83	260.24	104
27	28	M21-O	15.20	181.46	457	46627.72	256.96	103

**Análisis Estadístico** para especímenes sin aditivo.

EDAD: 7 DIAS

Prom.= 178.73

s= 2.24

cv= 1.26

EDAD:14 DIAS

Prom.= 225.82

s= 1.42

cv= 0.63

EDAD:28 DIAS

Prom.= 259.35

s= 1.99

cv= 0.77

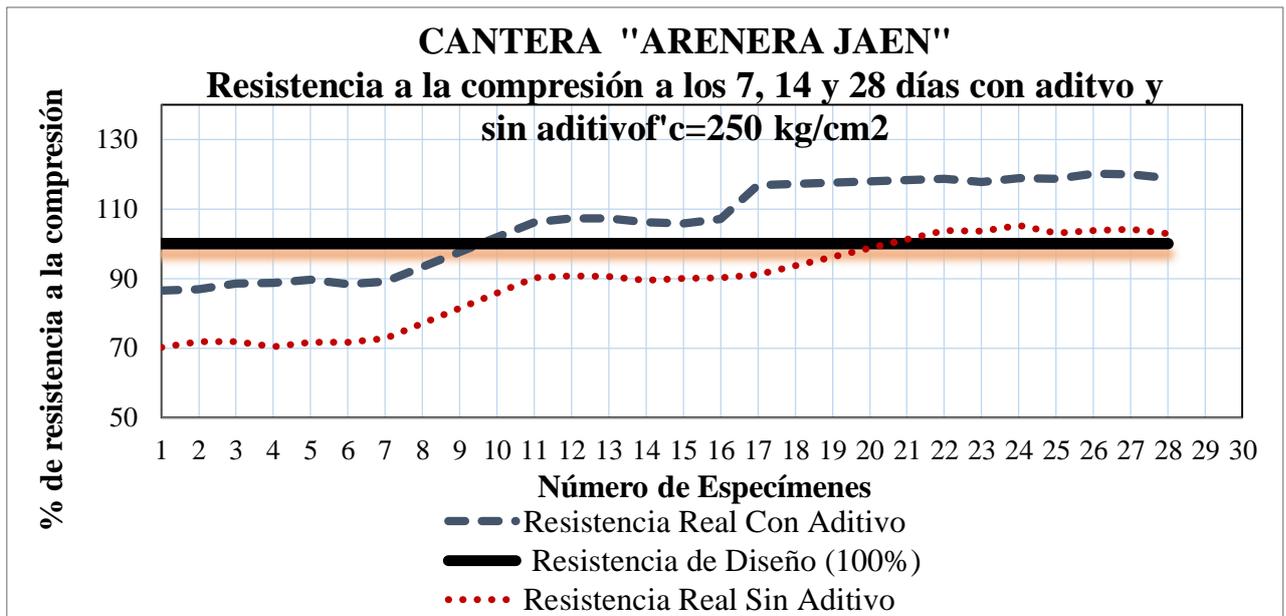


Grafico 6 Resistencia a la compresión a los 7,14 y 28 días de los especímenes con aditivo y sin aditivo.

**Tabla 23** Prueba de Slump a los 7,14 y 28 días con aditivo.

Nº de Mezcla	Edad a romper en días	código de testigo	Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Hora de elaboración	Asentamiento (pug.)	Asentamiento (cm)
1	7	M1-J	03/11/2016	10/11/2016	8.30am	7	17.78
	7	M2-J				6	15.24
	7	M3-J				6.5	16.51
	7	M4-J				7	17.78
	7	M5-J				6	15.24
	7	M6-J				6	15.24
	7	M7-J				6.5	16.51
2	14	M8-J	08/11/2016	22/11/2016	8.00am	7	17.78
	14	M9-J				6	15.24
	14	M10-J				7	17.78
	14	M11-J				7	17.78
	14	M12-J				6	15.24
	14	M13-J				6.5	16.51
	14	M14-J				6	15.24
3	28	M15-J	25/11/2016	23/12/2016	8.00am	7	17.78
	28	M16-J				7	17.78
	28	M17-J				7	17.78
	28	M18-J				7	17.78
	28	M19-J				7	17.78
	28	M20-J				7	17.78

