

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA  
COMPRESIÓN EN RELACIÓN DE AGUA/CEMENTO EN LA  
CIUDAD DE CHAUPIMARCA - PASCO – 2018**

---

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. Alex Moisés VICUÑA ESTRELLA**

**PASCO – PERU**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA  
COMPRESIÓN EN RELACIÓN DE AGUA/CEMENTO EN LA CIUDAD DE  
CHAUPIMARCA - PASCO – 2018”**

**PRESENTADO POR:**

Bach. Alex Moisés VICUÑA ESTRELLA

**SUSTENTADO Y APROBADO ANTE LA COMISIÓN DE JURADOS**

---

Dr. Eduardo Jesús MAYORCA BALDOCEDA

PRESIDENTE

---

Ing. Pedro YARASCA CORDOVA

MIEMBRO

---

Mg. Cayo PALACIOS ESPIRITU

MIEMBRO

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis padres por el apoyo que siempre me brindan, a mi esposa e hijo por ser el motivo para seguir luchando día a día.

## **RESUMEN**

El siguiente trabajo busca aportar conocimientos sobre el análisis de la variación de la resistencia a la compresión en relación de agua/cemento en la ciudad de Chaupimarca – Pasco.

Hoy en día el concreto en general es el material más usado en el mundo y la ciudad de chaupimarca no es ajena a esa realidad, por todas partes de la ciudad se ven edificaciones donde el concreto es el material más utilizado en todo tipo de elementos. Pero, ¿se estará elaborando dicho concreto con los materiales adecuados y las cantidad correctas?, el presente estudio se enfocó principalmente en las cantidades, para ser exactos en la cantidad de agua con respecto al cemento y su relación con la resistencia a la compresión.

El siguiente estudio se realizó con referencia a Chaupimarca siendo aplicable a lugares que compartan el mismo tipo de clima y la altura con respecto al nivel del mar.

## **SUMMARY**

The following work seeks to provide knowledge on the analysis of the variation of compressive strength in water / cement ratio in the city of Chaupimarca - Pasco.

Nowadays concrete in general is the most used material in the world and the city of Chaupimarca is not alien to that reality, everywhere in the city you can see buildings where concrete is the most used material in all kinds of elements. But, is that concrete being made with the right materials and the right amount? The present study focused mainly on the amounts, to be exact in the amount of water with respect to cement and its relationship with the resistance to compression.

The following study was carried out with reference to Chaupimarca being applicable to places that share the same type of climate and height with respect to sea level.

# INDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>iv</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>v</b>
<b>INDICE GENERAL</b>	<b>vi</b>
<b>INDICE DE TABLA</b>	<b>ix</b>
<b>INDICE DE IMAGEN</b>	<b>x</b>
<b>INDICE DE GRAFICO</b>	<b>x</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>3</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>3</b>
1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.	5
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICOS.	5
1.3. OBJETIVOS	5
1.3.1. OBJETIVOS GENERAL	5
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	6
1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.5.1. IMPORTANCIA	6
1.5.2. ALCANCES	6
1.6. LIMITACIONES	7
1.6.1. LIMITACIONES GEOGRAFICAS	7
1.6.2. LIMITACIONES DE ESTUDIO	7
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>8</b>
<b>MARCO TEORICO</b>	<b>8</b>
2.1. ANTECEDENTES	8
2.2. BASES TEÓRICO – CIENTÍFICOS	12
2.2.1. CONCRETO.	12
2.2.1.1. DEFINICIÓN.	12
2.2.1.2. IMPORTANCIA.	13
2.2.1.3. CARACTERISTICAS DEL CONCRETO.	14
2.2.1.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO.	15
2.2.1.5. TIPOS DE CONCRETO.	20
2.2.1.6. MATERIALES PARA EL CONCRETO.	23

2.2.2.	DISEÑO DE MEZCLA.	49
2.2.2.1.	NORMAS APLICABLES.	50
2.2.2.2.	METODO ACI 211.1.	55
2.2.2.3.	ASENTAMIENTO.	56
2.2.2.4.	TAMAÑO NOMINAL (TMN).	56
2.2.2.5.	CONTENIDO DE AIRE.	57
2.2.2.6.	CANTIDAD DE AGUA.	57
2.2.2.7.	RELACION AGUA - CEMENTO (A/C).	59
2.2.2.8.	CONTENIDO DE CEMENTO.	61
2.2.2.9.	VEREFICACION GRANULOMETRICA.	61
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	62
2.4.	HIPÓTESIS	65
2.4.1.	HIPOTESIS GENERAL.	65
2.4.2.	HIPOTESIS ESPECÍFICA.	65
2.5.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	65
2.5.1.	VARIABLES INDEPENDIENTES.	65
2.5.2.	VARIABLES DEPENDIENTES.	65
<b>CAPÍTULO III</b>		<b>66</b>
<b>METODOLOGÍA</b>		<b>66</b>
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	66
3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	67
3.3.	POBLACIÓN MUESTRA	67
3.4.	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	68
3.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	68
3.5.1.	TECNICAS.	68
3.5.2.	INSTRUMENTOS.	68
3.6.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	69
3.6.1.	AGREGADO FINO.	69
3.6.1.1.	GRANULOMETRIA.	69
3.6.1.2.	TAMAÑO MAXIMO.	70
3.6.1.3.	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL.	70
3.6.1.4.	MÓDULO DE FINEZA.	70
3.6.1.5.	PESO UNITARIO.	71
3.6.1.6.	PESO ESPECÍFICO.	71
3.6.1.7.	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	72
3.6.1.8.	CONTENIDO DE HUMEDAD.	73
3.6.2.	AGREGADO GRUESO.	73
3.6.2.1.	GRANULOMETRIA.	73
3.6.2.2.	TAMAÑO MAXIMO.	74
3.6.2.3.	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL.	74
3.6.2.4.	MÓDULO DE FINEZA.	74
3.6.2.5.	PESO UNITARIO.	75
3.6.2.6.	PESO ESPECÍFICO.	75

3.6.2.7.	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	76
3.6.2.8.	CONTENIDO DE HUMEDAD.	76
3.6.3.	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.	77
3.6.3.1.	VOLÚMENES ABSOLUTOS.	77
3.6.3.2.	LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO.	77
3.6.3.3.	LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y EL TAMAÑO MÁXIMO.	77
3.6.3.4.	LA TRABAJABILIDAD Y SU TRASCENDENCIA.	78
3.6.3.5.	AJUSTES DE MEZCLAS DE PRUEBA.	78
3.6.4.	CONCRETO FRESCO.	79
3.6.4.1.	ASENTAMIENTO – NTP N° 339.045.	79
3.6.4.2.	PESO UNITARIO DEL CONCRETO – NTP N° 339.046	80
3.6.4.3.	CONTENIDO DE AIRE – NTP N° 339.083	80
3.6.5.	ENSAYO EN CONCRETO ENDURECIDO	81
3.6.5.1.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	81
3.6.5.2.	FRAGUADO DEL CONCRETO – NTP 339.082	82
3.7.	TRATAMIENTO ESTADISTICO DE DATOS	83
<b>CAPÍTULO IV</b>		<b>84</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		<b>84</b>
4.1.	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE CUADROS	84
4.1.1.	EXTRACCIÓN DE AGREGADO.	84
4.1.2.	PROPIEDADES DEL AGREGADO.	86
4.1.3.	DISEÑO DE MEZCLAS.	88
4.2.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	93
4.3.	PRUEBA DE HIPÓTESIS	96
4.3.1.	HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADO.	96
4.3.2.	PRUEBA DEL HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADO.	96
4.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	98
4.5.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS	99
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>100</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>		<b>102</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA</b>		<b>104</b>
<b>ANEXO</b>		<b>105</b>

## INDICE DE TABLA

<b>Tabla 2.</b> Compuesto Químico que Forman el Cemento .....	24
<b>Tabla 3.</b> Tipos de Cemento y Finura .....	25
<b>Tabla 4.</b> Límites de Partículas Perjudiciales .....	36
<b>Tabla 5.</b> Tamiz de Agregado Grueso.....	43
<b>Tabla 6.</b> Máximo % en Peso la Muestra Total .....	45
<b>Tabla 7.</b> Valores Máximo Admisibles en el Agua .....	45
<b>Tabla 8.</b> Valores de Asentamiento .....	56
<b>Tabla 9.</b> Valores Recomendados en TMN .....	57
<b>Tabla 10.</b> Valores para el Contenido de Aire .....	57
<b>Tabla 11.</b> Requerimientos Aproximados de agua de Mezclado .....	58
<b>Tabla 12.</b> Relación entre la resistencia a la compresión y algunos valores de la relación a/c .....	60
<b>Tabla 13.</b> Granulometría para Agregado grueso, según ASTM C33.....	61
<b>Tabla 14.</b> Granulometría para Agregado Fina, según ASTM C33 .....	62
<b>Tabla 15.</b> Cantidad de Probetas .....	67
<b>Tabla 16.</b> % Que Pasa Agregado Fino - Granulometría.....	69
<b>Tabla 17.</b> % Que Pasa Agregado Grueso - Granulometría .....	73
<b>Tabla 18.</b> Tolerancia Permisible en la Resistencia a la Compresión.....	82
<b>Tabla 19.</b> Ubicación UTM de Cantera - Vicco.....	85
<b>Tabla 20.</b> Contenido de Humedad de Agregado Fino.....	86
<b>Tabla 21.</b> Contenido de Humedad de Agregado Grueso.....	86
<b>Tabla 22.</b> Granulometría Agregado Fino.....	86
<b>Tabla 23.</b> Granulometría Agregado Grueso.....	87
<b>Tabla 24.</b> P.U.S – Agregado Grueso .....	87
<b>Tabla 25.</b> P.U.S – Agregado Fino. ....	87
<b>Tabla 26.</b> P.U.C. - Piedra Chancada .....	87
<b>Tabla 27.</b> P.U.S - Agregado .....	87
<b>Tabla 28.</b> P.E.N. - Piedra Chancada .....	87
<b>Tabla 29.</b> P.U.S - Agregado .....	88
<b>Tabla 30.</b> Absorción - Piedra Chancada .....	88
<b>Tabla 31.</b> Diseño de Concreto para la Relación A/C 0.40 .....	89
<b>Tabla 32.</b> Proporciones para la relación a/c 0.40 .....	90
<b>Tabla 33.</b> Diseño de Concreto para la Relación A/C 0.45 .....	90
<b>Tabla 34.</b> Proporciones para la relación a/c 0.45 .....	91
<b>Tabla 35.</b> Diseño de Concreto para la Relación A/C 0.50 .....	91
<b>Tabla 36.</b> Proporciones para la relación a/c 0.50 .....	92
<b>Tabla 37.</b> Diseño de Concreto para la Relación A/C 0.55 .....	92
<b>Tabla 38.</b> Proporciones para la relación a/c 0.55 .....	93
<b>Tabla 39.</b> Resultados Resistencia a la Compresión de mezclas relacion a/c 0.40.....	93
<b>Tabla 40.</b> Resultados Resistencia a la Compresión de mezclas relación a/c 0.45.....	93
<b>Tabla 41.</b> Resultados Resistencia a la Compresión de mezclas relación a/c 0.50.....	94
<b>Tabla 42.</b> Resultados Resistencia a la Compresión de mezclas relación a/c 0.55.....	95
<b>Tabla 43.</b> Promedio de la Resistencia a la Compresión de los A/C. ....	97
<b>Tabla 44.</b> Resistencia a la Compresión de los A/C.....	98

## INDICE DE IMAGEN

<b>Imagen 1.</b> Datos Históricos del Tiempo Chaupimarca .....	4
<b>Imagen 2.</b> Mapa de Localización de Localidad .....	7
<b>Imagen 3.</b> Vista Satelital del Distrito de Chaupimarca .....	7

## INDICE DE GRAFICO

<b>Grafico 1.</b> Requerimientos de agua de mezcla .....	59
<b>Grafico 2.</b> Curvas de resistencia a la compresión vs relación a/c .....	60
<b>Grafico 3.</b> Resistencia a la Compresión de mezclas relación a/c 0.40 .....	94
<b>Grafico 4.</b> Resistencia a la Compresión de mezclas relación a/c 0.45 .....	94
<b>Grafico 5.</b> Resistencia a la Compresión de mezclas relación a/c 0.50 .....	95
<b>Grafico 6.</b> Resistencia a la Compresión de mezclas relación a/c 0.55 .....	95
<b>Grafico 7.</b> Curva de resistencia a la compresión promedio vs edad (días) .....	96
<b>Grafico 8.</b> Curva de resistencia a la compresión promedio vs relación a/c .....	97
<b>Grafico 9.</b> Curva de resistencia a la compresión promedio vs edad (días) .....	99

## INTRODUCCIÓN

El objetivo es analizar el nivel de la variación de la resistencia a la compresión mediante la relación de agua/cemento en la ciudad de Chaupimarca, Provincia y Región de Pasco; a partir de la determinación y evaluación de la incidencia de agua/cemento en la dosificación del diseño de mezcla.

El cual viene siendo justificada en la necesidad de conocer la variación de la resistencia a la compresión en relación de agua/cemento en la ciudad de Chaupimarca, el permitirá el desarrollo de la elaboración de CONCRETO con una óptima resistencia a la compresión en elementos estructurales a 4380 m.s.n.m.

Los resultados hallados contribuyen al desarrollo del conocimiento para tener una clara visión de la realidad con respecto al concreto a más de 4380 m.s.n.m.

La ficha de diagnóstico presenta información sobre cada paso del proceso constructivo y con lenguaje muy simple.

Esta investigación se divide en:

- CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, en donde se efectúa la identificación del problema; en el uso empírico del canto rodado, dentro del diseño de concreto para elementos estructurales.

- CAPITULO II: MARCO TEORICO, en donde se describe en macro las bases teóricas que sustentan el desarrollo de la presente investigación.
- CAPITULO III: METODOLOGIA, en donde describe el proceso del desarrollo de la investigación; la cual es desarrollada mediante ensayos de laboratorio.
- CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION, en donde se describe los resultados de las propiedades físicas – mecánicas de los agregados.
- CONCLUSIÓN, es donde se describe las ideas en conclusiones de la investigación.
- RECOMENDACIÓN, es donde se describe las recomendaciones que se desprende los resultados obtenidos.
- REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA, es donde se describe las referencias utilizadas para la redacción de la presente investigación.
- ANEXO, es donde se detalla todo lo necesario para complementar la presente investigación.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA**

El concreto surge en el siglo XIX con la revolución industrial que dio origen a las primeras macrociudades con edificaciones, puentes y otras construcciones que requerían tomar esfuerzos de tracción y flexión; no compatibles con la albañilería en piedra.

Paralelamente la revolución industrial transformó los hornos de clínker con un mejor control y mayores temperaturas y la producción económica de agregados y barras de acero para concreto armado.

En el presente año el mundo, el Perú y la ciudad de Chaupimarca viene sufriendo una diversidad de problemas por los cambios de temperatura, por el efecto del calentamiento global.

Las pastas de cemento constituían el eslabón más débil del concreto y le daba su valor resistente. La rotura se producía en la zona de transición entre la pasta y el agregado por su mayor porosidad y la orientación de los productos de hidratación.

Pasco, distrito de Chaupimarca se encuentra a 4380 m.s.n.m. donde las temperaturas en los meses tienen los valores:

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	10.2	10	9.8	10.1	9	8.4	8.3	8.9	9.5	10.2	10.3	10.2
Temperatura min. (°C)	4.1	4.4	4	3.3	1.4	-0.1	-0.4	0.3	2	3.2	3.4	3.4
Temperatura máx. (°C)	16.4	15.7	15.6	16.9	16.7	17	17	17.5	17	17.2	17.3	17.1
Temperatura media (°F)	50.4	50.0	49.6	50.2	48.2	47.1	46.9	48.0	49.1	50.4	50.5	50.4
Temperatura min. (°F)	39.4	39.9	39.2	37.9	34.5	31.8	31.3	32.5	35.6	37.8	38.1	38.1
Temperatura máx. (°F)	61.5	60.3	60.1	62.4	62.1	62.6	62.6	63.5	62.6	63.0	63.1	62.8
Precipitación (mm)	130	150	144	82	41	15	18	27	51	95	94	117

*Imagen 1. Datos Históricos del Tiempo Chaupimarca*

Fuente: Propio.

Entre los meses más secos y más húmedos, la diferencia en las precipitaciones es 135 mm. A lo largo del año, las temperaturas varían en 2.0 ° C.

Por lo cual es importante que la temperatura del agua sea tenida en cuenta cuando se planifica los proyectos de vaciado y en la elaboración de concreto, debido a los efectos potenciales sobre la mezcla fresca y recién elaborada.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL.**

¿Cuál es la variación de la resistencia a la compresión en relación de agua/cemento en la ciudad de Chaupimarca - Pasco?

