

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**CIVIL**



**“INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD DE APLICACIÓN DE CARGA EN  
LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO  
PARA UN  $F'C=210\text{kg/cm}^2$  Y  $F'C=280\text{kg/cm}^2$ ”**

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

**PRESENTADO POR:**

**Bach. KEVIN WÍLINTON APAÉSTEGUI BARBOZA**

**ASESOR:**

**Dr. Ing. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO**

**CAJAMARCA- PERÚ**

**2022**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, hermana, y demás familiares que me apoyaron y me brindaron sus sabios consejos para seguir adelante en mi carrera profesional.

A la Universidad Nacional de Cajamarca por brindarme una excelente formación y convertirme en profesional.

A mi asesor Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno por su apoyo y orientación para el desarrollo de la presente investigación.

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la vida, la salud, y guiarme por el buen camino durante todas las etapas de mi vida.

A mis padres, Meladio y Olga por su infinito amor, esfuerzo que ponen cada día para salir adelante y la ayuda que me brindan para cumplir cada una de mis metas.

Hasta el cielo, a mi abuelita Zulema Cubas que me inculcó los valores desde muy pequeño para ser una persona de bien.

## INDICE

1.	CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.3.	HIPÓTESIS.....	15
1.4.	JUSTIFICACION DEL PROBLEMA.....	15
1.5.	ALCANCES Y DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.6.	LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION.....	17
1.7.	OBJETIVOS.....	17
1.7.1.	OBJETIVO GENERAL.....	17
1.7.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
2.	CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1.	ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	18
2.1.1.	ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	18
2.2.	BASES TEORICAS.....	19
2.2.1.	CONCRETO.....	19
2.2.2.	ESTRUCTURA DEL CONCRETO.....	20
2.2.3.	CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	29
2.2.4.	CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.....	33
2.2.5.	VELOCIDAD DE APLICACIÓN DE CARGA.....	40
2.2.6.	DISEÑO DE MEZCLA.....	40
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	48
3.	CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	50
3.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	50
3.1.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	50

3.1.2.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CANTERA DE ESTUDIO.....	50
3.2.	METODOLOGÍA .....	51
3.2.1.	TIPO, NIVEL, DISEÑO Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	51
3.2.2.	VARIABLES .....	51
3.2.3.	POBLACIÓN DE ESTUDIO .....	52
3.2.4.	MUESTRA .....	52
3.2.5.	UNIDAD DE ANÁLISIS .....	53
3.2.6.	PRENSA DE CONCRETO .....	53
3.3.	PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....	53
3.3.1.	CANTERA DE ESTUDIO. ....	53
3.3.2.	PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS. ....	53
3.3.3.	DISEÑO DE MEZCLA. ....	69
3.3.4.	ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO. 72	
3.3.5.	PESO UNITARIO DEL CONCRETO.....	75
3.3.6.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.....	76
3.4.	TRATAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS. ....	78
3.4.1.	TRATAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS. ....	78
3.4.2.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS. ....	79
4.	CAPÍTULO IV. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS .....	85
4.1.	ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS. ....	85
4.2.	ANALISIS Y RESULTADO DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO. ....	86

4.3.	ANÁLISIS Y RESULTADO DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.....	86
4.4.	ANÁLISIS Y RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	87
4.5.	DISCUSION DE RESULTADOS CONTRASTADOS CON LA HIPOTESIS	89
5.	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	90
5.1.	CONCLUSIONES.....	90
5.2.	RECOMENDACIONES.....	90
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
7.	ANEXO N° 01: PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS .....	96
8.	ANEXO N° 02: DISEÑO DE MEZCLA.....	108
9.	ANEXO N° 03: PESO UNITARIO DEL CONCRETO.....	110
10.	ANEXO N° 04: RESULTADO DE ENSAYOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN .....	112
11.	ANEXO N° 05: HOJA TECNICA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I ...	136
12.	ANEXO N° 06: CONSTANCIAS DEL LABORATORIO .....	137
13.	ANEXO N° 07: PANEL FOTOGRÁFICO.....	140

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Principales componentes del cemento Portland. (Neville y Brooks. 1998) ...	22
<b>Tabla 2</b> Límites aproximados de la composición del Cemento Portland. (Neville y Brooks. 1998).....	23
<b>Tabla 3</b> Tamices a utilizar para realizar el análisis granulométrico. (NTP.400.011. 2008).....	26
<b>Tabla 4</b> Requerimiento granulométrico para agregado fino. (NTP.400.037. 2018)....	27
<b>Tabla 5</b> Relación aproximada entre la resistencia promedio y la resistencia de diseño $f'_{cr}/f'_c$ . (ACI 318, 2002).....	42
<b>Tabla 6</b> Revenimiento para diferentes tipos de construcción. (ACI 211.1-91. 2002) .	42
<b>Tabla 7</b> Requisitos de agua de mezclado y contenido de aire. (ACI 211.1-91. 2002)	43
<b>Tabla 8</b> Contenido de aire para concreto sin aire incorporado. (ACI 211.1-91. 2002)	44
<b>Tabla 9</b> Relación agua-cemento en relación a la resistencia. (Rivva López, 2015). ...	44
<b>Tabla 10</b> Relación agua-cemento sujeto a exposiciones severas. (ACI 211.1-91. 2002) .....	45
<b>Tabla 11</b> Volumen de agregado grueso por volumen unitario del concreto. (ACI 211.1-91. 2002) .....	46
<b>Tabla 12</b> Cálculo del peso volumétrico del concreto fresco. (ACI 211.1-91. 2002)...	46
<b>Tabla 13</b> Cantidad de muestras utilizadas en la investigación. ....	52
<b>Tabla 14</b> Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso. (NTP 400.012, 2013)	54
<b>Tabla 15</b> Requerimiento granulométrico del agregado grueso. (NTP 400.037, 2018)	56
<b>Tabla 16</b> Masa de la carga dependiendo del tipo de gradación del agregado. (NTP 400.019, 2014).....	67
<b>Tabla 17</b> Gradación de las muestras de ensayo. (NTP 400.019, 2014) .....	67