**Tabla 24** Prueba de Slump a los 7,14 y 28 días sin aditivo.

SLUMP SIN ADITIVO :CANTERA " ARENERA JAEN "							
Nº de Mezcla	Edad a romper en días	código de testigo	Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Hora de elaboración	Asentamiento (pug.)	Asentamiento (cm)
1	7	M1-O	03/11/2016	10/11/2016	10.00am	4	10.16
	7	M2-O				3	7.62
	7	M3-O				4	10.16
	7	M5-O	03/11/2016	10/11/2016	11.0am	3.5	8.89
	7	M6-O				3	7.62
	7	M8-O				4	10.16
7	M9-O				3	7.62	
2	14	M11-O	08/11/2016	22/11/2016	10.00am	3.5	8.89
	14	M12-O				3	7.62
	14	M13-O				4	10.16
	14	M14-O	08/11/2016	22/11/2016	11.0am	3	7.62
	14	M15-O				3.5	8.89
	14	M16-O				3	7.62
	14	M17-O				4	10.16
3	28	M18-O	25/11/2016	23/12/2016	10.00am	4	10.16
	28	M19-O				3	7.62
	28	M20-O				4	10.16
	28	M21-O	28/11/2016	26/12/2016	11.0am	3	7.62
	28	M22-O				3.5	8.89
	28	M23-O				4	10.16
	28	M24-O				3	7.62

**Tabla 25** Peso unitario del concreto fresco con aditivo

PESO UNITARIO DEL CONCRETO CON ADITIVO CANTERA "ARENERA JAEN"									
Ensayo Nº	Edad en días	Código de especímenes	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Area en (cm <sup>2</sup> )	Peso del °c fresco+peso del molde (Kg)	peso del molde (Kg)	Peso del °c fresco (Kg)	Peso Unitario del °c fresco (Kg/m3)
1	7	M1-J	30.2	15.20	181.46	20.40	7.76	12.65	2307.463
2	7	M2-J	30.2	15.15	180.27	20.50	7.78	12.72	2336.496
3	7	M3-J	30.1	15.10	179.08	20.64	7.75	12.89	2391.347
4	7	M4-J	30.1	15.21	181.70	20.78	7.76	13.03	2381.568
5	7	M5-J	30.1	15.12	179.55	20.60	7.76	12.85	2376.699
6	7	M6-J	30.1	15.18	180.98	20.40	7.76	12.65	2321.234
7	7	M7-J	29.9	15.10	179.08	20.56	7.75	12.81	2392.402
11	14	M8-J	29.9	15.16	180.50	20.50	7.76	12.75	2361.459
12	14	M9-J	29.9	15.17	180.74	20.64	7.76	12.89	2384.252
13	14	M10-J	30.1	15.14	180.03	20.78	7.76	13.03	2403.641
14	14	M11-J	30.1	15.20	181.46	20.60	7.75	12.85	2352.662
15	14	M12-J	30.1	15.20	181.46	20.40	7.76	12.65	2315.129
16	14	M13-J	30.2	15.20	181.46	20.50	7.78	12.72	2321.149
21	28	M14-J	30.2	15.20	181.46	20.64	7.75	12.89	2352.171
22	28	M14-J	30.1	15.10	179.08	20.64	7.75	12.89	2391.347
23	28	M15-J	29.9	15.20	181.46	20.78	7.76	13.03	2400.654
24	28	M16-J	29.9	15.14	180.03	20.50	7.76	12.75	2367.702
25	28	M17-J	29.9	15.20	181.46	20.64	7.78	12.86	2370.242
26	28	M18-J	29.8	15.10	179.08	20.78	7.75	13.03	2441.655
27	28	M19-J	29.8	15.13	179.79	20.60	7.76	12.85	2397.453
28	28	M20-J	29.8	15.20	181.46	20.40	7.76	12.65	2338.436

**Tabla 26 peso unitario del concreto fresco sin aditivo**

<b>PESO UNITARIO DEL CONCRETO SIN ADITIVO CANTERAR "ARENERA JAEN"</b>									
Ensayo N°	Edad en días	Código de especímenes	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Area en (cm <sup>2</sup> )	Peso del °c fresco+peso del molde (Kg)	peso del molde (Kg)	Peso del °c fresco (Kg)	Peso Unitario del °c fresco (Kg/m <sup>3</sup> )
1	7	M1-O	29.8	15.20	181.46	20.40	7.76	12.65	2338.436
2	7	M2-O	30.1	15.15	180.27	20.50	7.78	12.72	2344.258
3	7	M3-O	30.1	15.10	179.08	20.64	7.75	12.89	2391.347
4	7	M4-O	30.1	15.21	181.70	20.78	7.76	13.03	2381.568
5	7	M5-O	30.1	15.12	179.55	20.45	7.76	12.70	2348.944
6	7	M6-O	29.9	15.18	180.98	20.40	7.76	12.65	2336.761
7	7	M7-O	30.1	15.10	179.08	20.56	7.75	12.81	2376.506
11	14	M8-O	29.8	15.16	180.50	20.50	7.76	12.75	2369.383
12	14	M9-O	30.1	15.17	180.74	20.64	7.76	12.89	2368.410
13	14	M10-O	29.8	15.14	180.03	20.80	7.76	13.05	2431.567
14	14	M11-O	29.8	15.20	181.46	20.60	7.75	12.85	2376.347
15	14	M12-O	29.8	15.20	181.46	20.40	7.76	12.65	2338.436
16	14	M13-O	29.8	15.20	181.46	20.56	7.78	12.78	2363.402
17	14	M14-O	29.9	15.13	179.79	20.50	7.75	12.75	2371.763
21	28	M15-O	30.1	15.20	181.46	21.10	7.76	13.35	2443.290
22	28	M16-O	30.1	15.20	181.46	20.78	7.76	13.03	2384.702
23	28	M17-O	30.1	15.14	180.03	20.60	7.78	12.82	2365.810
24	28	M18-O	29.8	15.20	181.46	20.40	7.75	12.65	2339.361
25	28	M19-O	30.2	15.10	179.08	20.56	7.76	12.81	2367.712
26	28	M20-O	30.2	15.13	179.79	21.12	7.78	13.34	2456.864
27	28	M21-O	30.2	15.20	181.46	20.20	7.75	12.45	2271.880