### **1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICOS.**

- ¿Cuál es la variación de la resistencia a la compresión en relación de agua/cemento en la ciudad de Chaupimarca?
- ¿Cuáles son las influencias de la temperatura del agua en la resistencia a la compresión en elementos estructurales a 4380 m.s.n.m. - Chaupimarca?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVOS GENERAL**

Analizar el nivel de la variación de la resistencia a la compresión en relación de agua/cemento en la ciudad de Chaupimarca - Pasco -2018.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la variación y el comportamiento de la resistencia a la compresión en relación de agua/cemento en la ciudad de Chaupimarca - Pasco -2018.
- Establecer la influencias de la temperatura del agua en la resistencia a la compresión en elementos estructurales a 4380 m.s.n.m. - Chaupimarca - Pasco -2018.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

El presente trabajo de investigación de tesis tiene como la justificación el de conocer la variación de la resistencia a la compresión en relación de agua/cemento en la ciudad de Chaupimarca, el permitirá el desarrollo de la elaboración de CONCRETO con una óptima resistencia a la compresión en elementos estructurales a 4380 m.s.n.m.

#### **1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **1.5.1. IMPORTANCIA**

La importancia conlleva a hallar el nivel de relación de la resistencia la compresión con respecto a la relación de agua/cemento en la ciudad de Chaupimarca - Pasco -2018.

##### **1.5.2. ALCANCES**

Localidades ubicadas a más de 4380 m.s.n.m., así mismo como la localidad de Chaupimarca, Pasco.

## 1.6. LIMITACIONES

### 1.6.1. LIMITACIONES GEOGRAFICAS



*Imagen 2. Mapa de Localización de Localidad*

Fuente: <http://www.map-peru.com/es/mapas/ficha-mapa-vial-de-pasco-2004>

### 1.6.2. LIMITACIONES DE ESTUDIO

Se prevé las siguientes limitaciones para el desarrollo de la investigación:

- En el distrito de Chaupimarca.
- 4380 m.s.n.m.
- Y en la variación de la temperatura del agua por causa de los efectos de calentamiento climático.



*Imagen 3. Vista Satelital del Distrito de Chaupimarca*

Fuente: Google Earth

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES**

El presente proyecto de investigación tiene antecedentes en las siguientes investigaciones:

TEMA : VARIACIÓN DE RESISTENCIAS VS. EDADES Y RELACIÓN A/C CON CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL)

AUTOR : Diana Roxanna TUFINO SANTIAGO

INSTITUCIÓN : Universidad Ricardo Palma

AÑO : 2009

RESUMEN : El concreto surge en el siglo XIX con la revolución industrial que dio origen a las

primeras macro - ciudades con edificaciones, puentes y otras construcciones que requerían tomar esfuerzos de tracción y flexión; no compatibles con la albañilería en piedra. Paralelamente la revolución industrial transformó los hornos de Clinker con un mejor control y mayores temperaturas y la producción económica de agregados y barras de acero para concreto armado. (...)

- TEMA : RESISTENCIA VS. RELACIÓN A/C DEL CONCRETO A TRES EDADES Y CON DOS TIPOS DE CEMENTO (UG Y MPAR)
- AUTOR : Geidel Orlanda ELIZONDO VALVERDE
- INSTITUCIÓN : Instituto Tecnológico de Costa Rica
- AÑO : 2013
- RESUMEN : Si se tiene en consideración que el factor más determinante en la resistencia última del concreto endurecido es la relación A/C, y que en obra es común que los obreros aumenten la trabajabilidad mediante la dosificación de más agua de la conveniente, se hace imprescindible contar con la información

práctica y clara de las consecuencias asociadas.

Debido a la falta de información de referencia nacional relacionada con el tema, es que el Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC), en busca de aportar conocimiento técnico que promocióne y estimule el buen diseño y construcción de obras, plantea este estudio. (...)

- TEMA : ESTUDIO DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO Y LA PERMEABILIDAD AL AGUA DE CONCRETOS USUALES EN PERÚ
- AUTOR : Iskra Guisele BUSTAMANTE ROMERO
- INSTITUCIÓN : Pontificia Universidad Católica del Perú
- AÑO : 2017
- RESUMEN : El concreto es el principal material que se utiliza en la industria de la construcción. Se caracteriza por ser heterogéneo y poroso, por tanto, propenso al ingreso de agentes agresivos que causan su deterioro físico y químico afectando su durabilidad. La propiedad del concreto que facilita su ingreso

es la permeabilidad. Según Mehta la permeabilidad es la propiedad del concreto que mide la velocidad de flujo de un fluido cuando pasa a través del concreto, depende de su relación agua/cemento, del tamaño máximo del agregado, el tiempo de curado y del tipo de cemento. (...)

TEMA : RELACIÓN ENTRE EL FACTOR AGUO/CEMENTO, LA RESISTENCIA NORMALIZADA DEL CEMENTO (DIN 1164, JUNIO 1970) Y LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN A LA COMPRESIÓN

AUTOR : Betón KÜRT WAIZ

AÑO : 1970

RESUMEN : Con arreglo a la nueva norma de ensayos de cemento DIN 1164 (junio 1970), los cementos se ensayan según un método algo distinto al anteriormente existente. Este nuevo método de ensayo corresponde a la recomendación ISO R 679. Se obtiene así, para un mismo cemento, una resistencia normalizada a la

compresión generalmente un poco más elevada.

Los diagramas publicados hace unos 15 años que relacionan el factor agua/cemento de los hormigones, la resistencia normalizada a la compresión del cemento y la resistencia a la compresión de un cubo normalizado de hormigón a la edad de 28 días, fue preciso rehacerlos. Con ellos puede proyectarse nuevamente la composición de una mezcla de hormigón o estimarse la resistencia a la compresión previsible.

## **2.2. BASES TEÓRICO – CIENTÍFICOS**

### **2.2.1. CONCRETO.**

#### **2.2.1.1. DEFINICIÓN.**

El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. *(Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 11).*

El concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta,

dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado. (ICG., *Naturaleza y Materiales del Concreto*, 2004, Pág.8).

El concreto es un material de uso común, o convencional y se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo. (Ing. Ana Torre C., *Curso Básico de Tecnología del Concreto para Ingenieros Civiles*, 2004, Pág. 74).

#### **2.2.1.2. IMPORTANCIA.**

Actualmente el concreto es el material de construcción de mayor uso en nuestro país. Si bien la calidad final del concreto depende en forma muy importante del conocimiento del material y de la calidad profesional del ingeniero, el concreto es, en general, desconocido en muchos de sus siete grandes aspectos: naturaleza, materiales, propiedades, selección de las proporciones, proceso de puesta en obra, control de calidad e inspección, y mantenimiento de los elementos estructurales. (ICG., *Naturaleza y Materiales del Concreto*, 2004, Pág.8).

### **2.2.1.3. CARACTERISTICAS DEL CONCRETO.**

Entre los factores que hacen del concreto un material de construcción Universal tenemos:

- La facilidad con que puede colocarse dentro de los encofrados de casi cualquier forma mientras aún tiene una consistencia plástica.
- Su elevada resistencia a la compresión lo que le hace adecuado para elementos sometidos fundamentalmente a compresión, como columnas y arcos.
- Su elevada resistencia al fuego y a la penetración del agua.

Pero el concreto también tiene desventajas como, por ejemplo:

- Con frecuencia el concreto se prepara en el sitio en condiciones en donde no hay un responsable absoluto de su producción, es decir el control de calidad no es tan bueno.
- El concreto es un material de escasa resistencia a la tracción. Esto hace difícil su uso en elementos estructurales que están sometidos a tracción por completo (como los tirantes) o en parte de sus

secciones transversales (como vigas u otros elementos sometidos a flexión).

- Para superar esta limitación se utiliza el acero, con su elevada resistencia a tracción. La combinación resultante de ambos materiales, se conoce como concreto armado, posee muchas de las mejores propiedades de cada uno. (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 11, 12*).

#### **2.2.1.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO.**

Las características del concreto han de ser función del fin para el cual está destinado. Por ello la selección de las propiedades de la unidad cubica de concreto debe permitir obtener un concreto con la facilidad de colocación, densidad, resistencia, durabilidad u otras propiedades que se consideran necesarias para el caso particular para el cual la mezcla está siendo diseñada. (*Rivva López, Propiedades del Concreto, 2014, pág. 37*).

- **TRABAJABILIDAD:** Se entiende por trabajabilidad a aquella propiedad del concreto al estado no endurecido la cual determina su capacidad para ser manipulada, transportado, colocado y consolidado adecuadamente, con un

mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad; así como para ser acabado sin que presente segregación. (*Rivva López, Propiedades del Concreto, 2014, pág. 37*).

- **CONSISTENCIA:** La consistencia del concreto es una 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.

La consistencia está relacionada, pero no es sinónimo de trabajabilidad. Así, por ejemplo, una mezcla muy trabajable para pavimento puede ser consistente, en tanto que una mezcla poco trabajable en estructuras con alta concentración de acero puede ser de consistencia plástica. (*Rivva López, Propiedades del Concreto, 2014, pág. 40*).

- **RESISTENCIA:** La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza

como índice de su calidad. La resistencia es considerada como una de las más importantes propiedades del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo.

Pero el ingeniero diseñador de la mezcla debe recordar que otras propiedades, tales como la durabilidad, permeabilidad, o resistencia al desgaste pueden ser tanto o más importantes que la resistencia, dependiendo de las características y ubicación de la obra. (*Rivva López, Propiedades del Concreto, 2014, pág. 42*).

- **DURABILIDAD:** El concreto debe ser capaz de endurecer mantener sus propiedades en el tiempo aun en aquellas condiciones de exposición que normalmente podrían disminuís o hacerle perder su capacidad estructural.

Por tanto, se define como concreto durable a aquel que puede resistir, en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicio las cuales él está sometido. (*Rivva López, Propiedades del Concreto, 2014, pág. 44, 45*).

- **DENSIDAD:** En determinados tipos de obras, la selección de las proporciones de la mezcla de

concreto es efectuada fundamentalmente para obtener alta densidad. En estos casos, empleando agregados especiales, se pueden obtener concretos trabajables con pesos unitarios del orden de  $5600 \text{ kg/m}^3$ . (Rivva López, *Propiedades del Concreto*, 2014, pág. 47).

- **GENERACION DE CALOR:** Un aspecto importante de la selección de las propiedades de los concretos masivos es el tamaño y perfil de la estructura en la cual ellos van a ser empleados. Ellos son debido a que la colocación de grandes volúmenes de concreto puede obligar a tomar medidas para controlar la generación de calor debida al proceso de hidratación de cemento, con los resultantes cambios de volumen en el interior de la masa de concreto y el incremento en el peligro de figuración del mismo.

Como regla general, para los cementos normales Tipo I, la hidratación deberá generar una elevación de temperatura del concreto del orden de 6 a 11 C° por saco de cemento por metro cubico de concreto. Si la elevación de la temperatura de la masa de concreto no es mantenida en un mínimo, o si no permite que el calor se disipe a una

velocidad razonable, o si se permite que el concreto se enfríe rápidamente, puede presentarse agrietamiento. (Rivva López, *Propiedades del Concreto*, 2014, pág. 47, 48).

- **ESCURRIMIENTO PLASTICO:** Cuando el concreto está sujeto a una carga constante, la deformación producida por dicha carga puede ser dividida en dos partes: la deformación elástica, la cual ocurre inmediatamente y desaparece totalmente en cuanto se remueve la carga, y el escurrimiento plástico el cual se desarrolla gradualmente.

El escurrimiento plástico puede por lo tanto ser definido como el alargamiento o acortamiento que sufre una estructura de concreto como consecuencia de una sollicitación uniforme y constante de tracción o compresión respectivamente. (Rivva López, *Propiedades del Concreto*, 2014, pág. 49).

- **DILATACION TERMICA:** Sabemos que las propiedades térmicas del concreto son importantes en relación con el mantenimiento en valores mínimos de los cambios de volumen. Como coeficiente de dilatación térmica del

concreto puede aceptarse 1/100 000, siempre que no se determine otro valor para casos especiales, dado que el valor real es una magnitud variable que depende del tipo de cemento, de las características de los agregados y de su volumen en unidad cubica de concreto, así como el grado de humedad y de las dimensiones de la sección transversal. (*Rivva López, Propiedades del Concreto, 2014, pág. 50*).

#### **2.2.1.5. TIPOS DE CONCRETO.**

- I. **CONCRETO SIMPLE:** Es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta de cemento, el agregado fino deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso y a la vez estar recubierto por la misma pasta. (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 12*).
- II. **CONCRETO ARMADO:** Se denomina así al concreto simple cuando éste lleva armaduras de acero como refuerzo y que está diseñado bajo la hipótesis de que los dos materiales

trabajan conjuntamente, actuando la armadura para soportar los esfuerzos de tracción o incrementar la resistencia a la compresión del concreto. (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 13*).

III. **CONCRETO ESTRUCTURAL:** Se denomina así al concreto simple, cuando este es dosificado, mezclado, transportado y colocado, de acuerdo a especificaciones precisas, que garanticen una resistencia mínima pre-establecida en el diseño y una durabilidad adecuada. (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 13*).

IV. **CONCRETO CICLOPEO:** Se denomina así al concreto simple que está complementado con piedras desplazadoras de tamaño máximo de 1 0", cubriendo hasta el 30% como máximo, del volumen total. Las piedras deben ser introducidas previa selección y lavado, con el requisito indispensable de que cada piedra, en su ubicación definitiva debe estar totalmente rodeada de concreto simple. (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 13*).

- V. **CONCRETOS LIVIANOS:** Son preparados con agregados livianos y su peso unitario varía desde 400 a 1700  $kg/m^3$ .
- VI. **CONCRETOS NORMALES:** Son preparados con agregados corrientes y su peso unitario varía de 2300 a 2500  $kg/m^3$ . Según el tamaño máximo del agregado. El peso promedio es de 2400  $g/m^3$ . (Flavio Abanto C., *Tecnología del Concreto*, 2009, pág. 13).
- VII. **CONCRETOS PESADOS:** Son preparados utilizando agregados pesados, alcanzando el peso unitario valores entre 2800 a 6000  $kg/m^3$ . (Flavio Abanto C., *Tecnología del Concreto*, 2009, pág. 13).
- VIII. **CONCRETO PREMEZCLADO:** Es el concreto que se dosifica en planta, que puede ser mezclado en la misma o en camiones mezcladores. y que es transportado a obra. (Flavio Abanto C., *Tecnología del Concreto*, 2009, pág. 14).
- IX. **CONCRETO PREFABRICADO:** Elementos de concreto simple o armado fabricados en una ubicación diferente a su posición final en

la estructura. (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 14*).

- X. **CONCRETO BOMBEADO:** Concreto que es impulsado por bombeo, a través de tuberías hacia su ubicación final. (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 14*).

#### **2.2.1.6. MATERIALES PARA EL CONCRETO.**

##### **2.2.1.6.1. CEMENTO.**

El cemento Portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida.

Esencialmente es un Clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas.

El cemento es el componente más activo del concreto y, generalmente, tiene el mayor costo unitario.

Por ello, y considerando que las propiedades del concreto dependen tanto de la cantidad como de la

calidad de sus componentes, la selección y uso adecuado del cemento son fundamentales para obtener en forma económica las propiedades deseadas para una mezcla dada.

### **COMPUESTO QUIMICOS**

Como el cemento es una mezcla de muchos compuestos, resulta impráctica su representación con una fórmula química. No obstante, hay cuatro compuestos que constituyen más del 90% del peso del cemento, y son:

**Tabla 1.** *Compuesto Químico que Forman el Cemento*

<b>COMPUESTO QUÍMICO QUE FORMAN AL CEMENTO</b>	
Silicato Tricíclico	$C_3S$
Silicato Dicalcico	$C_2S$
Aluminato Tricalcico	$C_3A$
Alumino Ferrita Tricalcica	$C_4AF$

**Fuente:** Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 16.

Cada uno de los cuatro compuestos principales del cemento portland contribuye en el comportamiento del cemento, cuando pasa del estado plástico al endurecido después de la hidratación. (Flavio Abanto C., *Tecnología del Concreto*, 2009, pág. 16).

### **PROPIEDADES DEL CEMENTO**

**FINURA O FINEZA:** Referida al grado de molienda del polvo, se expresa por la superficie específica, en  $m^2/kg$ . En el laboratorio existen 2 ensayos para determinarlo: Permeabilmetro de Blaine / Turbidimetro de Wagner

*Tabla 2. Tipos de Cemento y Finura*

Tipo de cemento	Finura Blaine $m^2 / kg$
I	370
II	370
III	540
IV	380
V	380

Fuente: ICG., Naturaleza y Materiales del Concreto, 2004, Pág.12.

- **PESO ESPECIFICO:** Referido al peso del cemento por unidad de volumen, se expresa en  $gr/cm^3$ . En el laboratorio se determina por medio de: Ensayo del Frasco de Le Chatelier (NTP 334.005).
- **TIEMPO DE FRAGUADO:** Es el tiempo entre el mezclado (agua con cemento) y la solidificación de la pasta. Se expresa en minutos. Se presenta como: El tiempo de Fraguado Inicial y El tiempo de Fraguado Final. En el laboratorio existen 2 métodos para calcularlo: Agujas de Vicat: NTP 334.006 (97) / Agujas de Gillmore: NTP 334.056 (97).