<b>Tabla 18</b> Propiedades de los agregados de la Cantera Aguilar. ....	79
<b>Tabla 19</b> Materiales necesarios para metro cubico de concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ .....	80
<b>Tabla 20</b> Materiales necesarios para metro cubico de concreto $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ .....	80
<b>Tabla 21</b> Peso unitario del concreto en estado fresco .....	81
<b>Tabla 22</b> Peso unitario del concreto en estado endurecido .....	81
<b>Tabla 23</b> Resistencia a la compresión para probetas de concreto con $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ . .....	82
<b>Tabla 24</b> Resistencia a la compresión para probetas de concreto con $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ . .....	83
<b>Tabla 25</b> Ensayo N° 01 de análisis granulométrico de agregado fino.....	96
<b>Tabla 26</b> Ensayo N° 02 de análisis granulométrico de agregado fino.....	97
<b>Tabla 27</b> Ensayo N° 03 de análisis granulométrico de agregado fino.....	98
<b>Tabla 28</b> Ensayo de peso específico del agregado fino .....	99
<b>Tabla 29</b> Ensayo de absorción del agregado fino.....	99
<b>Tabla 30</b> Peso específico del agua.....	99
<b>Tabla 31</b> Factor “F” del recipiente del agregado fino .....	100
<b>Tabla 32</b> Ensayo peso unitario seco suelto del agregado fino.....	100
<b>Tabla 33</b> Ensayo peso unitario seco compactado del agregado fino .....	100
<b>Tabla 34</b> Ensayo del contenido de humedad del agregado fino.....	101
<b>Tabla 35</b> Ensayo de partículas que pasan la malla N°200 del agregado fino. ....	101
<b>Tabla 36</b> Ensayo N°01 de análisis granulométrico del agregado grueso.....	101
<b>Tabla 37</b> Ensayo N°02 de análisis granulométrico del agregado grueso.....	102
<b>Tabla 38</b> Ensayo N°03 de análisis granulométrico del agregado grueso.....	103
<b>Tabla 39</b> Ensayo del peso específico del agregado grueso .....	104



<b>Tabla 40</b> Ensayo de absorción del agregado grueso .....	105
<b>Tabla 41</b> Factor “P” del recipiente del agregado grueso. ....	105
<b>Tabla 42</b> Ensayo peso unitario seco suelto del agregado grueso. ....	105
<b>Tabla 43</b> Ensayo peso unitario seco compactado del agregado grueso .....	105
<b>Tabla 44</b> Ensayo del contenido de humedad del agregado grueso. ....	106
<b>Tabla 45</b> Ensayo de partículas que pasan la malla N°200 del agregado grueso .....	106
<b>Tabla 46</b> Ensayo de abrasion del agregado grueso.....	106
<b>Tabla 47</b> Peso Unitario del concreto en estado fresco para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ . ....	110
<b>Tabla 48</b> Peso Unitario del concreto en estado fresco para $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ . ....	110
<b>Tabla 49</b> Peso Unitario del concreto en estado endurecido para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	111
<b>Tabla 50</b> Peso Unitario del concreto en estado endurecido para $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	111
<b>Tabla 51</b> Resistencia a la compresión de concreto con $f'c=210\text{kg/cm}^2$ usando velocidad de carga 0.10-0.15 Mpa/s (1.02-1.53 kg/cm <sup>2</sup> /s). ....	112
<b>Tabla 52</b> Resistencia a la compresión de concreto con $f'c=210\text{kg/cm}^2$ usando velocidad de carga 0.15-0.20 Mpa/s (1.53-2.04 kg/cm <sup>2</sup> /s). ....	112
<b>Tabla 53</b> Resistencia a la compresión de concreto con $f'c=210\text{kg/cm}^2$ usando velocidad de carga 0.20-0.25 Mpa/s (2.04-2.55 kg/cm <sup>2</sup> /s). ....	113
<b>Tabla 54</b> Resistencia a la compresión de concreto con $f'c=210\text{kg/cm}^2$ usando velocidad de carga 0.25-0.30 Mpa/s(2.55-3.06 kg/cm <sup>2</sup> /s). ....	114
<b>Tabla 55</b> Resistencia a la compresión de concreto con $f'c=210\text{kg/cm}^2$ usando velocidad de carga 0.30-0.35 Mpa/s(3.06-3.57 kg/cm <sup>2</sup> /s). ....	114
<b>Tabla 56</b> Resistencia a la compresión de concreto con $f'c=210\text{kg/cm}^2$ usando velocidad de carga 0.35-0.40 Mpa/s(3.57-4.08 kg/cm <sup>2</sup> /s). ....	115