**Tabla 27 Peso unitario del concreto endurecido con aditivo**

<b>PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO CON ADITIVO CANTERA "ARENERA JAEN"</b>							
Ensayo N°	Edad en días	Código de especímenes	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Area en (cm <sup>2</sup> )	Peso del °c end. (Kg)	Peso Unitario del °c end. (Kg/m <sup>3</sup> )
1	7	M1-J	30.2	15.20	181.46	12.14	2215.311
2	7	M2-J	30.2	15.15	180.27	12.80	2351.191
3	7	M3-J	30.1	15.10	179.08	12.75	2365.375
4	7	M4-J	30.1	15.21	181.70	12.45	2276.431
5	7	M5-J	30.1	15.12	179.55	12.60	2331.367
6	7	M6-J	30.1	15.18	180.98	12.45	2285.438
7	7	M7-J	29.9	15.10	179.08	12.55	2343.844
11	14	M8-J	29.9	15.16	180.50	12.35	2288.271
12	14	M9-J	29.9	15.17	180.74	12.45	2303.759
13	14	M10-J	30.1	15.14	180.03	12.70	2343.665
14	14	M11-J	30.1	15.20	181.46	12.85	2352.662
15	14	M12-J	30.1	15.20	181.46	12.65	2316.045
16	14	M13-J	30.2	15.20	181.46	12.35	2253.632
21	28	M14-J	30.2	15.20	181.46	12.25	2235.384
22	28	M14-J	30.1	15.10	179.08	12.25	2272.615
23	28	M15-J	29.9	15.20	181.46	12.20	2248.597
24	28	M16-J	29.9	15.14	180.03	12.35	2294.321
25	28	M17-J	29.9	15.20	181.46	12.45	2294.675
26	28	M18-J	29.8	15.10	179.08	12.65	2370.448
27	28	M19-J	29.8	15.13	179.79	12.45	2323.728
28	28	M20-J	29.8	15.20	181.46	12.14	2245.047

**Tabla 28 peso unitario del concreto endurecido sin aditivo**

<b>PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO CON ADITIVO CANTERA "ARENERA JAEN"</b>							
Ensayo N°	Edad en días	Código de especímenes	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Area en (cm <sup>2</sup> )	Peso del °c end. (Kg)	Peso Unitario del °c end. (Kg/m3)
1	7	M1-O	29.8	15.20	181.46	12.14	2245.047
2	7	M2-O	30.1	15.15	180.27	12.90	2377.432
3	7	M3-O	30.1	15.10	179.08	12.25	2272.615
4	7	M4-O	30.1	15.21	181.70	12.30	2249.004
5	7	M5-O	30.1	15.12	179.55	12.50	2312.864
6	7	M6-O	29.9	15.18	180.98	12.15	2245.286
7	7	M7-O	30.1	15.10	179.08	12.14	2252.208
11	14	M8-O	29.8	15.16	180.50	12.60	2342.427
12	14	M9-O	30.1	15.17	180.74	12.70	2334.405
13	14	M10-O	29.8	15.14	180.03	12.60	2348.619
14	14	M11-O	29.8	15.20	181.46	12.50	2311.621
15	14	M12-O	29.8	15.20	181.46	12.35	2283.882
16	14	M13-O	29.8	15.20	181.46	12.25	2265.389
17	14	M14-O	29.9	15.13	179.79	12.45	2315.957
21	28	M15-O	30.1	15.20	181.46	12.65	2316.045
22	28	M16-O	30.1	15.20	181.46	12.25	2242.810
23	28	M17-O	30.1	15.14	180.03	12.55	2315.984
24	28	M18-O	29.8	15.20	181.46	12.35	2283.882
25	28	M19-O	30.2	15.10	179.08	12.25	2265.090
26	28	M20-O	30.2	15.13	179.79	12.45	2292.950
27	28	M21-O	30.2	15.20	181.46	13.25	2417.864