- **ESTABILIDAD DE VOLUMEN:** Representa la verificación de los cambios volumétricos por presencia de agentes expansivos, se expresa en %. En el laboratorio se determina mediante: Ensayo en Autoclave: NTP 334.004 (99).
- **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:** Mide la capacidad mecánica del cemento a soportar una fuerza externa de compresión. Es una de las más importantes propiedades, se expresa en Kg/cm<sup>2</sup>. En el laboratorio se determina mediante: Ensayo de compresión en probetas cúbicas de 5 cm de lado (con mortero cemento-arena normalizada): NTP 334. 051 (98).
- **CONTENIDO DE AIRE:** Mide la cantidad de aire atrapado o retenido en la mezcla (mortero), se expresa en % del volumen total. En el laboratorio se determina mediante: Pesos y volúmenes absolutos de mortero C-A en molde cilíndrico estándar: NTP 334.048.
- **CALOR DE HIDRATACIÓN:** Es el calor que se genera por la reacción (agua + cemento) exotérmica de la hidratación del cemento, se expresa en cal/gr y depende principalmente del  $C_3A$  y el  $C_3S$ . En el laboratorio se determina

mediante: Ensayo del Calorímetro de Langavant o el de la Botella Aislante. Se emplea morteros estándar: NTP 334.064.

### **CLASIFICACIÓN**

Los cementos Portland, se fabrican en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de la especificación ASTM de Normas para el cemento Portland (C 150).

- **TIPO I:** Es el cemento destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifica la utilización de los otros 4 tipos de cemento.
- **TIPO II:** Es el cemento destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación.
- **TIPO III:** Es el cemento de alta resistencia inicial. El concreto hecho con el cemento tipo III desarrolla una resistencia en tres días igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento tipo I o tipo II.
- **TIPO IV:** Es el cemento del cual se requiere bajo calor de hidratación.

- **TIPO V:** Es el cemento del cual se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y estructuras expuestas al agua de mar. (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 17*).

#### 2.2.1.6.2. AGREGADO GRUESO.

Se define como agregado al 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. (*Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 68*).

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz N° 4 y que cumple con los límites establecidos de las Norma 400.037. (*Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 75*).

El agregado grueso podrá consistir de partículas de roca partida, grava natural o triturada, o agregados metálicos naturales o artificiales, concreto triturado, o una combinación de ellos. El

agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos o pesados podrá ser natural o artificial.

El agregado grueso estará conformado por fragmentos cuyo perfil será preferentemente rugosa y libres de material escamoso, materia orgánica, partículas finas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, sales u otras sustancias dañinas. (*Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 75*).

### **IMPORTACIÓN**

Los agregados en el concreto ocupan alrededor de las tres cuartas partes del volumen, de ahí la justificación para su adecuada selección, además que agregados débiles podrían limitar la resistencia del concreto por otro parte son estos elementos los que proporcionan una estabilidad volumétrica al concreto y durabilidad. (*ICG., Naturaleza y Materiales del Concreto, 2004, Pág.43*).

### **FUNCIONES DEL AGREGADO**

El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones:

- Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico.
- Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de 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.

### **PROPIEDADES FISICAS**

**A. DENSIDAD:** Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario. Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción.

**B. POROSIDAD:** La palabra porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.

**C. PESO UNITARIO:** Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos. el procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C 29 y NTP 400.017. Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa. por ejemplo, para un agregado grueso pesos unitarios altos significan que quedan muy pocos huecos por llenar con arena y cemento.

**D. PORCENTAJE DE VACÍOS:** Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del

acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. Se evalúa usando la siguiente expresión recomendada por ASTM C 29.

$$\%Vacios = \frac{(SxW - P.U.C)}{SxW} x 100$$

Donde:

S = Peso específico de masa

W = Densidad del agua

P.U.C. = Peso Unitario Compactado seco del agregado

**E. HUMEDAD:** Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla se expresa de la siguiente forma:

$$\%Humedad = \frac{Peso Natural - Peso Seco}{Peso Seco} x 100$$

## PROPIEDADES FISICAS

**A. RESISTENCIA:** La resistencia de los agregados depende de su composición textura y estructura y la resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; Si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros consecuentemente serán débiles. La resistencia al

chancado o compresión del agregado deberá ser tal que permita la resistencia total del matriz cementante.

La norma británica establece un método para medir la resistencia a la compresión de los agregados utilizando cilindros de 25.4 mm de diámetro y altura

**B. TENACIDAD:** Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material. Está directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material.

**C. DUREZA:** Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes.

Entre las rocas a emplear en concretos éstas deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión y pueden ser el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas.

**D. MÓDULO DE ELASTICIDAD:** Es definido como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándosele como una

medida de la resistencia del material a las deformaciones.

El módulo elástico se determina en muy inusual su determinación en los agregados sin embargo el concreto experimentara deformaciones por lo que es razonable intuir que los agregados también deben tener elasticidades acordes al tipo de concreto.

El valor del módulo de elasticidad además influye en el escurrimiento plástico y las contracciones que puedan presentarse.

### ***GRANULOMETRÍA***

La granulometría seleccionada deberá preferentemente ser continua y permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla.

En relación con su granulometría el agregado grueso deberá:

- Estar graduado dentro de los límites indicados en las Normas NTP 400.037 o ASTM C-33.
- Tener una granulometría presentemente continua.

- Permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla.
- La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% el agregado retenido en malla de 1 1/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4".
- Si se emplea una combinación de dos o más tamaños de agregado grueso, cada uno de ellos, así como la combinación de los mismos, deberá cumplir con los requisitos de granulometría indicados. (*Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, págs. 75, 76*).

### **TAMAÑO MÁXIMO**

De acuerdo a la norma NTP 400.037 el tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de agregado grueso. (*Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 76*).

### **TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL**

De acuerdo a la Norma NTPP 400.037 se entiende por tamaño máximo nominal al que corresponde al

menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. (Rivva López, *Materiales para el Concreto*, 2014, pág. 76).

### **PARTÍCULAS PERJUDICIALES**

Las partículas perjudiciales presentes en el agregado no deberán exceder de los siguientes valores:

**Tabla 3.** Límites de Partículas Perjudiciales

<b>LÍMITES DE PARTÍCULAS PERJUDICIALES</b>	
Arcilla	0.25%
Partículas blandas	5.00%
Material más fino que la Malla N° 200	3.00%
<b>Carbón y Lignito</b>	
Cuando el acabado superficial es de importancia	0.50%
Otros concretos	1.00%

Fuente: Rivva López, *Materiales para el Concreto*, 2014, pág. 76.

El agregado cuyos límites de partículas superficiales excedan a los indicados, podrá ser aceptado siempre que un concreto, preparado con agregados de la misma fuente, haya cumplido con los requisitos especificados o, en ausencia de un registro de servicios, tenga características satisfactorias cuando es ensayado en el laboratorio. (Rivva López, *Materiales para el Concreto*, 2014, pág. 76).

#### 2.2.1.6.3. AGREGADO FINO.

Se define como agregado al 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. (*Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 68*).

El agregado fino consistirá en arena natural, arena manufacturada, o una combinación de ambas; definiéndosele como aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa la malla 3/8" y cumple con los límites establecidos en las normas NTP 400.037 o ASTM C33.

#### **IMPORTACIÓN**

Los agregados en el concreto ocupan alrededor de las tres cuartas partes del volumen, de ahí la justificación para su adecuada selección, además que agregados débiles podrían limitar la resistencia del concreto por otro parte son estos elementos los que proporcionan una estabilidad volumétrica al concreto y durabilidad. (ICG.,

Naturaleza y Materiales del Concreto, 2004, Pág.43).

## **FUNCIONES DEL AGREGADO**

El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones:

- Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico.
- Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de 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.

## **PROPIEDADES FISICAS**

**A. DENSIDAD:** Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de

bajo o alto peso unitario. Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción.

**B. POROSIDAD:** La palabra porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.

**C. PESO UNITARIO:** Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos. el procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C 29 y NTP 400.017.

Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa. por ejemplo, para un agregado grueso pesos unitarios altos significan que quedan muy pocos huecos por llenar con arena y cemento.

**D. PORCENTAJE DE VACÍOS:** Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. Se evalúa usando la siguiente expresión recomendada por ASTM C 29.

$$\%Vacios = \frac{(SxW - P.U.C)}{SxW} x 100$$

Donde:

S = Peso específico de masa

W = Densidad del agua

P.U.C. = Peso Unitario Compactado seco del agregado

**E. HUMEDAD:** Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla se expresa de la siguiente forma:

$$\%Humedad = \frac{Peso Natural - Peso Seco}{Peso Seco} x 100$$

## PROPIEDADES FISICAS

**A. RESISTENCIA:** La resistencia de los agregados depende de su composición textura y estructura y

la resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; Si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros consecuentemente serán débiles. La resistencia al chancado o compresión del agregado deberá ser tal que permita la resistencia total del matriz cementante. La norma británica establece un método para medir la resistencia a la compresión de los agregados utilizando cilindros de 25.4mm de diámetro y altura

**B. TENACIDAD:** Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material. Está directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material.

**C. DUREZA:** Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes.

Entre las rocas a emplear en concretos éstas deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión y pueden ser el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas.

**D. MÓDULO DE ELASTICIDAD:** Es definido como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándosele como una medida de la resistencia del material a las deformaciones.

El módulo elástico se determina en muy inusual su determinación en los agregados sin embargo el concreto experimentara deformaciones por lo que es razonable intuir que los agregados también deben tener elasticidades acordes al tipo de concreto. El valor del módulo de elasticidad además influye en el escurrimiento plástico y las contracciones que puedan presentarse.

### **GRANULOMETRÍA**

En relación con su granulometría, el agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en las Normas NTP 400.037 o ASTM C-33. Adicionalmente se tendrá en consideración lo siguiente:

- El agregado fino deberá tener una granulometría preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N° 4 a N° 100 de la serie de Taylor.

- El agregado fino no deberá tener más del 54% retenido en dos tamices consecutivos; y su módulo de finura no deberá ser menos de 2.3 ni mayor a 3.1. El módulo de finura se mantendrá dentro de más o menos 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto.
- Es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los límites de las tablas 4.

**Tabla 4. Tamiz de Agregado Grueso**

Tamiz	% que Pasa
3/8" (9.50 mm)	100
N° 4 (4.75 mm)	95 - 100
N° 8 (2.36 mm)	80 - 100
N° 16 (1.18 mm)	50 - 85
N° 30 (600 µm)	25 - 60
N° 50 (300 µm)	10 - 30
N° 100 (150 µm)	2 - 10

Fuente: (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 180)

Adicionalmente, en relación con su granulometría, el agregado fino deberá:

- Contener suficiente cantidad de material que pasa la malla N° 50 a fin de obtener en el concreto adecuada trabajabilidad, ello especialmente en mezclas con pastas pobres.
- Tener un máximo de 3% a 5% de material que pasa la Malla N° 200 no se confundirá los finos

del agregado con el limo, la marga u otras impurezas indeseables.

- Emplear un agregado grueso con poco o ningún material en las Malla N° 4y N° 8 en aquellos casos en que el agregado fino tiene un porcentaje importante en esas mallas, a fin de evitar un concreto áspero, granuloso y de acabado difícil.
- Evitar emplear, salvo que las circunstancias del entorno obliguen a ello, como en el caso de la selva baja peruana, agregado excesivamente fino.
- Recordar que los límites permisibles para el agregado fino dependen en alguna forma del perfil y características superficiales de las partículas. (*Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, págs. 180, 181*).

**Partículas inconvenientes:** La cantidad de sustancias deletéreas o partículas inconvenientes presentes en el agregado fino no deberá exceder de los siguientes límites, expresados como porcentaje en peso de muestra total.

**Tabla 5. Máximo % en Peso la Muestra Total**

<b>MÁXIMO PORCENTAJE EN PESO LA MUESTRA TOTAL</b>	
Lentes de arcilla y partículas deleznales	3.00%
Material más fino que la malla N° 200	3.00%
Concreto sujeto a abrasión	3.00%
Todos los concretos	5.00%
<b>Carbón y Lignito</b>	
Cuando la apariencia de la superficie es importante	0.50%
Todos los concretos	1.00%
Mica	0.00%
Partículas deleznales	3.00%

Fuente: (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 75)

#### 2.2.1.6.4. AGUA.

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido.

**Tabla 6. Valores Máximo Admisibles en el Agua**

<b>SUSTNCIAS DISUELTAS</b>	<b>VALOR MAXIMO ADMISIBLES</b>
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P.H.	Mayorde7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: (Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 29).

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la norma ITINTEC 334.088 y ser, e preferencia potable. (Rivva López, Materiales, 2000, págs. 29).

Un método rápido para conocer la existencia de ácidos en el agua, es por medio de un papel tornasol, el que sumergido en agua ácida tomará un color rojizo.

Asimismo, para determinar la presencia de yeso u otro sulfato es por medio de cloruro de bario; se filtra el agua (unos 500 g) y se le hecha algunas gotas de ácido clorhídrico; luego más gotas de solución de cloruro de bario, si se forma un precipitado blanco (sulfato de bario) es señal de presencia de sulfatos.

Esta agua debe entonces mandarse analizar a un laboratorio para saber su concentración y ver si está dentro del rango permisible.

Deberá entenderse que estos ensayos rápidos no pueden reemplazar a los de laboratorio, y sólo se utilizan para tener indicios que posteriormente se comprobarán en un laboratorio competente. *(Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 22).*

#### 2.2.1.6.5. ADITIVOS.

Se denomina aditivo a las sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con

el propósito de modificar alguna de sus propiedades y hacerlo mejor para el fin a que se destine.

Los aditivos que deben emplearse en el concreto cumplirán con las especificaciones de la Norma ITINTEC 339.086. (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 43*).

Se define a un aditivo como un material distinto del agua, del agregado, o del cemento, el cual es utilizado como un componente del concreto y que se añade a este antes o durante el mezclado a fin de modificar una o algunas de sus propiedades. (*Rivva López, Materiales, 2000, págs. 32*).

### **RAZONES DE EMPLEO**

Entre las principales razones de empleo de aditivos, para modificar las propiedades del concreto fresco, se puede mencionar:

- Reducción en el contenido de agua de la mezcla, que trae como consecuencia ahorro en la cantidad de cemento para una misma relación a/c.

- Se logra obtener algunas propiedades en el concreto de manera más efectiva que utilizando otros medios.
- Incremento en la trabajabilidad sin modificación del contenido de agua; o disminución del contenido de agua sin modificación de la trabajabilidad.
- Reducción, incremento o control del asentamiento Aceleración o retardo del tiempo de fraguado inicial.
- Modificación de la velocidad y/o magnitud de la exudación.
- Reducción o prevención de la segregación; o desarrollo de una ligera expansión.
- Mejora en la facilidad de colocación y/o bombeo de las mezclas.
- Asegurar la calidad de concreto durante las etapas de mezclado, transporte, colocación y curado del concreto.

Entre las principales razones de empleo de los aditivos para modificar las propiedades de los concretos, morteros o lechada endurecidos se puede mencionar:

- Retardo en el desarrollo del calor de hidratación o reducción en la magnitud de éste durante el endurecimiento inicial.
- Aceleración en la velocidad de desarrollo de la resistencia inicial y/o final del concreto y en el incremento de la misma.
- Incremento en la durabilidad.
- Disminución de la permeabilidad del concreto control de la expansión debida a la reacción álcali-agregados.
- Incremento en las adherencias acero-concreto; y concreto antiguo-concreto fresco.
- Incremento en las resistencias al impacto y/o la abrasión.
- Control de la corrosión de los demonios metálicos embebidos en el concreto.
- Producción de concretos o morteros celulares.

### **2.2.2. DISEÑO DE MEZCLA.**

El diseño de mezcla es el proceso de escoger los materiales adecuados del concreto para determinar las cantidades relativas de los mismos, con el objeto de producir un concreto tan económico como sea posible, concreto con cierto mínimo de propiedades,

especialmente resistencia, durabilidad y una consistencia requerida.

Existen en la actualidad una serie de métodos de diseño de mezclas que con mayor o menor refinamiento establecen tablas y/o gráficos para estimar cantidades de agua de amasado en función del tamaño máximo, geometría del agregado, así como el asentamiento, relaciones agua/cemento a usar, las proporciones en que deben intervenir la piedra y la arena en base a gradaciones y consideraciones teóricas y/o prácticas.

Conseguir una mezcla con un mínimo de pasta y volumen de vacíos o espacios entre partículas y consecuentemente cumplir con las propiedades requeridas es lo que la tecnología del concreto busca en un diseño de mezclas.

#### **2.2.2.1. NORMAS APLICABLES.**

- N.T.P. 334.005 Cementos, método de determinación del peso específico.
- N.T.P. 334.007 Cementos, muestreo e inspección.
- N.T.P. 334.008 Cementos, clasificación y nomenclatura.
- N.T.P. 334.016 Cementos, análisis químico, disposiciones generales.