<b>Tabla 57</b> Resistencia a la compresión de concreto con $f^c=210\text{kg/cm}^2$ usando velocidad de carga 0.40-0.45 Mpa/s(4.08-4.59 kg/cm <sup>2</sup> /s). .....	116
<b>Tabla 58</b> Resistencia a la compresión de concreto con $f^c=280\text{kg/cm}^2$ usando velocidad de carga 0.10-0.15 Mpa/s(1.02-1.53 kg/cm <sup>2</sup> /s). .....	116
<b>Tabla 59</b> Resistencia a la compresión de concreto con $f^c=280\text{kg/cm}^2$ usando velocidad de carga 0.15-0.20 Mpa/s(1.53-2.04 kg/cm <sup>2</sup> /s). .....	117
<b>Tabla 60</b> Resistencia a la compresión de concreto con $f^c=280\text{kg/cm}^2$ usando velocidad de carga 0.20-0.25 Mpa/s(2.04-2.55 kg/cm <sup>2</sup> /s). .....	118
<b>Tabla 61</b> Resistencia a la compresión de concreto con $f^c=280\text{kg/cm}^2$ usando velocidad de carga 0.25-0.30 Mpa/s(2.55-3.06 kg/cm <sup>2</sup> /s). .....	118
<b>Tabla 62</b> Resistencia a la compresión de concreto con $f^c=280\text{kg/cm}^2$ usando velocidad de carga 0.30-0.35 Mpa/s(3.06-3.57 kg/cm <sup>2</sup> /s). .....	119
<b>Tabla 63</b> Resistencia a la compresión de concreto con $f^c=280\text{kg/cm}^2$ usando velocidad de carga 0.35-0.40 Mpa/s(3.57-4.08 kg/cm <sup>2</sup> /s). .....	120
<b>Tabla 64</b> Resistencia a la compresión de concreto con $f^c=280\text{kg/cm}^2$ usando velocidad de carga 0.40-0.45 Mpa/s(4.08-4.59 kg/cm <sup>2</sup> /s). .....	120

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Composicion del concreto simple. (Parker y Ambrose, 2008) .....	21
<b>Figura 2</b> Piedra de cantera de la isla de Portland (Kosmatka et al. 2004) .....	22
<b>Figura 3</b> Dimensiones en planta de cono a utilizar en ensayo. (NTP 339.035, 2009) 30	
<b>Figura 4</b> Dimensiones en perfil de cono a utilizar en ensayo. (NTP 339.035, 2009) . 31	
<b>Figura 5</b> Agua de exudación en la superficie del concreto. (Kosmatka et al. 2004).. 32	
<b>Figura 6</b> La resistencia del concreto aumenta con la edad. (Kosmatka et al. 2004). .. 36	
<b>Figura 7</b> Desarrollo de la resistencia a compresión de diferentes concretos expresado como porcentaje de la resistencia a los 28 días. (Kosmatka et al. 2004)..	37
<b>Figura 8</b> Molde utilizado para ensayos a compresión. (Abanto,2009).....	38
<b>Figura 9</b> Variación de resistencias para relaciones agua-cemento. (Kosmatka et al. 2004).....	38
<b>Figura 10</b> Ubicación geográfica de la investigación (Google maps) .....	50
<b>Figura 11</b> Ubicación geográfica de la cantera de estudio (Google maps) .....	51
<b>Figura 12</b> Ecuación de la gráfica resistencia a la compresión vs velocidad de carga para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	84
<b>Figura 13</b> Ecuación de la gráfica resistencia a la compresión vs velocidad de carga para $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .....	84
<b>Figura 14</b> Curva granulométrica de agregado fino del ensayo N°01. ....	96
<b>Figura 15</b> Curva granulométrica de agregado fino del ensayo N°02. ....	97
<b>Figura 16</b> Curva granulométrica de agregado fino del ensayo N°03 .....	98
<b>Figura 17</b> Curva granulométrica de agregado grueso del ensayo N°01 .....	102
<b>Figura 18</b> Curva granulométrica de agregado grueso del ensayo N°02. ....	103
<b>Figura 19</b> Curva granulométrica de agregado grueso del ensayo N°03. ....	104

<b>Figura 20</b> Toma de muestra del agregado fino de la cantera “Aguilar” .....	140
<b>Figura 21</b> Toma de muestra del agregado grueso de la cantera “Aguilar” .....	140
<b>Figura 22</b> Ensayo de análisis granulométrico del agregado fino .....	141
<b>Figura 23</b> Ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso .....	141
<b>Figura 24</b> Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino .....	142
<b>Figura 25</b> Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso .....	142
<b>Figura 26</b> Ensayo para la determinación del factor “f” del recipiente del agregado grueso.....	143
<b>Figura 27</b> Ensayo del peso unitario seco compactado del agregado fino .....	143
<b>Figura 28</b> Ensayo del peso unitario seco suelto del agregado grueso. ....	144
<b>Figura 29</b> Ensayo para la determinación del contenido de humedad del agregado grueso.....	144
<b>Figura 30</b> Elaboración de probetas de concreto en el laboratorio GUERSAN.....	145
<b>Figura 31</b> Medición del slump o asentamiento por parte del tesista. ....	145
<b>Figura 32</b> Probetas enrasadas listas para desencofrarlas .....	146
<b>Figura 33</b> Desencofrado y codificación de las probetas. ....	146
<b>Figura 34</b> Probetas colocadas al proceso de curado normal. ....	147
<b>Figura 35</b> Mediciones respectivas de las probetas con Vernier. ....	147
<b>Figura 36</b> .....	148
<b>Figura 37</b> Asesor y tesista en los ensayos a compresión al concreto .....	148