## ANEXO B

### TABLAS

**Tabla 29 Tipos de cemento Portland**

Tipos	Características
Tipos I	Portland normal
Tipos II	Portland moderada resistencia a los sulfatos
Tipos III	Portland fraguado rápido, alta resistencia inicial.
Tipos IV	Portland bajo calor de hidratación
Tipos V	Portland alta resistencia a los sulfatos

Fuente: Norma ASTM C 150, citado por Alvarado 2010

**Tabla 30 Clasificación de agregados según el tamaño**

Tamaño de las partículas (mm)	Denominación corriente	Clasificación como agregado para concreto
< 0,002	Arcilla	Fracción muy fina
0,002 – 0,074 (No. 200)	Limo	
0,074 (No.200) – 4,76 (No.4)	Arena	Agregado fino
4,76 (No.4) – 19,1 (3/4")	Gravilla	Agregado grueso
19,1 (3/4") – 50,8 (2")	Grava	
50,8 (2") – 152,4 (6")	Piedra	
> 152,4 (6")	Rajón, Piedra bola	

Fuente: Instituto del concreto de 1997

**Tabla 31 Clasificación de los agregados según su densidad**

Clasificación del agregado	Masa unitaria aproximada (Kg/m <sup>3</sup> )		Variedades más comunes de agregados	Ejemplo de uso
	Del agregado	Del Concreto		
Liviano	480 – 1 300	500 – 2 000	Pizarras expandidas, esquistos, escoria, arcilla	Concretos livianos estructurales
Normal	1 300 – 2 000	2 000 – 2 500	Arena, grava, piedra triturada, clínker, escoria de fundición	Obras en concreto en general arena, grava, piedra
pesado	2 000 – 5 600	> 2 500	Barrita, limonita, magnetita, limadura de acero, hematita	Concreto para macizos de anclaje, para protección contra radiaciones, etc.

Fuente: Instituto del concreto 1997

**Tabla 32 Requisitos granulométricos de la ASTM C 33 para agregado fino**

Tamiz	% que pasa
3/8"	100
N°4	95 a 100
N°8	80 a 100
N°16	50 a 85
N°30	25 a 60
N°50	10 a 30
N°100	2 a 10

Fuente: ASTM C 33, citado por Rivva et al. 1998

**Tabla 33 Requisitos granulométricos de la ASTM C 33 para agregado grueso**

N° ASTM (HUSO)	Tamaños nominales en pulgadas (Abertura Cuadrada)			Porcentajes pasantes en peso para cada tamiz standard												
				4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16
1	3 1/2"	a	1 1/2"	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	2 1/2"	a	1 1/2"	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 15	...	...	...	...	...
3	2"	a	1"	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	2"	a	N°4	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	1 1/2"	a	3/4"	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...
467	1 1/2"	a	N°4	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	1"	a	1/2"	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	1"	a	3/8"	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	1"	a	N°4	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	3/4"	a	3/8"	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...
67	3/4"	a	N°4	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	1/2"	a	N°4	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	3/8"	a	N°8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	85 a 100	0 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: ASTM C 33, citado por Rivva et al. 1998

## ANEXO C

### FIGURAS E IMÁGENES



Figura 32 Extracción de muestras de arena



Figura 33 Extracción de muestras de Agregado grueso



Figura 34 Método del cuarteo para el análisis granulométrico.



Figura 35 Colocando 5000g de Agregado Grueso en la máquina de los Ángeles para el ensayo de Abrasión.



Figura 36 Pesado la muestra para el contenido de humedad.



Figura 37 Muestra saturada de agregado grueso



Figura 38 Peso unitario suelto del agregado grueso



Figura 39 Peso del agregado grueso para el tamizado



Figura 40 tamizado del agregado grueso.



Figura 41 Peso del agregado fino para el espécimen sin aditivo



Figura 42 Peso del cemento para el espécimen sin aditivo



Figura 43 Mezclado de los agregados y el cemento espécimen sin aditivo



Figura 44 Medición del agua



Figura 45 Mezcla de los agregados y el agua



Figura 46 Medición del aditivo



Figura 47 Slump del concreto con aditivo.



Figura 48 Chuseado del concreto con aditivo por cada capa.



Figura 49 Martillado del espécimen con aditivo por cada capa.



Figura 50 rasado del espécimen de concreto con aditivo



Figura 51 Peso del espécimen de concreto fresco con aditivo