- N.T.P. 334.045 Cementos, método de ensayo para determinar la finura por tamizado.
- N.T.P. 334.064 Cementos, método de ensayo para determinar el calor de hidratación de cementos Portland.
- N.T.P. 339.033 Cementos, método de ensayo para la elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto en obra.
- N.T.P. 339.034 Cementos, método de ensayo a la compresión de probetas de concreto.
- N.T.P. 339.035 Concreto, método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams.
- N.T.P. 339.036 Concreto, toma de muestras del concreto fresco.
- N.T.P. 339.037 Concreto, refrendado de cilindros de concreto.
- N.T.P. 339.045 Concreto, método de ensayo para la elaboración y curado en el laboratorio de probetas para ensayos de flexión.
- N.T.P. 339.047 Concreto, definiciones y terminología referida al concreto.

- N.T.P. 339.059 Concreto, método de ensayo para la extracción y ensayo de probetas cilíndricas y viguetas de concreto endurecido.
- N.T.P. 339.077 Concreto, método de ensayo para determinar la exudación del concreto.
- N.T.P. 339.079 Concreto método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con carga en el centro de la luz.
- N.T.P. 339.081 Concreto, método de ensayo volumétrico para determinar el contenido de aire del concreto fresco.
- N.T.P. 339.086 Concreto, aditivos para el concreto.
- N.T.P. 339.088 Concreto, agua para morteros y concretos de cemento Portland.
- N.T.P. 400.010 Agregados, extracción y preparación de muestras.
- N.T.P. 400.011 Agregados, definición y clasificación.
- N.T.P. 400.012 Agregados, análisis granulométrico.

- N.T.P. 400.013 Agregados, método de ensayo para determinar cualitativamente las impurezas orgánicas del agregado fino.
- N.T.P. 400.015 Agregados, determinación de terrones de arcilla y partículas friables.
- N.T.P. 400.017 Agregados, método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.
- N.T.P. 400.018 Agregados, material que pasa el tamiz N° 200.
- N.T.P. 400.019 Agregados, determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaño pequeño por medio de la máquina de los Ángeles.
- N.T.P. 400.020 Agregados, determinación de la resistencia al desgaste en agregado, gruesos de gran tamaño por medio de la máquina de los Ángeles.
- N.T.P. 400.021 Agregados, determinación del peso específico y la absorción del agregado grueso.
- ASTM C-29 Método estándar de prueba para determinar el peso unitario y vacíos en el agregado.

- ASTM C-39 Método estándar de prueba de resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto.
- ASTM C-10 Método estándar de prueba de humedad de superficie en agregados finos.
- ASTM C 78 Método estándar de prueba de resistencia a la flexión del concreto.
- ASTM C 121 Método estándar de prueba para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso.
- ASTM C 128 Método estándar de prueba para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino.
- ASTM C 131 Prueba de resistencia a la abrasión de agregado grueso de pequeño tamaño por el uso de la máquina de los Ángeles.
- ASTM C 136 Método estándar de prueba para el análisis granulométrico de agregados gruesos y finos.
- ASTM C 138 Método estándar de prueba para determinar el peso unitario, la fluencia y el contenido de aire (gravidimétrico) del concreto.

- ASTM C 143 Método estándar de prueba para determinar el revenimiento del concreto con Cemento Portland.
- ASTM C 150 Especificaciones del concreto Portland.

#### **2.2.2.2. METODO ACI 211.1.**

El comité 211.1 del ACI ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple. Es usual que las características de obra establezcan limitaciones a quien tiene la responsabilidad de diseñar la mezcla. Entre dichas limitaciones pueden estar:

- Relación agua/cemento máximo.
- Contenido mínimo de cemento
- Contenido máximo de aire
- Asentamiento
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Resistencia en compresión mínima
- Requisitos especiales relacionados con la resistencia promedio, el empleo de aditivos o la utilización de tipos especiales de

cementos o agregados. (Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014, pág. 90).

### 2.2.2.3. **ASENTAMIENTO.**

El asentamiento recomendado son los mostrados en la tabla 8. y se usan cuando el método de compactación utilizado es la vibración (para otros métodos se deben sumar 2.5 cm a los valores de la tabla 8.).

*Tabla 7. Valores de Asentamiento*

ASENTAMIENTO (CM)	CONSISTENCIA (TIPO DE CONCRETO)	GRADO DE TRABAJABILIDAD	TIPO DE ESTRUCTURA Y CONDICIONES DE COLOCACIÓN
0.0 - 2.0	MUY SECA	MUY PEQUEÑO	Vigas o pilotes de alta resistencia con vibraciones de formaletas
2.0 - 3.5	SECA	PEQUEÑO	Pavimentos vibrados con máquina mecánica
3.5 - 5.0	MSEMI-SECA	PEQUEÑO	Construcciones en masas voluminosas. Losas medianamente reforzadas con vibración. Fundaciones en concreto simple. Pavimentos con vibradores
5.0 - 10.0	MEDIA	MEDIO	Losas medianamente reforzadas y pavimentos, compactados a mano.
10.0 - 15.0	HUMEDA	ALTO	Secciones con mucho refuerzo. Trabajos donde la colocación sea difícil. Revestimiento de túneles. No recomendable para compactarlo con demasiada vibración

*Fuente: NIÑO HERNÁNDEZ, Jairo René. Tecnología del Concreto – Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas, Tomo 1, Tercera edición.*

### 2.2.2.4. **TAMAÑO NOMINAL (TMN).**

Se trata de elegir una adecuada granulometría, tener una masa más compacta y con menos vacíos. La tabla 9. muestra los valores recomendados del TMN para los diferentes tipos de construcciones.

**Tabla 8. Valores Recomendados en TMN**

DIMENSIÓN MÍNIMA DEL ELEMENTO (cm)	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL EN MM (PULGADAS)			
	MUROS REFORZADOS, VIGAS Y COLUMNAS	MUROS SIN REFUERZO	LOSAS MUY REFORZADAS	LOSAS SIN REFUERZO O POCO REFORZADAS
6-15	12(1/2") - 19(3/4")	19(3/4")	19(3/4") - 25(1")	19(3/4") - 38(1 1/2")
19-29	19(3/4") - 38(1 1/2")	38(1 1/2")	38(1 1/2") - 76(3")	
30-74	38(1 1/2") - 76(3")	76(3")	38(1 1/2") - 76(3")	76(3")
75 O MAS	38(1 1/2") - 76(3")	152(6")	38(1 1/2") - 76(3")	76(3") - 152(6")

Fuente: NIÑO HERNÁNDEZ, Jairo René. *Tecnología del Concreto – Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas*, Tomo 1, Tercera edición.

### 2.2.2.5. CONTENIDO DE AIRE.

El contenido de aire beneficia la manejabilidad y la cohesión de la mezcla. La tabla 10. muestra los valores recomendados para estimar el contenido de aire de la mezcla, teniendo como base las referencias que se especifican en la norma ACI 318 S-08.

**Tabla 9. Valores para el Contenido de Aire**

AGREGADO GRUESO		PORCENTAJE PROMEDIO APROXIMADO DE AIRE	PORCENTAJE PROMEDIO TOTAL DE AIRE RECOMENDADO PARA LOS SIGUIENTES GRADOS DE EXPOSICIÓN		
PULGADAS	MM		SUAVE	MEDIANO	SEVERO
3/8	9.51	3.00	4.50	6.00	7.50
1/2	12.5	2.50	4.00	5.50	7.00
3/4	19.1	2.00	3.50	5.00	6.00
1	25.4	1.50	3.00	4.50	6.00
1 1/2	38.1	1.00	2.50	4.50	5.50
2	50.8	0.50	2.00	4.00	5.00
3	76.1	0.30	1.50	3.50	4.50
6	152.4	0.20	1.00	3.00	4.00

Fuente: NIÑO HERNÁNDEZ, Jairo René. *Tecnología del Concreto – Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas*, Tomo 1, Tercera edición.

### 2.2.2.6. CANTIDAD DE AGUA.

La demanda de agua en las mezclas se debe a aspectos de manejabilidad, adherencia e

hidratación. En el Grafico 1. y tabla 11. muestran el requerimiento de agua en la mezcla, que está en función del asentamiento y el TMN.

De otra parte, cuando se hacen mezclas para establecer relaciones de resistencia o para verificar la capacidad de producción de resistencia de una mezcla, se debe usar la combinación menos favorable de agua de mezcla y contenido de aire.

**Tabla 10.** Requerimientos Aproximados de agua de Mezclado

Condición del contenido de aire	Asentamiento cm	Agua en kg/m <sup>3</sup> de concreto para los TMN del agregado indicados								
		10	12,5	20	25	40	50	70	150	
Concreto sin aire incluido	3 a 5	205	200	185	180	160	155	145	125	
	8 a 10	225	215	200	195	175	170	160	140	
	15 a 18	240	230	210	205	185	180	170	---	
	Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto sin aire incluido, por ciento	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2	
Concreto con aire incluido	3 a 5	180	175	165	160	145	140	135	120	
	8 a 10	200	190	180	175	160	155	150	135	
	15 a 18	215	205	190	185	170	165	160	---	
	Promedio recomendable de contenido total de aire por ciento	8	7	6	5	4,5	4	3,5	3	

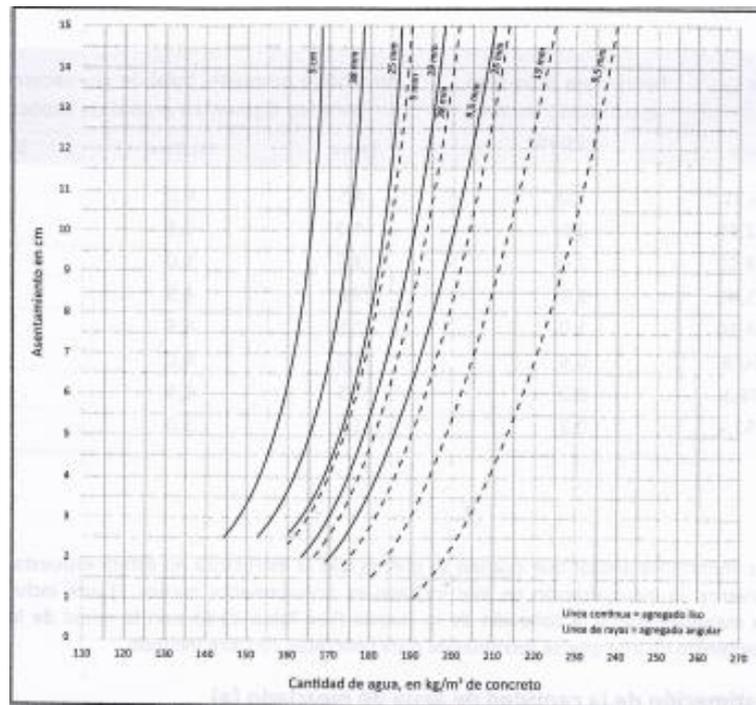
\* Estas cantidades de agua de mezclado deben utilizarse en los cálculos de los factores de cemento para mezclas de prueba. Son las máximas para agregados gruesos angulares razonablemente bien formados graduados dentro de los límites de las especificaciones aceptadas.

\*\* Los valores de asentamiento para un concreto que contenga un agregado mayor de 40 mm están basados en pruebas de asentamiento efectuado después de remover las partículas mayores de 40 mm por medio de cribado húmedo.

**Fuente:** NIÑO HERNÁNDEZ, Jairo René. *Tecnología del Concreto – Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas, Tomo 1, Tercera edición.*

En otras palabras, se debe utilizar el máximo contenido de aire permitido o el que probablemente ocurra, y el concreto se debe calcular con el

asentamiento más alto permisible. Con estas precauciones se evita que se haga una estimación demasiado optimista de la resistencia, bajo la suposición de que las condiciones promedio más que las extremas son las que predominan en el campo.



**Gráfico 1.** Requerimientos de agua de mezcla.

**Fuente:** NIÑO HERNÁNDEZ, Jairo René. *Tecnología del Concreto – Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas*, Tomo 1, Tercera edición.

### 2.2.2.7. RELACION AGUA - CEMENTO (A/C).

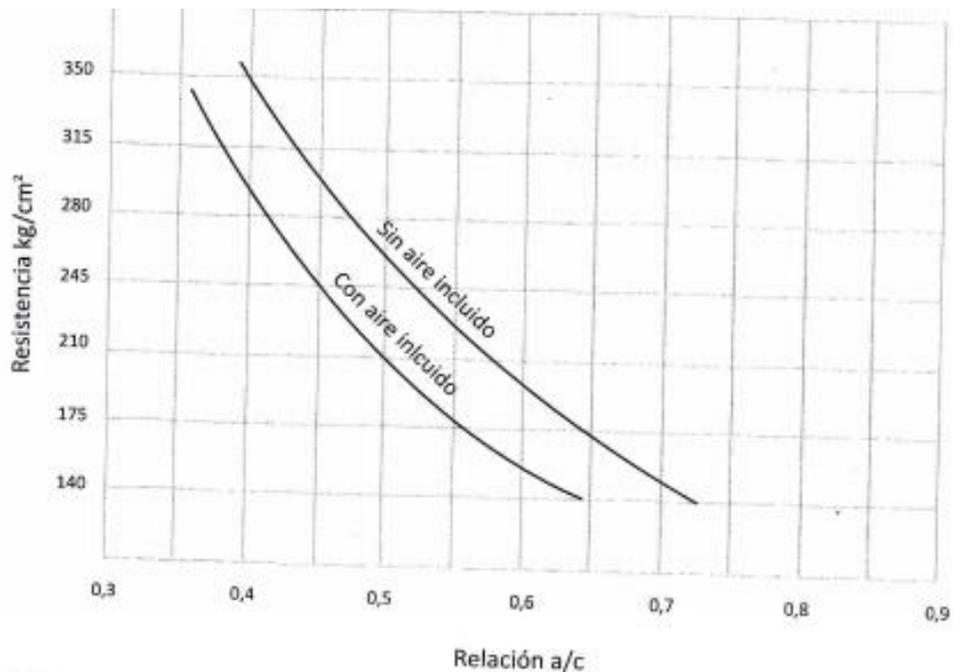
Este es el factor más importante en el diseño de mezclas de concreto, porque con él se pueden determinar los requisitos de resistencia, durabilidad, permeabilidad y acabado. Para determinar esta relación se utiliza la tabla 12. o en

el Grafico 2. (Los valores del diagrama son sacados de la tabla).

**Tabla 11.** Relación entre la resistencia a la compresión y algunos valores de la relación a/c

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS		CONCRETO SIN INCLUSOR DE AIRE (RELACIÓN ABSOLUTA POR PESO)	CONCRETO CON INCLUSOR DE AIRE (RELACIÓN ABSOLUTA POR PESO)
Kg/cm <sup>2</sup>	PSI		
175	2500	0.65	0.56
210	3000	0.58	0.50
245	3500	0.52	0.46
280	4000	0.47	0.42
315	4500	0.43	0.38
350	5000	0.40	0.35

Fuente: NIÑO HERNÁNDEZ, Jairo René. Tecnología del Concreto – Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas, Tomo 1, Tercera edición.



**Grafico 2.** Curvas de resistencia a la compresión vs relación a/c

Fuente: NIÑO HERNÁNDEZ, Jairo René. Tecnología del Concreto – Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas, Tomo 1, Tercera edición.

### 2.2.2.8. CONTENIDO DE CEMENTO.

Para el cálculo de cemento se utiliza la ecuación siguiente expresada, que relaciona el agua y la relación agua/cemento (a/c).

$$C = \frac{a}{a/c}$$

### 2.2.2.9. VERIFICACION GRANULOMETRICA.

Esta etapa es utilizada en gran medida para verificar los valores de resistencia en la mezcla de concreto.

Para esto se deben seguir los parámetros establecidos por la norma ASTM C33, las cuales se muestran en las tablas 4.6. y 4.7.:

Tabla 12. Granulometría para Agregado grueso, según ASTM C33

Agregado	Tamaño Normal mm	Material que pasa cada uno de los siguientes tamices (porcentaje)												
		101,60 mm 4"	90,50 mm 3 1/2"	76,10 mm 3"	64,00 mm 2 1/2"	50,80 mm 2"	38,10 mm 1 1/2"	25,40 mm 1"	19,00 mm 3/4"	12,70 mm 1/2"	9,51 mm 3/8"	4,76 mm No. 4	2,38 mm No. 8	1,19 mm No. 16
0	90,50 a 38,10	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
1	64,00 a 38,10			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
2	50,80 a 4,76				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
3	38,10 a 4,76					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
4	25,40 a 4,76						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
5	19,00 a 4,76							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
6	12,70 a 4,76								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
7	9,51 a 2,38									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
8	50,80 a 25,40				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
9	38,10 a 19,00					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5				

Fuente: NIÑO HERNÁNDEZ, Jairo René. Tecnología del Concreto – Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas, Tomo 1, Tercera edición.