## RESUMEN

El concreto es el material más usado en el sector Construcción en el Perú y la resistencia a la compresión es la característica mecánica principal y se usa para controlar la calidad del concreto, un parámetro que afecta en la resistencia a la compresión en laboratorio es la velocidad de aplicación de carga que según la norma NTP 339.034(2015) esta debe estar en un rango de  $0.25 \pm 0.05$  MPa/s ( $2.55 \pm 0.51$  Kg/cm<sup>2</sup>/s) durante al menos la segunda mitad del ensayo, sin embargo, no se le da mucha importancia a este parámetro ya sea por las pocas investigaciones que hay acerca del tema o porque en laboratorio no cumplen con el rango especificado de la norma produciendo así variaciones en los ensayos a compresión. Es por ello, que el objetivo de esta investigación es determinar la variación que existe en los ensayos a compresión aplicando diversos rangos de velocidades de carga, por lo cual ensayamos 70 probetas de concreto, 35 con  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y 35  $f'_c=280$ kg/cm<sup>2</sup> con 7 rangos de velocidades de aplicación de carga que son: 0.10-0.15 Mpa/s(1.02-1.53 kg/cm<sup>2</sup>/s), 0.15-0.20 Mpa/s(1.53-2.04 kg/cm<sup>2</sup>/s), 0.20-0.25 Mpa/s(2.04-2.55 kg/cm<sup>2</sup>/s), 0.25-0.30 Mpa/s(2.55-3.06 kg/cm<sup>2</sup>/s), 0.30-0.35 Mpa/s(3.06-3.57 kg/cm<sup>2</sup>/s), 0.35-0.40 Mpa/s(3.57-4.08 kg/cm<sup>2</sup>/s) y 0.40-0.45 Mpa/s(4.08-4.59 kg/cm<sup>2</sup>/s), obteniéndose como resultados que para rangos de velocidades altas como son de 0.40-0.45Mpa/s(4.08-4.59 kg/cm<sup>2</sup>/s) la resistencia a la compresión aumenta en un 15.93% y 18.31% para concreto con  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> respectivamente y para para rangos de velocidades bajas como son de 0.10-0.15Mpa/s(1.02-1.53 kg/cm<sup>2</sup>/s) la resistencia a la compresión disminuye en un 3.09% y 0.50% para concreto con  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

**Palabras clave:** concreto, velocidad de carga, resistencia a la compresión, probetas.

## ABSTRACT

Concrete is the most used material in the Construction sector in Peru and the compressive strength is the main mechanical characteristic and is used to control the quality of the concrete, a parameter that affects the compressive strength in the laboratory is the speed of application of load that according to the NTP 339.034(2015) standard this must be in a range of  $0.25 \pm 0.05$  MPa/s ( $2.55 \pm 0.51$  Kg/cm<sup>2</sup>/s) during at least the second half of the test, however, it is not attaches great importance to this parameter either because of the few investigations on the subject or because in the laboratory they do not comply with the specified range of the standard, thus producing variations in the compression tests. That is why the objective of this research is to determine the variation that exists in the compression tests applying different ranges of load speeds, for which we tested 70 concrete specimens, 35 with  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> and 35  $f'_c=280$ kg/cm<sup>2</sup> with 7 load application speed ranges: 0.10-0.15 Mpa/s(1.02-1.53 kg/cm<sup>2</sup>/s), 0.15-0.20 Mpa/s(1.53-2.04 kg/cm<sup>2</sup>/ s), 0.20-0.25 Mpa/s(2.04-2.55 kg/cm<sup>2</sup>/s), 0.25-0.30 Mpa/s(2.55-3.06 kg/cm<sup>2</sup>/s), 0.30-0.35 Mpa/s(3.06-3.57 kg/cm<sup>2</sup> /s), 0.35-0.40 Mpa/s(3.57-4.08 kg/cm<sup>2</sup>/s) and 0.40-0.45 Mpa/s(4.08-4.59 kg/cm<sup>2</sup>/s), obtaining as results that for high speed ranges such as 0.40-0.45Mpa/s(4.08-4.59 kg/cm<sup>2</sup>/s) the compressive strength increases by 15.93% and 18.31% for concrete with  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> and  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> respectively and for low speed ranges such as 0.10-0.15Mpa/s(1.02-1.53 kg/cm<sup>2</sup>/s) the compressive strength decreases by 3.09% and 0.50% for concrete with  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> respectively.

**Key Words:** concrete, load speed, compressive strength, specimens.

## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El concreto es el material más usado en el sector Construcción en el Perú, por eso el cemento que es el componente fundamental del concreto ha aumentado su consumo interno en los inicios del año 2021, exactamente con un crecimiento del 21.12% debido al dinamismo en proyectos de construcción público y privados que se presentan en el país. (INEI, 2021).

La resistencia a la compresión se define como la capacidad para soportar una carga por una unidad de área, además es la característica mecánica principal del concreto, ya que los resultados se emplean para fines de control de calidad, para la aceptación del concreto o para estimar la resistencia a compresión en estructuras, las probetas utilizadas para ensayos que deben seguir los procedimientos descritos en la norma NTP 339.033: 2009: " *Practica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo*" y en la norma NTP 339.034: 2015: " *Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas del concreto*".

Uno de los principales factores que hacen variar la resistencia a la compresión del concreto es la velocidad de carga, ya que a velocidades de carga muy altas el  $f_c$  aumenta en un 20% o más, en laboratorio los ensayos de las probetas se realizan en un rango de velocidad especificada por la norma, sin embargo, en la realidad esta velocidad es distinta a la del ensayo ya que puede haber el caso de las cargas vivas, cargas de impacto o las cargas producidas por acciones sísmicas. (Ottazzi Pasino, 2004).

El parámetro de la velocidad de aplicación de carga en laboratorio es descuidado en la mayoría de ocasiones, ya que la velocidad de aplicación no es constante y varía, aumenta o disminuye en los diferentes ciclos del ensayo. Según la norma NTP 339.034

se considera la velocidad de aplicación de carga entre un rango de  $0.25 \pm 0.05$  MPa/s ( $2.55 \pm 0.51$  Kg/cm<sup>2</sup>/s) durante al menos la segunda mitad del ensayo. Sin embargo, los resultados que se obtienen al aplicar diversos rangos de velocidades son distintos. Por esto es necesario aplicar a las muestras diferentes velocidades de carga y así determinar la variación en la resistencia a la compresión.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es la variación de la resistencia a la compresión de probetas de concreto para  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  al utilizar diferentes velocidades de aplicación de carga?

## **1.3. HIPÓTESIS**

La velocidad de aplicación de carga hace variar a la resistencia a la compresión de probetas de concreto para  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y  $f'c=280\text{kg/cm}^2$ , obteniendo resultados mayores en un 15% al aplicar velocidades de carga 0.40-0.45Mpa/s(4.08-4.59 kg/cm<sup>2</sup>/s).

## **1.4. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA**

La presente investigación se justifica en la necesidad de conocer la resistencia a la compresión del concreto utilizando diversas velocidades de aplicación de carga, la norma NTP 339.034 nos menciona que la velocidad de aplicación de carga debe de estar en un rango de 0.20 Mpa/s a 0.30Mpa/s(2.04-3.06 kg/cm<sup>2</sup>/s) durante al menos la segunda mitad del ensayo; si bien es cierto no se puede trabajar a una velocidad de aplicación de carga constante, este rango es muy amplio y entendemos que podría existir una variación importante sobre la resistencia a la compresión, es por ello que en la presente investigación se pretende encontrar de forma experimental la resistencia a la compresión del concreto utilizando diferentes velocidades de aplicación de carga con rangos más cortos a los de la norma y así poder determinar la variación de la resistencia a



compresión, también se pretende conocer la velocidad de aplicación de carga óptima para llegar a la resistencia a la que fue diseñada, asegurándose así un correcto ensayo de especímenes de obra.

Es de gran importancia conocer la variación de la resistencia a la compresión al aplicar diferentes velocidades de carga para que en ensayos posteriores en laboratorio se tenga mucho cuidado acerca de este parámetro y así tener un criterio más adecuado cuando se realice ensayos a la compresión del concreto. Esta investigación es una contribución a la rama de la Ingeniería para mejorar los ensayos a compresión del concreto.

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

La investigación tuvo lugar en la ciudad de Cajamarca, provincia de Cajamarca y región Cajamarca, específicamente en el laboratorio de la empresa GUERSAN INGENIEROS SRL donde cuenta con los equipos e infraestructura necesaria para realizar la investigación, se ubica en el Psj. Diego Ferré N° 295.

Los ensayos se realizaron durante los meses de agosto a diciembre del año 2021, utilizando probetas de concreto con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  usando moldes con diámetro de 15 cm y una altura de 30cm, dichas probetas fueron elaborados con agregados (fino y grueso) de la cantera “Aguilar” ubicada en el trayecto de la vía Baños del Inca- Otuzco y con cemento Portland tipo I marca Pacasmayo.

Con las probetas de concreto obtenidas con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  se realizó el ensayo a compresión del concreto usando diferentes velocidades de aplicación de carga y así poder determinar la variación en la resistencia a la compresión del concreto.

## **1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION**

La investigación se realizó utilizando únicamente el cemento Portland Tipo I de la marca Pacasmayo y el agregado de origen fluvial de la cantera Aguilar, no pudiéndose generalizar estos datos para concreto con otro tipo de cemento y otros tipos de agregados.

Se realizaron los ensayos solo para concretos con un diseño de mezcla de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  y con velocidades de aplicación de carga que van desde 0.10Mpa/s - 0.15Mpa/s (1.02-1.53  $\text{kg/cm}^2/\text{s}$ ) hasta 0.40Mpa/s - 0.45Mpa/s (4.08-4.59  $\text{kg/cm}^2/\text{s}$ ).