**Tabla 13.** Granulometría para Agregado Fina, según ASTM C33

TAMIZ		% PASA	
MM	PULGADAS	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
9.51	3/8	100	100
4.76	# 4	95	100
2.38	# 8	80	100
1.19	# 16	50	85
0.595	# 30	25	60
0.297	# 50	10	30
0.149	# 100	2	10

*Fuente:* NIÑO HERNÁNDEZ, Jairo René. *Tecnología del Concreto – Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas*, Tomo 1, Tercera edición.

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **DISEÑOS DE MEZCLA:** Es la selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto. *(Absalón y Salas 2008)*.
- **DOSIFICACIÓN:** Es la proporción en peso o en volumen de los distintos.
- **RESISTENCIA ESPECIFICADA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ( $F'C$ ):** Resistencia a la compresión del concreto empleado 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)*.

- **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*).
- **CANTO RODADO:** Piedra pequeña, lisa y redondeada como consecuencia del desgaste sufrido en una corriente de agua.
- **PIEDRA CHANCADO:** Es de roca ígnea (andesita), formada por el enfriamiento y solidificación de materia rocosa fundida (magma), compuesta casi en su totalidad por silicatos. Se obtiene por trituración artificial de rocas o gravas y en tamaño, que en nuestro caso es de 1/2" y 3/4".
- **AIRE ATRAPADO:** Es el aire atrapado de manera natural en el concreto que puede incrementarse a consecuencia de una deficiente colocación o compactación. (*Instituto del Concreto de 1997*).
- **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*).
- **CANTERA:** Lugar de donde se extrae piedra u otras materias primas de construcción. (*Absalón y Salas 2008*).

- **CEMENTO:** Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua y el aire. (*Norma E.060 del RNE 2014*).
- **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*).
- **CONTENIDO DE AIRE:** Es la diferencia entre el volumen aparente de la mezcla y el resultante de la suma de los volúmenes absolutos de los componentes. (*Absalón y Salas 2008*).
- **FRAGUADO INICIAL:** Condición de la pasta de cemento en que se aceleran las reacciones químicas, empiezan el endurecimiento y la pérdida de la plasticidad, midiéndose en términos de la resistencia a deformarse. Es la etapa en que se evidencia el proceso exotérmico donde se genera el ya mencionado calor de hidratación, que es consecuencia de las reacciones químicas descritas.
- **FRAGUADO FINAL:** Se obtiene al término de la etapa de fraguado inicial, caracterizándose por endurecimiento significativo y deformaciones permanentes. La estructura del gel está constituida por el ensamble definitivo de sus partículas endurecidas.
- **ENDURECIMIENTO:** Se produce a partir del fraguado final y es el estado en que se mantiene e incrementa con el tiempo las

características resistentes. La reacción predominante es la hidratación permanente de los silicatos de calcio, y en teoría continua de manera indefinida.

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPOTESIS GENERAL.**

El nivel de la variación de la resistencia a la compresión en relación de agua/cemento en la ciudad de Chaupimarca, es indirectamente proporcional.

### **2.4.2. HIPOTESIS ESPECÍFICA.**

- La variación de la resistencia a la compresión en relación de agua/cemento, Es alterado por el agua.
- El comportamiento de la variación a la compresión en relación de agua/cemento es indirectamente proporcional.

## **2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.**

- relación de agua/cemento

### **2.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES.**

- Resistencia a la Compresión

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación es APLICATIVA, porque el tema de investigación es aplicado en nuestra realidad.

La investigación propuesta será de nivel EXPERIMENTAL, porque medirá características de la muestra estudiada y permitirá medir las variables estudiadas para observar si tendrán algún tipo de relación entre sí, es decir si tiene una diferencia en los resultados que se produzca.

### 3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

M ----- O ----- A ----- E

M = Muestra

O = Observación

A = Análisis

E = Evaluación

### 3.3. POBLACIÓN MUESTRA

Está comprendida por todas las PROBETAS elaboradas con cemento portland Tipo I, el agregado seleccionado la cantera de Cochamarca, los cuales han sido diseñados de acuerdo al método ACI 211.1.

La cantidad de probetas cilíndricas se determinó siguiendo la recomendación del Reglamento de Edificaciones en la norma E60 Concreto armado en su ítem 5.6 Evaluación y aceptación del concreto, la cual indica que la resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactoria si cumple con el promedio aritmético de 3 ensayos de resistencia consecutiva es igual o superior a  $f'c$ ; teniendo en cuenta que un ensayo de resistencia deber ser el promedio de resistencias de dos probetas cilíndricas de concreto a los 28 días.

*Tabla 14. Cantidad de Probetas*

EDAD (días)	0.40	0.45	0.50	0.55
7	3.00	3.00	3.00	3.00
14	3.00	3.00	3.00	3.00
28	3.00	3.00	3.00	3.00
<b>SUB TOTAL</b>	<b>9.00</b>	<b>9.00</b>	<b>9.00</b>	<b>9.00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>36.00</b>			

Fuente: NTP 400.012 o ASTM C136.

### **3.4. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

El desarrollo de la tesis será de carácter descriptivo y referencial, para lo cual se investigará una amplia bibliografía existente relacionada al tema de la presente investigación.

Se realizará primero una revisión de conceptos generales de la variación de la resistencia a la compresión en relación de agua/cemento; así como también sus características y propiedades que deben tener cada una de ellas según las Normas vigentes.

### **3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.5.1. TECNICAS.**

En la presente Tesis: ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN RELACIÓN DE AGUA/CEMENTO EN LA CIUDAD DE CHAUPIMARCA - PASCO – 2018, se utilizó fichas de recolección de los datos el cual fue efectuada de forma visual y mediante la obtención de los ensayos realizados en el laboratorio de concreto de la E.F.P. Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

#### **3.5.2. INSTRUMENTOS.**

Se efectuó el uso de los siguientes instrumentos:

- Ficha de diagnóstico.
- Cámara Fotográfico.
- Wincha o Cinta Métrica.

### 3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Las técnicas de procesamiento para el presente proyecto de tesis se realizan mediante la obtención de datos de ensayos aplicados en laboratorio de la E.F.P. Ingeniería Civil, las cuales se detalla:

#### 3.6.1. AGREGADO FINO.

##### 3.6.1.1. GRANULOMETRIA.

El agregado estará graduado dentro de los límites indicados en la NTP 400.012 o ASTM C136. La granulometría seleccionada será preferentemente uniforme o continua, con valores retenidos en las mallas N° 4 a N° 100 de la serie Tyler. Se recomiendan para el agregado los siguientes límites.

El porcentaje retenido en dos mallas sucesivas no excederá del 45%, el porcentaje indicado para las mallas N° 50 y N° 100 podrá ser reducido a 5% y 0% respectivamente.

*Tabla 15. % Que Pasa Agregado Fino - Granulometría*

Malla	Diámetros	Porcentaje que pasa %
9,52 mm	3/8"	100
4,76 mm	N° 4	95 a 100
2,36 mm	N° 8	80 a 100
1,18 mm	N° 16	50 a 85
595 micrones	N° 30	25 a 60
297 micrones	N° 50	10 a 30
149 micrones	N° 100	2 a 10

Fuente: NTP 400.012 o ASTM C136.

El módulo de fineza no deberá ser menor de 2,3 ni mayor de 3,1 logrando mantener los límites de más o menos 0,2 del valor asumido para la selección de las proporciones de la mezcla.

**3.6.1.2. TAMAÑO MAXIMO.**

De acuerdo a la norma NTP 400.037 el tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de agregado grueso. (*Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 76*).

**3.6.1.3. TAMAÑO MAXIMO NOMINAL.**

De acuerdo a la Norma NTPP 400.037 se entiende por tamaño máximo nominal al que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. (*Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 76*).

**3.6.1.4. MÓDULO DE FINEZA.**

Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas de las series estandarizadas, dividido entre 100.

Las series estandarizadas consisten en mallas, cada una es el doble del tamaño de la precedente:

100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8", hasta la malla de tamaño más grande según la norma NTP 400.011. Los valores típicos tienen un rango entre 2,3 y 3,1 donde el valor más alto indica una gradación más gruesa.

#### **3.6.1.5. PESO UNITARIO.**

El peso unitario varía según las condiciones intrínsecas del agregado como: su forma, su granulometría y tamaño máximo con el volumen del recipiente, la forma de colocación; por lo que su determinación en el laboratorio no siempre corresponde al que se obtiene en condiciones de obra.

- Peso Unitario Suelto:

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$P.U.S = f \times W_s$$

- Peso Unitario Compactado:

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$P.U.C = f \times W_s$$

#### **3.6.1.6. PESO ESPECÍFICO.**

La Norma Técnica Peruana, establece el método de ensayo para determinar el peso específico

(densidad); peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas en agua del agregado fino.

- Peso específico aparente:

$$\text{Peso Especifico Aparente} = \frac{A}{(V - W) - (500 - A)}$$

- Peso específico de masa:

$$\text{Peso Especifico de Masa } (G) = \frac{A}{V - W}$$

- Peso específico de masa saturado superficialmente seco:

$$G_{SSS} = \frac{500}{V - W}$$

### **3.6.1.7. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.**

Según la NTP, podemos definir la absorción, como la cantidad de agua absorbida por el agregado sumergido en el agua durante 24 horas.

Se expresa como un porcentaje del peso del material seco, que es capaz de absorber, de modo que se encuentre el material saturado superficialmente seco.

$$\text{Porcentaje de Absorcion } (a\%) = 100x \frac{500 - A}{A}$$

### 3.6.1.8. CONTENIDO DE HUMEDAD.

Se puede definir el contenido de humedad, como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%).

### 3.6.2. AGREGADO GRUESO.

#### 3.6.2.1. GRANULOMETRIA.

El agregado grueso estará graduado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037 o ASTM C 33. La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua y deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de la mezcla.

**Tabla 16.** % Que Pasa Agregado Grueso - Granulometría

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL (pulg.)	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS (ASTM C33, NTP 400.037)												
	100 mm (4")	90 mm (3 ½")	75 mm (3")	63 mm (2 ½")	50 mm (2")	37.5 mm (1 ½")	25 mm (1")	19 mm (¾")	12.5 mm (½")	9.5 mm (¾")	4.75 mm N°4	2.36 mm N°8	1.18 mm N°16
3 ½" - 1 ½"	100	90 - 100		25 - 60		0 - 15		0 - 5					
2 ½" - 1 ½"			100	90 - 100	35 - 70	0 - 15		0 - 5					
2" - 1"				100	90 - 100	35 - 70	0 - 15		0 - 5				
2" - N°4				100	95 - 100		35 - 70		10 - 30		0 - 5		
1 ½" - ¾"					100	90 - 100	20 - 55	0 - 15		0 - 5			
1 ½" - N°4					100	95 - 100		35 - 70		10 - 30	0 - 5		
1" - ½"						100	90 - 100	20 - 55	0 - 10	0 - 5			
1" - 3/8"						100	90 - 100	40 - 85	10 - 40	0 - 15	0 - 5		
1" - N°4						100	95 - 100		25 - 60		0 - 10	0 - 5	
¾" - 3/8"							100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	0 - 5		
¾" - N°4							100	90 - 100		20 - 55	0 - 10	0 - 5	
½" - N°4								100	90 - 100	40 - 70	0 - 15	0 - 5	
3/8" - N°8									100	85 - 100	10 - 30	0 - 10	0 - 5

Fuente: NTP 400.012 o ASTM C136.

La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de ¼".

El módulo de fineza no deberá ser menor de 2,3 ni mayor de 3,1 logrando mantener los límites de más o menos 0,2 del valor asumido para la selección de las proporciones de la mezcla.

#### **3.6.2.2. TAMAÑO MAXIMO.**

De acuerdo a la norma NTP 400.037 el tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de agregado grueso. (*Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 76*).

#### **3.6.2.3. TAMAÑO MAXIMO NOMINAL.**

De acuerdo a la Norma NTPP 400.037 se entiende por tamaño máximo nominal al que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. (*Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 76*).

#### **3.6.2.4. MÓDULO DE FINEZA.**

Es un concepto teórico determinado en un índice que refleja el tamaño de las partículas del agregado

grueso, el módulo de fineza conforme a la norma NTP 400.011 es la sumatoria de los porcentajes retenidos de la malla 1 ½ ” , ¾”, 3/8”, N° 4 , N° 8, N° 16 , N° 30, N° 50, N° 100. El módulo de finura del agregado grueso es útil en las mezclas de concreto y se obtiene, conforme a la norma NTP 400.011

$$\text{Modulo de Finura} = \frac{\sum \% \text{ Retenido Acumulado}}{100}$$

#### **3.6.2.5. PESO UNITARIO.**

El valor del peso unitario para agregados normales oscila entre 1 500 y 1 700 Kg/m<sup>3</sup>. La norma NTP 400.017 reconoce dos grados: suelto y compactado.

- Peso Unitario Suelto:

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$P. U. S = f x W_s$$

- Peso Unitario Compactado:

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$P. U. C = f x W_s$$

#### **3.6.2.6. PESO ESPECÍFICO.**

El valor del peso específico para agregados normales oscila entre 2 500 y 2 750. A

continuación, se muestra las expresiones que se utilizan para calcular los tres estados de pesos específicos al igual como hemos aplicado anteriormente con el agregado fino.

$$\text{Peso Especifico de Masa } (G) = \frac{A}{(B - C)}$$

$$\text{P. E. M. Sat. Superf. Seco } (G_{ss}) = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Peso Especifico de Masa } (G) = \frac{A}{A - C}$$

#### **3.6.2.7. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.**

Según la NTP, podemos definir la absorción, como la cantidad de agua absorbida por el agregado sumergido en el agua durante 24 horas.

Se expresa como un porcentaje del peso del material seco, que es capaz de absorber, de modo que se encuentre el material saturado superficialmente seco.

$$\text{Porcentaje de Absorcion } (a\%) = 100x \frac{500 - A}{A}$$

#### **3.6.2.8. CONTENIDO DE HUMEDAD.**

Se puede definir el contenido de humedad, como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%).

### **3.6.3. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.**

#### **3.6.3.1. VOLÚMENES ABSOLUTOS.**

Todos los métodos de diseño de mezclas exactos, se basan en el principio de considerar en el cálculo, los volúmenes de los componentes sin incluir los vacíos entre ellos, de manera que sumados conjuntamente con el aire que atrapa el concreto suministren la unidad de medida que se esté adoptando, que usualmente es  $1\text{ m}^3$ .

#### **3.6.3.2. LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO.**

Se establecen una serie de criterios para elegir la relación a/c más recomendable para cada caso particular y así tener alternativas de decisión al respecto cuando las condiciones particulares así lo exijan.

#### **3.6.3.3. LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y EL TAMAÑO MÁXIMO.**

Dentro de la granulometría, un factor importante, es el tamaño máximo del agregado y su forma.

Está justificado experimentalmente que este factor influya en la cantidad de agua que requiere la mezcla para satisfacer condiciones de trabajabilidad, y así cuanto mayor sea el tamaño

del agregado y más redondeado, menor será el requerimiento de agua.

#### **3.6.3.4. LA TRABAJABILIDAD Y SU TRASCENDENCIA.**

Finalmente, en relación a los parámetros básicos y las tablas recomendadas hay que tener siempre presente que los diseños de mezcla los hacemos inicialmente asumiendo que las condiciones de temperatura y humedad son las estándar (20° centígrados), lo cual difiere por lo general de las condiciones reales, por lo que no deben perderse de vista nunca estos factores al diseñar y evaluar un diseño de mezcla, ya que puede trastornar nuestras premisas y resultados.

#### **3.6.3.5. AJUSTES DE MEZCLAS DE PRUEBA.**

El diseño de mezcla que mencionamos sirve para calcular las proporciones de los diferentes materiales que componen el concreto, permiten conocer unas cantidades que teóricamente producen un concreto con las propiedades deseadas. Sin embargo, existen algunos factores de los materiales que no se detectan en los ensayos y que traen como consecuencia un

concreto con propiedades algo diferentes a las esperadas.

### **3.6.4. CONCRETO FRESCO.**

#### **3.6.4.1. ASENTAMIENTO – NTP N° 339.045.**

El método de determinación empleado, es el ensayo del "Cono de Abrams" ó "Slump" (ASTM C -143) que define la consistencia de la mezcla por 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. Por consiguiente, se puede definir el asentamiento, como 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. Es una prueba sencilla que se usa tanto en el campo como en el laboratorio. Se puede clasificar al concreto de acuerdo a su consistencia en tres grupos:

- Concretos consistentes o secos, con asentamiento de 0" a 2".
- Concretos plásticos, con asentamiento de 3" a 4".

- Concretos fluidos, con asentamientos con más de 5".

#### **3.6.4.2. PESO UNITARIO DEL CONCRETO – NTP N° 3390.46**

Según la Norma ASTM 138-63, que 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 concreto.

#### **3.6.4.3. CONTENIDO DE AIRE – NTP N° 339.083**

El objeto de este ensayo es determinar el contenido de aire atrapado en una mezcla fresca, con cualquier tipo de agregado.

El control del contenido de aire en el concreto fresco es esencial para mantener la calidad deseada.

El aire presente en los vacíos de la pasta de un concreto puede tener su origen en las siguientes causas:

- Aire original en los espacios de cemento y agregados, pero después depositados en la pasta antes de endurecer.
- Aire originalmente presente en los espacios ínter granulares del cemento y agregados.
- Aire originalmente disuelto en el agua de la mezcla.
- Aire incorporado en el concreto durante los procesos de mezcla y colocación.

### **3.6.5. ENSAYO EN CONCRETO ENDURECIDO**

#### **3.6.5.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.**

El método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto corresponde a la NTP 339.034, la presente norma establece un procedimiento para determinar la resistencia del concreto sometido a compresión.

Durante la presente tesis se consiguió tener las tolerancias de una probeta de acuerdo a las edades de las muestras, para esto tenemos la siguiente

tabla, que nos indicara las tolerancias que debemos tener y como menciona la norma NTP N° 339.034.

*Tabla 17. Tolerancia Permisible en la Resistencia a la Compresión*

EDAD DE ENSAYO	TOLERANCIA PERMISIBLE
24 Horas	± 0,5 h ó 2,1 %
3 Días	± 2 h ó 2,8 %
7 Días	± 6 h ó 3,6 %
28 Días	± 20 h ó 3,0 %
90 Días	± 2 h ó 2,2 %

*Fuente: Norma ACI 211.1*

### **3.6.5.2. FRAGUADO DEL CONCRETO – NTP 339.082**

Según la norma NTP 339.082, es el proceso del estado plástico al estado endurecido de una pasta de cemento.

El endurecimiento es el aumento de resistencia de una pasta de cemento fraguada. Cuando una muestra de cemento se mezcla con agua, se forma una pasta plástica; ésta se va perdiendo a medida que pasa el tiempo, hasta llegar un momento en que la pasta pierde su viscosidad y se eleva su temperatura; el tiempo transcurrido desde la adición del agua se llama “TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL”, e indica que el cemento se encuentra parcialmente hidratado y la pasta semidura.

Posteriormente, la pasta sigue endureciendo hasta que deja de ser deformable con cargas relativamente pequeñas, se vuelve rígida y llega al máximo de temperatura; el tiempo así transcurrido desde la mezcla con agua se denomina "TIEMPO DE FRAGUADO FINAL", el cual indica que el cemento se encuentra aún más hidratado (aunque no totalmente) y la pasta ya está dura.

### **3.7. TRATAMIENTO ESTADISTICO DE DATOS**

Consiste en reemplazar los datos obtenidos de los ensayos en las fórmulas respectivas, obteniendo resultados; los cuales de acuerdo a la naturaleza del ensayo fueron aceptados como "Resultados Iniciales" o fueron sometidos a otros tratamientos para aceptarlos como tales. Este procedimiento lo hemos realizado con la ayuda de un procesador.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE CUADROS**

Para el presente proyecto de tesis se realizaron los ensayos para el tratamiento estadístico e interpretación en las instalaciones del laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

##### **4.1.1. EXTRACCIÓN DE AGREGADO.**

Los agregados tradicionales que se producen en la cantera de Cochamarca son ideales, el lavado mediante mangueras y motobomba garantiza la calidad del agregado. Hoy en día la cantera de Cochamarca abastece a gran parte de las

construcciones que se realizan en la provincia de Pasco abarcando en el mercado cada día más.

**i. Ubicación Política**

Región : Pasco  
Provincia : Pasco  
Distrito : Vicco  
Lugar : Cochamarca

**ii. Ubicación Geográfica**

*Tabla 18. Ubicación UTM de Cantera - Vicco*

ESTE	NORTE	ALTURA
360497.27	8799482.75	4114.00

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

**iii. Acceso**

Esta cantera se encuentra a 10 min de la carretera Huayllay – Pasco, esta corta distancia le da accesibilidad rápida a la ciudad de Cerro de Pasco y a la vez a distintos distritos de la ciudad.

Para llegar a la ciudad de Cerro de Pasco se toma la siguiente ruta:

- Salir de la cantera de Vicco por una carretera a nivel de trocha hasta empalmar con la vía asfaltada variante Vicco – Huayllay.
- Seguir por la vía variante Vicco – Huayllay hasta alcanzar la carretera central.

- Seguir por la carretera central hasta llegar al cruce de Huánuco.
  - Desde el cruce de Huánuco tomar el desvío hacia la ciudad de Cerro de Pasco.
  - Desde la ciudad de Cerro de Pasco se puede tomar los diferentes caminos para llegar a otros distritos.
- iv. Área de explotación:** 300 hectáreas aproximadamente.
- v. Propietario:** Comunidad de Cochamarca.
- vi. Tiempo de producción:** 08 años aproximadamente

#### 4.1.2. PROPIEDADES DEL AGREGADO.

##### ○ CONTENIDO DE HUMEDAD

M-1	M-2	M-3	PROMEDIO
3.30%	3.37%	3.37%	3.35%

**Tabla 19.** Contenido de Humedad de Agregado Fino  
Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

M1	M2	M3	PROM.
1.02%	0.94%	0.94%	0.97%

**Tabla 20.** Contenido de Humedad de Agregado Grueso  
Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

##### ○ GRANULOMETRÍA

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	
Nº 4	4.750	79.50	7.9	7.95	92.05	Tamaño maximo = ----
Nº 8	2.380	166.90	16.7	24.64	75.36	Tamaño Maximo Nominal = ----
Nº 16	1.190	236.10	23.6	48.25	51.75	Modulo de Fineza = 3.28
Nº 30	0.595	215.10	21.5	69.75	30.25	OBSERVACIONES:
Nº 50	0.297	144.70	14.5	84.22	15.78	
Nº 100	0.148	87.00	8.7	92.92	7.08	
FONDO	0.074	70.80	7.1	100.00	0.00	

**Tabla 21.** Granulometría Agregado Fino.  
Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	
1"	25.400	0.00	0.0	0.00	100.00	Tamaño máximo = 1"
3 / 4"	19.050	0.00	0.0	0.00	100.00	Tamaño Máximo Nominal = 1"
1 / 2"	12.700	1172.00	46.9	46.88	53.12	Modulo de Fineza = 6.68
3 / 8"	9.525	634.00	25.4	72.24	27.76	
Nº 4	4.750	584.00	23.4	95.60	4.40	
FONDO		110.00	4.4	100.00	0.00	

**Tabla 22. Granulometría Agregado Grueso.**  
Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

○ **PESO UNITARIO SUELTO**

**Tabla 23. P.U.S – Agregado Grueso**

M-1	M-2	M-3	PROMEDIO
3.300%	3.370%	3.365%	3.345%

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

**Tabla 24. P.U.S – Agregado Fino.**

M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO
1.749	1.753	1.750	1.751

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

○ **PESO COMPACTADO**

**Tabla 25. P.U.C. - Piedra Chancada**

M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO
1.552	1.563	1.552	1.555

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

○ **PESO ESPECIFICO NOMINAL**

**Tabla 26. P.U.S - Agregado**

M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO
1.749	1.753	1.750	1.751

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

**Tabla 27. P.E.N. - Piedra Chancada**

M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO
2.606	2.559	2.637	2.601

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

○ **ABSORCIÓN**

*Tabla 28. P.U.S - Agregado*

M1	M2	M3	PROMEDIO
2.67%	2.67%	2.67%	2.67%

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

*Tabla 29. Absorción - Piedra Chancada*

M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO
1.42%	0.52%	2.04%	1.33%

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

**4.1.3. DISEÑO DE MEZCLAS.**

○ **DATOS GENERALES.**

*i. Cemento:*

- a. Portland Tipo 1 –ANDINO
- b. Peso Específico = 3.11 gr/cm<sup>3</sup>.

*ii. Agregado:* ídem sub capítulo: 4.1.2. Propiedades del Agregado.

*iii. Procedimiento de dosificación:* Una secuencia de pasos a seguir se han establecidos, en el método del ACI, para obtener una adecuada dosificación, así tenemos:

- a. Elección del asentamiento.
- b. Elección del Tamaño Máximo del agregado.
- c. Estimación del agua de mezclado y del contenido de aire.
- d. Elección de la relación agua/cemento (A/C).
- e. Calculo del contenido de cemento.

- f. Estimación del contenido del agregado grueso
- g. Estimación del contenido del agregado fino.
- h. Ajuste por el contenido de humedad del agregado
- i. Ajuste en la mezcla de prueba.

**iv. Diseños Para la Relaciones A/C**

**Tabla 30.** Diseño de Concreto para la Relación A/C 0.40

DISEÑO DE MEZCLA					
RELACION A/C 0.40					
I	Relación agua/cemento	0.4			
II	Asentamiento	3" a 4"			
III	Tamaño Nominal Máximo	1"			
IV	Aire atrapado	1.5%			
V	Agua de diseño (lts.)	272			
VI	Cantidad de Cemento = (5)/(1) kg	680.00			
VII	Volumen Absolutos de agua, cemento y aire en m3				
	<b>Volumen del agua en m3</b>	272 /	1000 =	0.272	
	Volumen del cemento en m3	680.00 /	3110 =	0.219	
	Volumen del aire en m3		1.5% =	0.015	
	<b>TOTAL EN M3</b>		<b>=</b>	<b>0.506</b>	
VIII	Volúmenes Absolutos de los Agregados en m3				
	Volumen de los agregados	1 -	0.506 =	0.494	
IX	Calculo de los volúmenes de los agregados. Fino (vf) y Grueso (vg)				
	Tenemos:	Vf +	Vg =	0.494	(A)
		$\frac{56}{100} =$	$\frac{2,670 \times Vf}{2,670 \times Vf + 2790 \times Vg}$		(B)
	Resolviendo (A) y (B):				
	Vf =	0.282			
	Vg =	0.212			
X	Pesos Secos de los agregados				
	Peso de la Arena en Kg =	0.282 x	2,670 =	753.41	
	Peso de la Piedra en Kg =	0.212 x	2,790 =	591.97	
XI	Aporte de agua de los agregados				
	Aporte de la Arena en lt: =	753.41 x (1.45-0.41)/10(=	7.835		
	Aporte de la Piedra en lt =	591.97 x (0.14-0.57)/10(=	-2.545		
	<b>TOTAL APORTE (W) =</b>		<b>5.29</b>		
XII	Corrección del agua de diseño				
	Agua en lts =	272 -	5.29 =	266.71	
XIII	Pesos Húmedos de los agregados				
	Peso de la Arena en Kg =	753.41 x (1+0.0145) =	764.34		
	Peso de la Piedra en Kg =	591.97 x (1+0.0014) =	592.79		

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

**Tabla 31. Proporciones para la relación a/c 0.40**

DOSIFICACION DE CONCRETO PARA 1 M3			
MATERIAL	VOLUMEN	PESO SECO	PESO HUMEDO
CEMENTO	0.219	680.00	680.00
AGUA	0.272	272.00	266.71
ARENA	0.282176382	753.41	764.34
PIEDRA	0.212	591.97	592.79
<b>SUMA</b>	<b>0.985</b>	<b>2297.38</b>	<b>2303.84</b>
%DE AIRE		=	1.5%
SLUMP		=	3 11/4"

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

**Tabla 32. Diseño de Concreto para la Relación A/C 0.45**

DISEÑO DE MEZCLA			
RELACION A/C 0.45			
I	Relación agua/cemento	0.45	
II	Asentamiento	3" a 4"	
III	Tamaño Nominal Máximo	1"	
IV	Aire atrapado	1.5%	
V	Agua de diseño (lts.)	258	
VI	Cantidad de Cemento = (5)/(1) kg	573.33	
VII	Volumen Absolutos de agua, cemento y aire en m3		
	<b>Volumen del agua en m3</b>	258 / 1000 =	0.258
	Volumen del cemento en m3	573.33 / 3110 =	0.184
	Volumen del aire en m3	1.5% =	0.015
	<b>TOTAL EN M3</b>	=	<b>0.457</b>
VIII	Volúmenes Absolutos de los Agregados en m3		
	Volumen de los agregados	1 - 0.457 =	0.543
IX	Calculo de los volúmenes de los agregados. Fino (vf) y Grueso (vg)		
	Tenemos:	Vf + Vg =	0.543 <b>(A)</b>
		$\frac{56}{100} = \frac{2,670 \times Vf}{2,670 \times Vf + 2,790 \times Vg}$	<b>(B)</b>
	Resolviendo (A) y (B):		
	Vf =	0.310	
	Vg =	0.233	
X	Pesos Secos de los agregados		
	Peso de la Arena en Kg =	0.310 x 2,670 =	827.02
	Peso de la Piedra en Kg =	0.233 x 2,790 =	649.80
XI	Aporte de agua de los agregados		
	Aporte de la Arena en lt: =	827.02 x (1.45-0.41)/10(=	8.601
	Aporte de la Piedra en lt =	649.80 x (0.14-0.57)/10(=	-2.794
	<b>TOTAL APORTE (W) =</b>	<b>5.81</b>	
XII	Corrección del agua de diseño		
	Agua en lts =	258 - 5.81 =	252.19
XIII	Pesos Húmedos de los agregados		
	Peso de la Arena en Kg =	827.02 x (1+0.0145) =	839.01
	Peso de la Piedra en Kg =	649.80 x (1+0.0014) =	650.71

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

Tabla 33. Proporciones para la relación a/c 0.45

DOSIFICACION DE CONCRETO PARA 1 M3			
MATERIAL	VOLUMEN	PESO SECO	PESO HUMEDO
CEMENTO	0.184	573.33	573.33
AGUA	0.258	258.00	252.19
ARENA	0.30974497	827.02	839.01
PIEDRA	0.233	649.80	650.71
<b>SUMA</b>	<b>0.985</b>	<b>2308.15</b>	<b>2315.25</b>
%DE AIRE		=	1.5%
SLUMP		=	3 11/4"

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

Tabla 34. Diseño de Concreto para la Relación A/C 0.50

DISEÑO DE MEZCLA			
RELACION A/C 0.5			
I	Relación agua/cemento	0.5	
II	Asentamiento	3" a 4"	
III	Tamaño Nominal Máximo	1"	
IV	Aire atrapado	1.5%	
V	Agua de diseño (lts.)	261	
VI	Cantidad de Cemento = (5)/(1) kg	522.00	
VII	Volumen Absolutos de agua, cemento y aire en m3		
	<b>Volumen del agua en m3</b>	261 / 1000 =	0.261
	Volumen del cemento en m3	522.00 / 3110 =	0.168
	Volumen del aire en m3	1.5% =	0.015
	<b>TOTAL EN M3</b>	=	<b>0.444</b>
VIII	Volúmenes Absolutos de los Agregados en m3		
	Volumen de los agregados	1 - 0.444 =	0.556
IX	Calculo de los volúmenes de los agregados. Fino (vf) y Grueso (vg)		
	Tenemos:	Vf + Vg =	0.556 (A)
		$\frac{56}{100} = \frac{2,670 \times Vf}{2,670 \times Vf + 2790 \times Vg}$	(B)
	Resolviendo (A) y (B):		
	Vf =	0.317	
	Vg =	0.239	
X	Pesos Secos de los agregados		
	Peso de la Arena en Kg =	0.317 x 2,670 =	847.60
	Peso de la Piedra en Kg =	0.239 x 2,790 =	665.97
XI	Aporte de agua de los agregados		
	Aporte de la Arena en lt: =	847.60 x (1.45-0.41)/10(=	8.815
	Aporte de la Piedra en lt =	665.97 x (0.14-0.57)/10(=	-2.864
	<b>TOTAL APORTE (W) =</b>		<b>5.95</b>
XII	Corrección del agua de diseño		
	Agua en lts =	261 - 5.95 =	255.05
XIII	Pesos Húmedos de los agregados		
	Peso de la Arena en Kg =	847.60 x (1+0.0145) =	859.89
	Peso de la Piedra en Kg =	665.97 x (1+0.0014) =	666.91

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

Tabla 35. Proporciones para la relación a/c 0.50

DOSIFICACION DE CONCRETO PARA 1 M3			
MATERIAL	VOLUMEN	PESO SECO	PESO HUMEDO
CEMENTO	0.168	522.00	522.00
AGUA	0.261	261.00	255.05
ARENA	0.317454166	847.60	859.89
PIEDRA	0.239	665.97	666.91
<b>SUMA</b>	<b>0.985</b>	<b>2296.58</b>	<b>2303.85</b>
%DE AIRE		=	1.5%
SLUMP		=	3 11/4"

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

Tabla 36. Diseño de Concreto para la Relación A/C 0.55

DISEÑO DE MEZCLA		RELACION A/C 0.55	
I	Relación agua/cemento	0.55	
II	Asentamiento	3" a 4"	
III	Tamaño Nominal Máximo	1"	
IV	Aire atrapado	1.5%	
V	Agua de diseño (lts.)	240	
VI	Cantidad de Cemento = (5)/(1) kg	436.36	
VII	Volumen Absolutos de agua, cemento y aire en m3		
	<b>Volumen del agua en m3</b>	240 / 1000 =	0.240
	Volumen del cemento en m3	436.36 / 3110 =	0.140
	Volumen del aire en m3	1.5% =	0.015
	<b>TOTAL EN M3</b>	=	<b>0.395</b>
VIII	Volúmenes Absolutos de los Agregados en m3		
	Volumen de los agregados	1 - 0.395 =	0.605
IX	Calculo de los volúmenes de los agregados. Fino (vf) y Grueso (vg)		
	Tenemos:	Vf + Vg =	0.605 (A)
		$\frac{56}{100} = \frac{2,670 \times Vf}{2,670 \times Vf + 2790 \times Vg}$	(B)
	Resolviendo (A) y (B):		
	Vf =	0.345	
	Vg =	0.260	
X	Pesos Secos de los agregados		
	Peso de la Arena en Kg =	0.345 x 2,670 =	921.57
	Peso de la Piedra en Kg =	0.260 x 2,790 =	724.09
XI	Aporte de agua de los agregados		
	Aporte de la Arena en lt: =	921.57 x (1.45-0.41)/10(=	9.584
	Aporte de la Piedra en lt =	724.09 x (0.14-0.57)/10(=	-3.114
	<b>TOTAL APORTE (W) =</b>	=	<b>6.47</b>
XII	Corrección del agua de diseño		
	Agua en lts =	240 - 6.47 =	233.53
XIII	Pesos Húmedos de los agregados		
	Peso de la Arena en Kg =	921.57 x (1+0.0145) =	934.94
	Peso de la Piedra en Kg =	724.09 x (1+0.0014) =	725.11

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

Tabla 37. Proporciones para la relación a/c 0.55

DOSIFICACION DE CONCRETO PARA 1 M3			
MATERIAL	VOLUMEN	PESO SECO	PESO HUMEDO
CEMENTO	0.140	436.36	436.36
AGUA	0.240	240.00	233.53
ARENA	0.345158516	921.57	934.94
PIEDRA	0.260	724.09	725.11
<b>SUMA</b>	<b>0.985</b>	<b>2322.03</b>	<b>2329.94</b>
%DE AIRE		=	1.5%
SLUMP		=	3 11/4"

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

## 4.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Para el presente proyecto de tesis, luego de una previa recolección de datos y análisis de los mismos se obtuvo los resultados en el cual a continuación se detallara las relaciones de agua/cemento de 0.40; 0.45; 0.50; 0.55. Para el cual se realizó ensayos a compresión a los 7, 14 y 28 días de edad.