## **1.7. OBJETIVOS**

### ***1.7.1. OBJETIVO GENERAL***

- Determinar la influencia de la velocidad de aplicación de carga en la resistencia a compresión de probetas de concreto para  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y  $f'c=280\text{kg/cm}^2$ .

### ***1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS***

- Determinar la resistencia a compresión a los 28 días del concreto para un  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  aplicando velocidades de carga de: 0.15-0.20 Mpa/s(1.53-2.04  $\text{kg/cm}^2/\text{s}$ ), 0.20-0.25 Mpa/s(2.04-2.55  $\text{kg/cm}^2/\text{s}$ ), 0.25-0.30 Mpa/s(2.55-3.06  $\text{kg/cm}^2/\text{s}$ ), 0.30-0.35 Mpa/s(3.06-3.57  $\text{kg/cm}^2/\text{s}$ ), 0.35-0.40 Mpa/s(3.57-4.08  $\text{kg/cm}^2/\text{s}$ ) y 0.40-0.45 Mpa/s(4.08-4.59  $\text{kg/cm}^2/\text{s}$ ).

- Determinar la resistencia a compresión a los 28 días del concreto para un  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  aplicando velocidades de carga de: 0.15-0.20 Mpa/s(1.53-2.04  $\text{kg/cm}^2/\text{s}$ ), 0.20-0.25 Mpa/s(2.04-2.55  $\text{kg/cm}^2/\text{s}$ ), 0.25-0.30 Mpa/s(2.55-3.06  $\text{kg/cm}^2/\text{s}$ ), 0.30-0.35 Mpa/s(3.06-3.57  $\text{kg/cm}^2/\text{s}$ ), 0.35-0.40 Mpa/s(3.57-4.08  $\text{kg/cm}^2/\text{s}$ ) y 0.40-0.45 Mpa/s(4.08-4.59  $\text{kg/cm}^2/\text{s}$ ).

## **CAPITULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS**

#### **2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Abdullah, Aiman (2020), en Brunéi, en su investigación: “Effects of specimen sizes and loading rates on compressive strength of concrete” (Efecto del tamaño de muestras y tasas de carga en la resistencia a compresión del concreto) menciona que los resultados obtenidos hasta entonces muestran diferencias significativas en los resultados de resistencia a la compresión debido al tamaño de muestra y diferentes tasas de carga, estas diferencias atribuyen a los factores como proporción de la mezcla y velocidad de carga. En este trabajo aplica tres velocidades de carga diferentes de 0.10, 0.30 y 0.50 Mpa/s para dos tipos de cubos de 100mm y 150mm de arista. El propósito de este experimento en particular fue determinar cualquier interrelación de resultados con respecto a diferentes tamaños de muestra a diferentes velocidades de carga. Los resultados del ensayo indican que a medida que aumenta la tasa de carga, la resistencia a la compresión también había aumentado, aunque nominalmente. Además, el uso de diferentes tamaños de muestra conduce a más diferencias significativas en la resistencia a la compresión en comparación con la utilización de muestras de tamaño similar a diferentes tasas de carga.

Cao, Shuai, et al (2018), en China, en su investigación: “Loading rate effect on uniaxial compressive strength behavior and acoustic emission properties of cemented tailings backfill” (Efecto de la tasa de carga sobre el comportamiento de la resistencia a la compresión uniaxial y las propiedades de emisión acústica del relleno de relaves cementados) estudió el comportamiento de la resistencia a la compresión y las características de emisión acústica(AE) de las muestras CTB (cemented tailings

backfill) utilizando cuatro tasas de carga diferente: 50 N/s, 100N/s, 150N/s y 200N/s sometidas a la prueba de compresión uniaxial. Los resultados experimentales del ensayo indican que hay una función de potencia entre la resistencia máxima a la compresión de las muestras de CTB y la tasa de carga, además también se indica que, con el aumento de la tasa de carga, el modo de falla de CTB es una transición de la mezcla de tracción y cizallamiento a la falla cortante tipo X.

Fischer, Ilja, et al (2014), en Austria, en su investigación: “Compressive strength of cement paste as a function of loading rate: Experiments and engineering mechanics analysis” (Resistencia a la compresión de la pasta de cemento en función de la tasa de carga: Experimentos y análisis mecánico de Ingeniería) investigó la resistencia a la compresión uniaxial de la pasta de cemento, determino los valores de resistencia de compresión uniaxial de probetas de pasta de cemento cilíndricas con relación agua-cemento=0.43 ensayadas dos días después de su producción, aplicando cargas de 0.01535 MPa/s a 77.371 Mpa/s obteniendo resultados entre los rangos de 15.76Mpa a 24.38Mpa. Nos explica también que estos resultados muestran que la fuerza disminuye al disminuir la tasa de carga porque la duración de la prueba aumenta y esto brinda la posibilidad de que los mecanismos de daño relacionados con la fluencia reduzcan la fuerza del material.

## **2.2. BASES TEORICAS**

### **2.2.1. CONCRETO**

El concreto o también llamado Hormigón es el material que está constituido por dos partes: una de ellas es el producto pastoso, que endurece a través del tiempo y la otra parte son partículas pétreas que quedan adheridas al producto pastoso, además la pasta está formada por agua y un producto aglomerante llamado cemento. Para el

endurecimiento del concreto el agua es de vital importancia y cumple doble función, una es la de dar fluidez y la otra de reaccionar químicamente con el producto aglomerante. (Porrero et al. 2014).

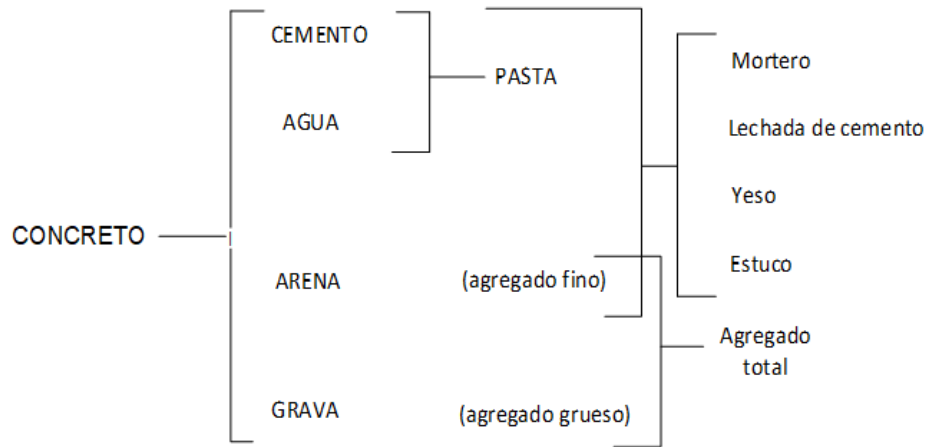
A juicio de (Ortega, 2014) define al concreto como un material sólido, que se asemeja a la piedra y es producto de un mezclado entre agregados, cemento, agua y aire. El concreto se puede moldear de acuerdo a las especificaciones y dimensiones que se requiera a diferencia de la piedra, para estas dimensiones requeridas se utiliza el encofrado.

### ***2.2.2. ESTRUCTURA DEL CONCRETO***

Para la formación del concreto es necesario del aglutinante la cual está formada por cemento y agua, esta reacción química produce la tenacidad de la masa. El aglutinante se mezcla con agregados que son partículas inertes de tal modo que tape las superficies y llene los vacíos que hay en el agregado. Para formar revoque, estuco, lechada de cemento, el agregado que se utiliza es la arena. Por otra parte, para la formación de concreto, el tamaño del agregado cambia hasta la categoría de grava. El resultado final es muy cambiante ya que depende de la selección de componentes básicos, modificaciones de la mezcla, el fraguado, y la posible incorporación de aditivos (Parker y Ambrose 2008).

## Figura 1

*Composicion del concreto simple. (Parker y Ambrose, 2008)*



### 2.2.2.1. CEMENTO.

El cemento es determinante en todas las características del concreto. Sin embargo, sólo constituye entre un 10 a un 20% del peso del concreto, siendo el material restante entre el 80 y 90% las cuales condicionan la posibilidad de que se desarrollen las propiedades del concreto. Se obtiene de materias primas encontradas en la naturaleza, la elaboración se desarrolla en plantas industriales de gran capacidad, en estas plantas se realiza un control estricto lo que conlleva en la calidad y confiabilidad del usuario. (Porrero et al. 2014).

#### 2.2.2.1.1. *Cemento Portland.*

Son cementos hidráulicos que está compuesto esencialmente de silicatos hidráulicos de calcio. Estos se fraguan y posteriormente se endurecen al reaccionar químicamente con el agua. Durante esta reacción llamada hidratación, el cemento se mezcla con el agua para formar una masa llamada pasta. Cuando se añade esta masa a los agregados (fino y grueso) la pasta actúa como adhesivo y une los agregados para así formar el concreto. (Kosmatka et al. 2004).

La hidratación inicia cuando el cemento se pone en contacto con el agua, en la superficie de las partículas de cemento se compone una camada fibrosa que progresivamente se propaga hasta que se une con la camada fibrosa de otra partícula de cemento, este crecimiento de las fibras tiene como resultado el endurecimiento y desarrollo progresivo de resistencia. (Kosmatka et al. 2004)

**Figura 2**

*Piedra de cantera de la isla de Portland (Kosmatka et al. 2004)*



**2.2.2.1.2. Composición del cemento Portland.**

Los principales componentes del cemento son cuatro y están se presentan también con sus fórmulas abreviadas por una letra; tenemos: CaO= C, SiO<sub>2</sub> = S, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = A y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> =F. De igual manera, H<sub>2</sub>O en el cemento hidratado se denomina H. (Neville y Brooks. 1998).

**Tabla 1**

*Principales componentes del cemento Portland. (Neville y Brooks. 1998)*

Nombre del componente	Composición oxida	Abreviatura
Silicato de tricalcio	3CaO. SiO <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> S
Silicato de bicalcio	2CaO. SiO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> S

Aluminio de tricalcio	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{A}$
Aluminoferrato	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$

Además de los componentes principales, existen componentes menores como MgO, TiO<sub>2</sub>, Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>O, que no representan más que un reducido porcentaje del total del cemento. De estos, existen dos de especial interés: estos son Na<sub>2</sub>O y K<sub>2</sub>O óxidos de sodio y potasio respectivamente, a estos se denominan álcalis que reaccionan con algunos agregados produciendo la reacción alcali-agregado la cual causa un deterioro del concreto. (Neville y Brooks. 1998).