Tabla 38. Resultados Resistencia a la Compresión de mezclas relación a/c 0.40

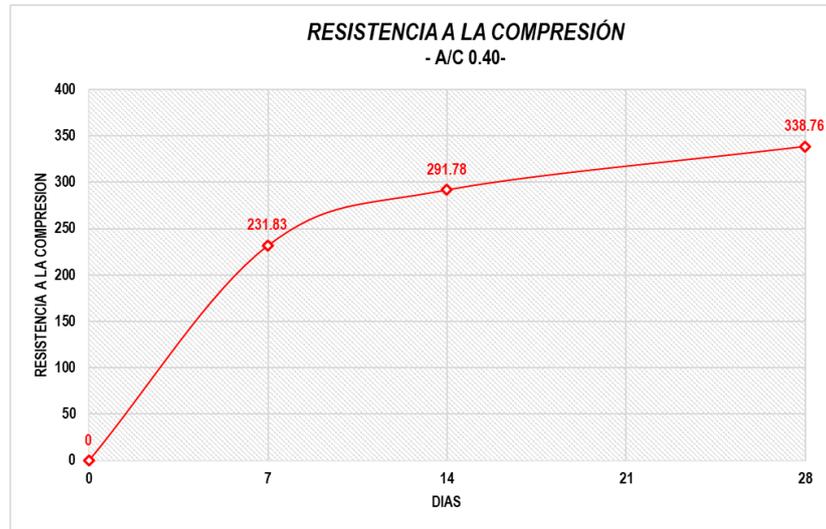
A/C	N° DE CILINDRO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIAMETRO (Cm)	ALTURA (Cm)	AREA cm	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm2)	% DE RESISTENCIA OBTENIDA	PROMEDIO
					PROMEDIO	PROMEDIO					
0.40	1A	15/10/2018	22/10/2018	7	15.20	30.00	181.5	43000	236.97	112.84%	231.83
	2A	15/10/2018	22/10/2018	7	15.20	30.00	181.5	42200	232.56	110.74%	
	3A	15/10/2018	22/10/2018	7	15.20	30.00	181.5	41000	225.95	107.59%	
0.40	4A	15/10/2018	29/10/2018	14	15.10	30.50	179.1	54600	304.89	145.19%	291.78
	5A	15/10/2018	29/10/2018	14	15.00	30.20	176.7	47600	269.36	128.27%	
	6A	15/10/2018	29/10/2018	14	14.90	30.00	174.4	52500	301.09	143.38%	
0.40	7A	15/10/2018	12/11/2018	28	15.00	30.10	176.7	58400	330.48	157.37%	338.76
	8A	15/10/2018	12/11/2018	28	15.30	30.40	183.9	59500	323.63	154.11%	
	9A	15/10/2018	12/11/2018	28	15.00	30.40	176.7	64000	362.17	172.46%	

Fuente: Propia.

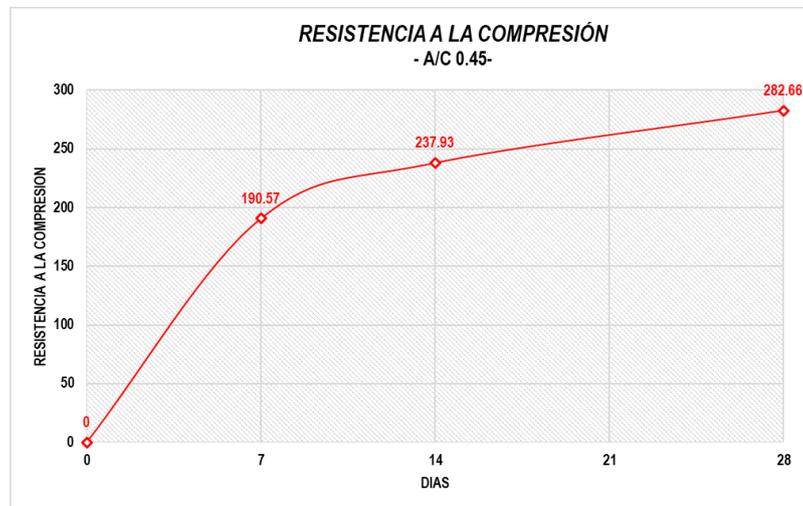
Tabla 39. Resultados Resistencia a la Compresión de mezclas relación a/c 0.45

A/C	N° DE CILINDRO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIAMETRO (Cm)	ALTURA (Cm)	AREA cm	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm2)	% DE RESISTENCIA OBTENIDA	PROMEDIO
					PROMEDIO	PROMEDIO					
0.45	1B	15/10/2018	22/10/2018	7	14.90	30.00	174.4	34800	199.58	95.04%	190.57
	2B	15/10/2018	22/10/2018	7	15.10	30.20	179.1	33400	186.51	88.81%	
	3B	15/10/2018	22/10/2018	7	15.00	30.20	176.7	32800	185.61	88.39%	
0.45	4B	15/10/2018	29/10/2018	14	15.20	30.10	181.5	46000	253.50	120.72%	237.93
	5B	15/10/2018	29/10/2018	14	14.40	30.50	162.9	35200	216.14	102.92%	
	6B	15/10/2018	29/10/2018	14	14.80	30.40	172.0	42000	244.14	116.26%	
0.45	7B	15/10/2018	12/11/2018	28	15.10	30.60	179.1	53100	296.52	141.20%	282.66
	8B	15/10/2018	12/11/2018	28	15.10	30.50	179.1	50300	280.88	133.75%	
	9B	15/10/2018	12/11/2018	28	15.40	30.50	186.3	50400	270.58	128.85%	

FUENTE: Propia.



**Gráfico 3.** Resistencia a la Compresión de mezclas relación a/c 0.40  
Fuente: Propia.

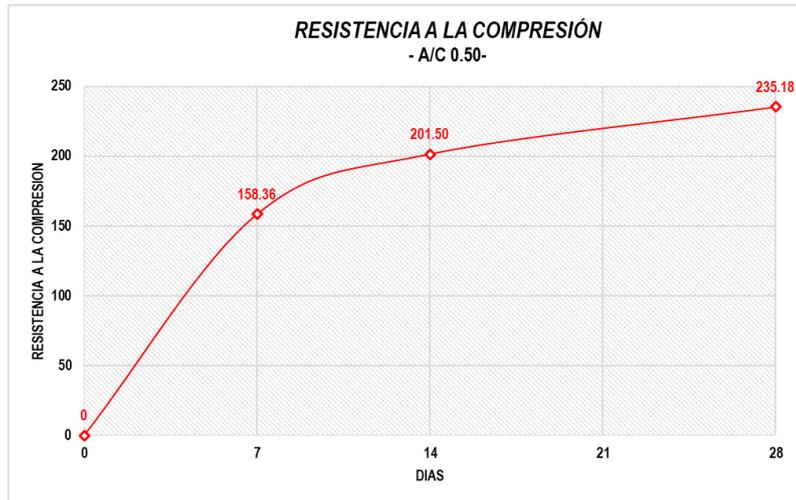


**Gráfico 4.** Resistencia a la Compresión de mezclas relación a/c 0.45  
Fuente: Propia.

**Tabla 40.** Resultados Resistencia a la Compresión de mezclas relación a/c 0.50

A/C	N° DE CILINDRO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIAMETRO (Cm)	ALTURA (Cm)	AREA cm	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm <sup>2</sup> )	% DE RESISTENCIA OBTENIDA	PROMEDIO
					PROMEDIO	PROMEDIO					
0.50	1C	15/10/2018	22/10/2018	7	15.10	30.10	179.1	28200	157.47	74.99%	158.36
	2C	15/10/2018	22/10/2018	7	15.10	30.20	179.1	28400	158.59	75.52%	
	3C	15/10/2018	22/10/2018	7	15.00	30.50	176.7	28100	159.01	75.72%	
0.50	4C	15/10/2018	29/10/2018	14	15.20	30.20	181.5	35900	197.84	94.21%	201.50
	5C	15/10/2018	29/10/2018	14	15.10	30.00	179.1	36800	205.50	97.86%	
	6C	15/10/2018	29/10/2018	14	15.20	29.95	181.5	36500	201.15	95.78%	
0.50	7C	15/10/2018	12/11/2018	28	15.10	30.60	179.1	42100	235.09	111.95%	235.18
	8C	15/10/2018	12/11/2018	28	15.20	30.50	181.5	42300	233.11	111.01%	
	9C	15/10/2018	12/11/2018	28	15.10	30.10	179.1	42500	237.33	113.01%	

Fuente: Propia.

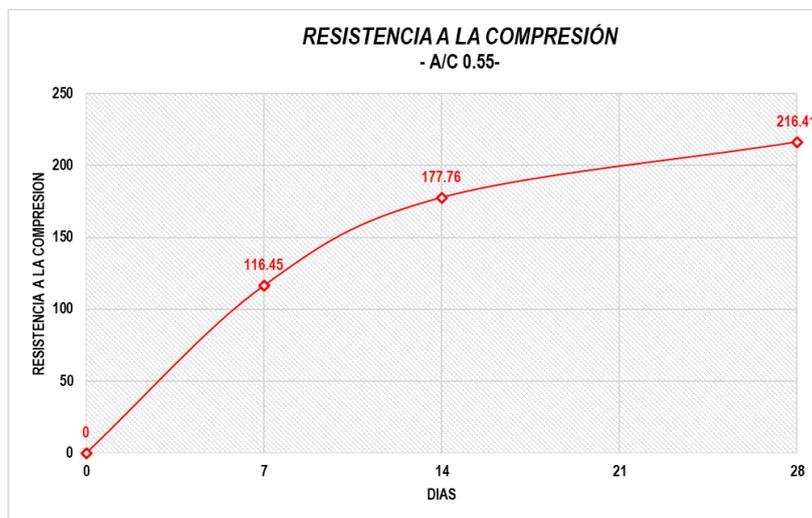


**Grafico 5.** Resistencia a la Compresión de mezclas relación a/c 0.50  
Fuente: Propia.

**Tabla 41.** Resultados Resistencia a la Compresión de mezclas relación a/c 0.55

A/C	N° DE CILINDRO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIAMETRO (Cm)	ALTURA (Cm)	AREA cm	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm2)	% DE RESISTENCIA OBTENIDA	PROMEDIO
					PROMEDIO	PROMEDIO					
0.55	1D	15/10/2018	22/10/2018	7	15.20	30.10	181.5	20800	114.63	54.58%	116.45
	2D	15/10/2018	22/10/2018	7	15.00	30.30	176.7	20400	115.44	54.97%	
	3D	15/10/2018	22/10/2018	7	14.90	30.20	174.4	20800	119.29	56.80%	
0.55	4D	15/10/2018	29/10/2018	14	15.00	30.10	176.7	31600	178.82	85.15%	177.76
	5D	15/10/2018	29/10/2018	14	14.80	30.00	172.0	31200	181.36	86.36%	
	6D	15/10/2018	29/10/2018	14	15.10	30.20	179.1	31000	173.11	82.43%	
0.55	7D	15/10/2018	12/11/2018	28	15.20	30.20	181.5	39100	215.48	102.61%	216.41
	8D	15/10/2018	12/11/2018	28	15.10	30.00	179.1	39300	219.46	104.50%	
	9D	15/10/2018	12/11/2018	28	15.30	30.20	183.9	39400	214.30	102.05%	

Fuente: Propia.



**Grafico 6.** Resistencia a la Compresión de mezclas relación a/c 0.55  
Fuente: Propia.

Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión para las distintas relaciones a/c se han promediado y con estos resultados se han elaborado grafico de resistencia promedio ( $kg/cm^2$ ) vs edad (días) y otro grafico de resistencia promedio ( $kg/cm^2$ ) vs relación agua/cemento.

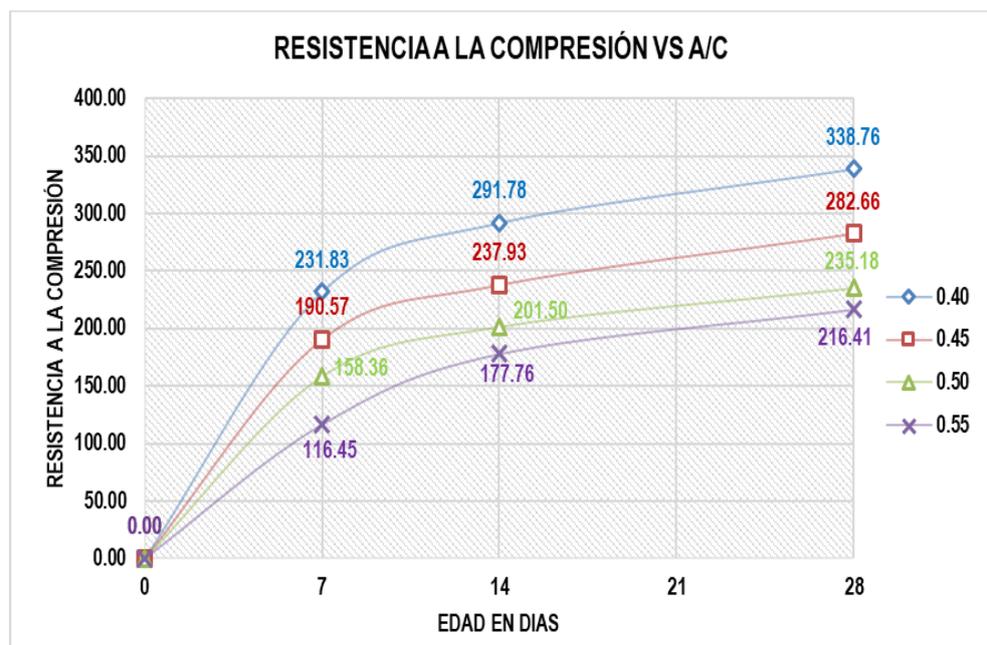


Grafico 7. Curva de resistencia a la compresión promedio vs edad (días).  
Fuente: Propia.

### 4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS

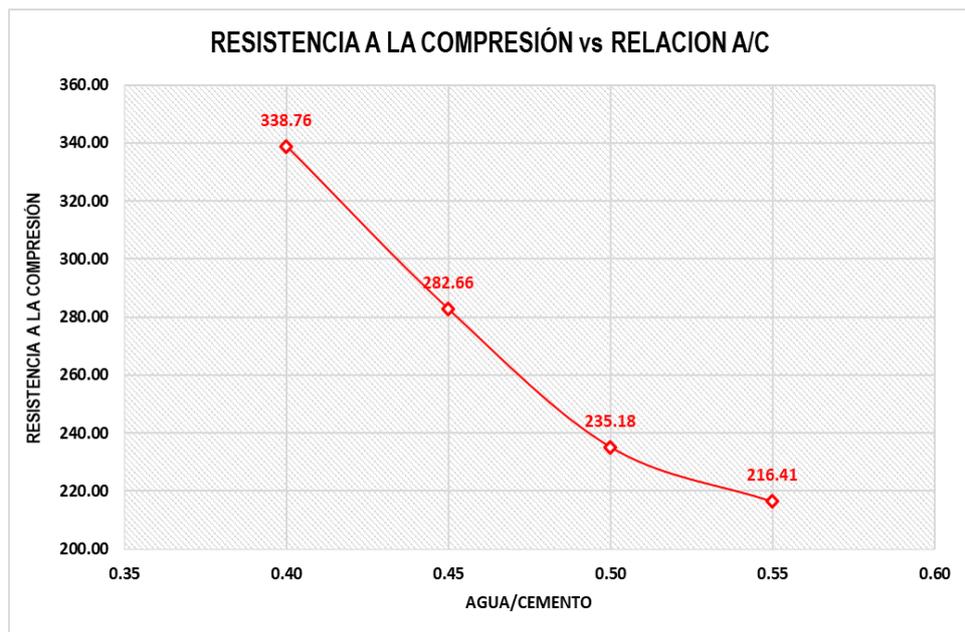
#### 4.3.1. HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADO.

El nivel de la variación de la resistencia a la compresión en relación de agua/cemento en la ciudad de Chaupimarca, es indirectamente proporcional.

#### 4.3.2. PRUEBA DEL HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADO.

Se puede observar que a menor relación a/c, mayor resistencia a la compresión en la misma edad del concreto en días.

Por el cual se puede evidenciar mediante el grafico 7 y la tabla 42; donde el cual se puede evidenciar lo planteado en la hipótesis: la variación de la resistencia a la compresión en relación de agua/cemento, es indirectamente proporcional; dando validez a lo planteado.



**Grafico 8.** Curva de resistencia a la compresión promedio vs relación a/c  
Fuente: Propia.

**Tabla 42.** Promedio de la Resistencia a la Compresión de los A/C.

EDAD (días)	0.40	0.45	0.50	0.55
0	0.00	0.00	0.00	0.00
7	231.83	190.57	158.36	116.45
14	291.78	237.93	201.50	177.76
28	338.76	282.66	235.18	216.41

Fuente: Propia.

Se puede observar que la curva es asciende hacia menor relación a/c similar al comportamiento de las curvas teóricas y que su disminución es más pronunciada para relaciones a/c mayores.

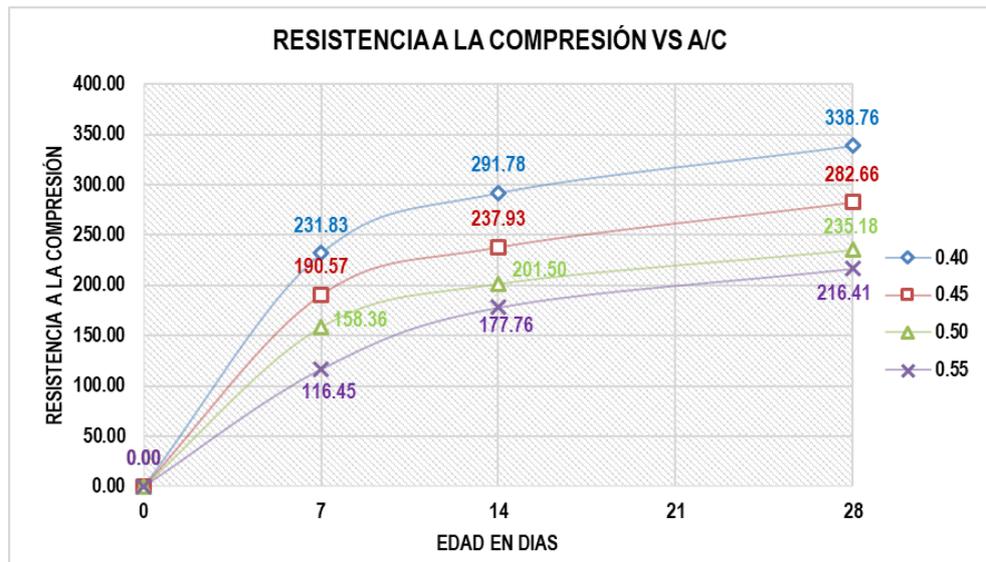
#### 4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tabla 43. Resistencia a la Compresión de los A/C.

A/C	N° DE CILINDRO	EDAD (días)	RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO		
0.40	1A	7	236.97	231.83		
	2A	7	232.56			
	3A	7	225.95			
	0.40	4A	14	304.89	291.78	
		5A	14	269.36		
		6A	14	301.09		
		0.40	7A	28	330.48	338.76
			8A	28	323.63	
			9A	28	362.17	
0.45	1B	7	199.58	190.57		
	2B	7	186.51			
	3B	7	185.61			
	0.45	4B	14	253.50	237.93	
		5B	14	216.14		
		6B	14	244.14		
	0.45	7B	28	296.52	282.66	
		8B	28	280.88		
		9B	28	270.58		
0.50		1C	7	157.47	158.36	
		2C	7	158.59		
		3C	7	159.01		
	0.50	4C	14	197.84	201.50	
		5C	14	205.50		
		6C	14	201.15		
	0.50	7C	28	235.09	235.18	
		8C	28	233.11		
		9C	28	237.33		
0.55	1D	7	114.63	116.45		
	2D	7	115.44			
	3D	7	119.29			
	0.55	4D	14	178.82	177.76	
		5D	14	181.36		
		6D	14	173.11		
	0.55	7D	28	215.48	216.41	
		8D	28	219.46		
		9D	28	214.30		

Fuente: Propia.

Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión para las distintas relaciones a/c se han promediado y con estos resultados se han elaborado grafico de resistencia promedio ( $kg/cm^2$ ) vs edad (días) y otro grafico de resistencia promedio ( $kg/cm^2$ ) vs relación agua/cemento.



**Grafico 9.** Curva de resistencia a la compresión promedio vs edad (días).  
Fuente: Propia.

#### 4.5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS

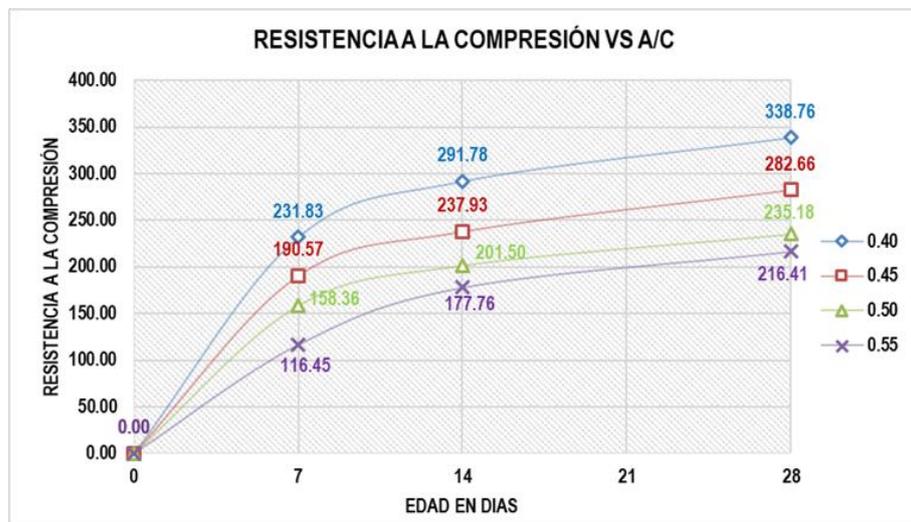
Para el presente trabajo de investigación de tesis se ha buscado correlacionar dos parámetros importantes en el diseño de mezcla de los materiales para la fabricación del concreto, las cuales son la resistencia a la compresión del concreto ( $f'_c$ ) la cual es la referencia principal para la evaluación de la calidad del concreto y la relación (A/C) la cual regula el comportamiento de los materiales.

La resistencia a la compresión diametral del concreto ( $f'_c$ ) es mayor en mezclas con mayor cantidad en peso de cemento, es decir a mayor relación de agua-cemento menor resistencia a la compresión diametral.

## CONCLUSIONES

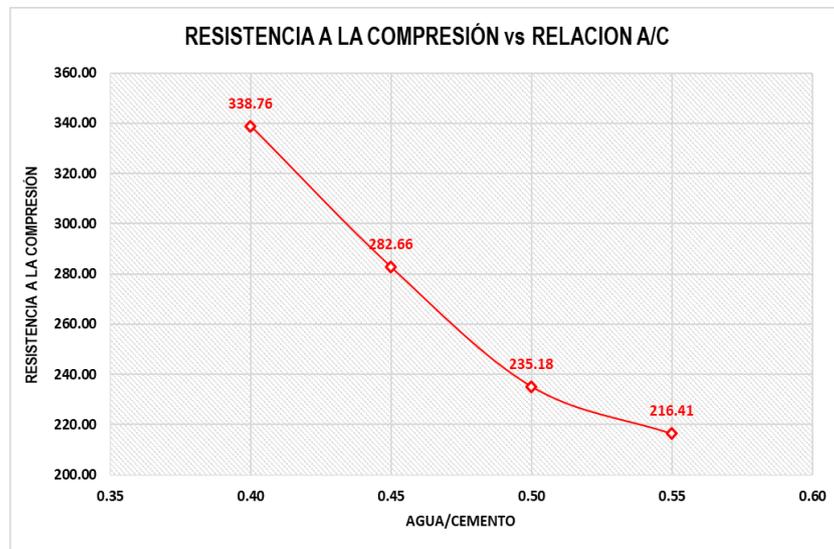
Al concluir el presente proyecto de tesis se llega a las siguientes conclusiones:

- La resistencia a la compresión diametral del concreto ( $f'_c$ ) es mayor en mezclas con mayor cantidad en peso de cemento, es decir a mayor relación de agua-cemento menor resistencia a la compresión diametral.

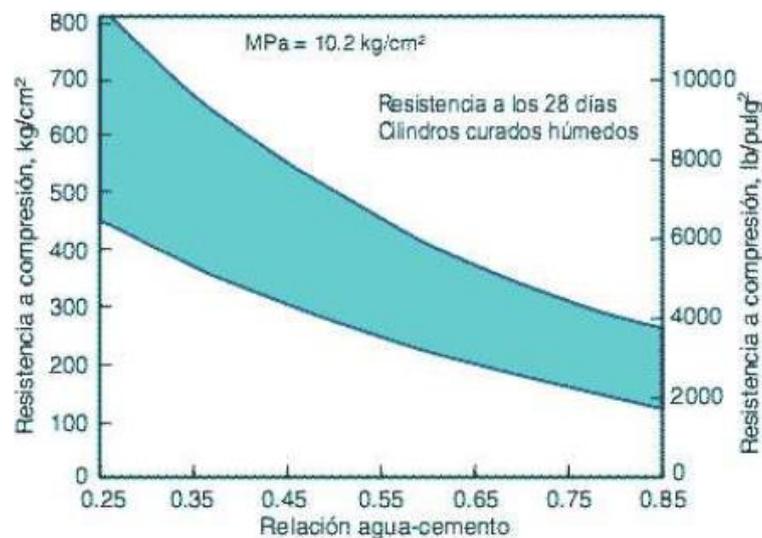


- El asentamiento sin relación con respecto al aumento de la relación AGUA-CEMENTO (A/C) en cuanto a que es cierto que a menor es la relación Agua-Cemento los concretos son menos trabajables, pero esto se logra variando la cantidad de agua de diseño para luego obtener concretos plásticos.
- El análisis de correlación y regresión de los resultados en la cual muestra la curva de correlación existente entre las dos variables resistencia a la compresión del concreto (28 días) y la relaciona agua-cemento A/C. En el eje de las abscisas tenemos las relaciones agua-cemento para el intervalo analizado de 0.40-0.55, en este rango y como

resultado de este estudio es posible plantear las relaciones agua-cemento necesarias que se encuentran entre este intervalo y hallar la resistencia probable del concreto.



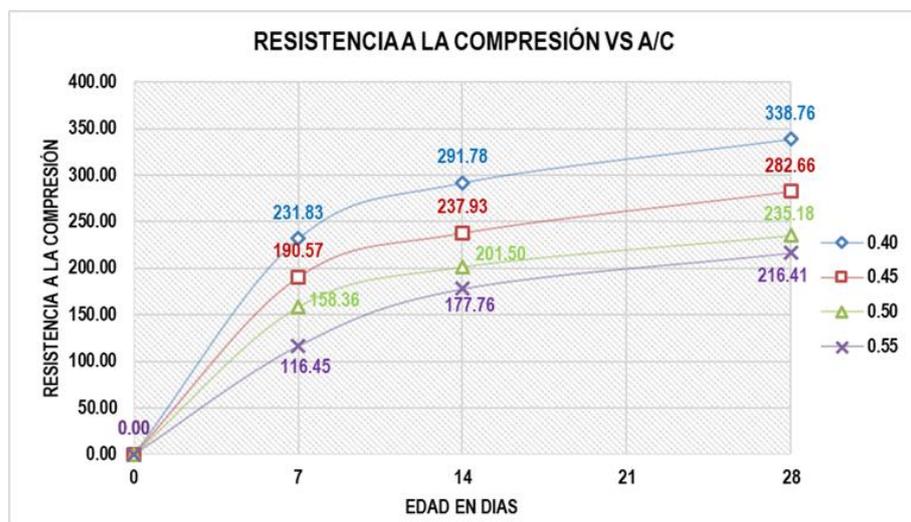
- Se puede observar que a mayor a/c, menor resistencia a la compresión del concreto. La curva generada es similar a curvas obtenidas en otras investigaciones como la gura siguiente de Kosmatka que nos da el espectro de rango de valores de resistencia la compresión vs relación a/c.



## RECOMENDACIONES

Al concluir el presente proyecto de tesis se llega a las siguientes recomendaciones:

- Para el diseño de concreto se debe tener en cuenta las propiedades físicas de los agregados, las cuales tienen que cumplir con las especificaciones ASTM C33. Ya que los agregados tienen una gran influencia en las propiedades del estado fresco y endurecido del concreto.
- Los diseños de mezclas de concreto de mediana a alta resistencia se recomienda utilizar la curva de tendencia lineal obtenida de la correlación de resistencia a la compresión vs A/C de 0.40 a 0.55; para cemento tipo I (andino), y agregados finos y gruesos correspondientes a la cantera de Cochamarca.



- Luego del análisis se recomienda la utilización de la correlación de la resistencia a la compresión vs edad del concreto para cada relación A/C.

- Las temperaturas en la ciudad de Chaupimarca es muy variable durante todo el año es por ello que en el día tenemos hasta 15 °C y en la noche puede llegar hasta 10 °C bajo cero, para el preparado del concreto sea en cualquiera de los casos de relación agua/cemento es recomendable trabajar entre las 9 am hasta las 3 pm para no tener problemas en el fraguado.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- I. BRUNO LEONARDO COSSIO TAPIA, Correlación entre el agua cemento y la resistencia a la compresión del concreto usando cemento puzolanico atlas (a/c de 0.40 a 0.55), Universidad Nacional de Ingeniería.
- II. NORMAS TÉCNICAS. Norma Técnica Peruana Indecopi. ASTM.
- III. NEVILLE ADAMS. Tecnología del Concreto. Editorial Trillas.1998.
- IV. PASQUEL CARVAJAL, Enrique. Control de Calidad del Concreto. Capitulo peruano ACI. 2000.
- V. RIVVA LÓPEZ, Enrique. Tecnología del Concreto. Diseño de mezclas. 2007.
- VI. RIVVA LÓPEZ, Enrique. La Naturaleza del Concreto y Materiales. Capítulo Peruano ACI. 2000.
- VII. PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS ACI. 211.1.
- VIII. GONZÁLES CUEVAS, Oscar y ROBLES, Francisco. Aspectos fundamentales del concreto reforzado. Segunda edición. México D.F. 1986.
- IX. NIÑO HERNÁNDEZ, Jairo René. Tecnología del Concreto – Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas, Tomo 1, Tercera edición.

## **ANEXO**



**Foto N°01: Análisis de muestras de agregados en el Laboratorio de Ing. Civil.**



**Foto N°02: Ensayo de granulometría.**



**Foto N°03: Ensayo de las muestras del agregado.**



**Foto N°04: Ensayo de las muestras del agregado**



**Foto N°05: Ensayo de las muestras del agregado.**



**Foto N°06: Ensayo de las muestras del agregado.**



**Foto N°07: Probetas para el ensayo de resistencia.**



**Foto N°08: Muestras de concreto vaciadas para el Ensayo de Resistencia**



**Foto N°09: Ensayo de la resistencia a la compresión.**



**Foto N°10: Ensayo de la resistencia a la compresión.**