**Tabla 2**

*Límites aproximados de la composición del Cemento Portland. (Neville y Brooks. 1998)*

Óxido	Contenido, porcentaje
CaO	60-67
SiO <sub>2</sub>	17-25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5-0.6
MgO	0.1-4.0
Alcalinos	0.2-1.3
SO <sub>3</sub>	1-3

### **2.2.2.1.3. Tipos de cemento Portland.**

Se elaboran distintos tipos de cementos portland para satisfacer diversos requisitos físicos y químicos para las diferentes aplicaciones. Los cementos portland se elaboran en concordancia con las normas ASTM C150, AASHTO M85 o ASTM C 1157. (Kosmatka et al. 2004)



La norma ASTM C 150, Especificaciones de Norma para el Cemento Portland (*Standard Specification for Portland Cement*) menciona ocho tipos de cementos, usando números romanos: (Kosmatka et al. 2004)

- Tipo I: Normal
- Tipo IA: Normal con aire incluido
- Tipo II: Moderada resistencia a los sulfatos
- Tipo IIA: Moderada resistencia a los sulfatos con aire incluido
- Tipo III: Alta resistencia inicial (alta resistencia temprana)
- Tipo IIIA: Alta resistencia inicial con aire incluido
- Tipo IV: Bajo calor de hidratación
- Tipo V: Alta resistencia a los sulfatos

Los cementos adicionados son resultado de la molienda conjunta y uniforme o por la unión de dos o más tipos de materiales finos. Los componentes principales son cemento portland, escoria granulada de alto horno, ceniza volante, humo de sílice, arcilla calcinada, otras puzolanas, etc. Estos cementos hidráulicos deben estar en conformidad con ASTM C595(AASHTO M240). La ASTM C595 nos menciona cinco clases de cementos adicionados que son normalizados en los siguientes tipos. (Kosmatka et al. 2004)

- Tipo IS: Cemento portland alto horno
- Tipo IP y Tipo P: Cemento Portland puzolánico
- Tipo I (PM): Cemento portland modificado con puzolana
- Tipo S: Cemento de escoria o siderúrgico
- Tipo I(SM): Cemento portland modificado con escoria

Por los años 90 se establecen las especificaciones de desempeño para los cementos hidráulicos-ASTM C 1157 (Performance Specification for Hydraulic Cements). Esta norma se produce para cementos hidráulicos que abarcan cemento portland, cemento portland modificado y cemento hidráulico mezclado. La ASTM C1157 expone seis tipos de cementos hidráulicos: (Kosmatka et al. 2004)

- Tipo GU: Uso general
- Tipo HE: Alta resistencia inicial
- Tipos MS: Moderada resistencia a los sulfatos
- Tipo HS: Alta resistencia a los sulfatos
- Tipo MH: Moderado calor de hidratación
- Tipo LH: Bajo calor de hidratación

#### **2.2.2.2. AGREGADOS**

Los agregados se dividen principalmente en dos tipos: agregados gruesos y agregados finos, estos ocupan en unión un total de 70 al 75% del volumen de masa endurecida, las propiedades físicas y la economía van directamente relacionados con la mejor compactación que los agregados puedan tener, siendo de gran importancia la granulometría de las partículas (Ortega 2014).

Si bien es cierto los diversos agregados son elementos inertes del concreto, la influencia que estos tienen en el concreto es de resaltar; sin embargo, durante bastantes años su estudio fue abandonado debido al bajo costo comparativo con el cemento. En la actualidad ya se conoce la influencia del agregado en el concreto en estado fresco y concreto en estado endurecido. (Portugal 2007).

Según la norma (NTP 400.011, 2008) los agregados también se denominan áridos, y es el conjunto de partículas de origen natural o artificial que pueden ser tratados o elaborados, las dimensiones están comprendidas según límites de su composición granulométrica.

**Tabla 3**

*Tamices a utilizar para realizar el análisis granulométrico. (NTP.400.011. 2008)*

<b>Agregado</b>	<b>Tamices normalizados</b>
<b>FINO</b>	150µm (N° 100)
	150µm (N° 50)
	150µm (N° 30)
	1,18 mm (N°16)
	2,36 mm (N° 8)
	4,75 mm (N° 4)
	9,50 mm ( 3/8 )
<b>GRUESO</b>	12,5 mm (1/2)
	19,0 mm (3/4)
	25,0 mm ( 1 )
	37,5 mm ( 1 ½ )
	50,0 mm ( 2 )
	63,0 mm ( 2 ½ )
	75,0 mm ( 3 )
	90,0 mm ( 3 ½ )
100,0 mm ( 4 )	

### 2.2.2.2.1. AGREGADO FINO

La norma (NTP 400.011, 2008) define al agregado fino como agregado artificial de piedras o rocas que se origina de la descomposición natural o artificial que además pasa al Tamiz NTP 9.5mm (3/8 pulg) y que también cumple los límites establecidos en la norma NTP 400.037.

La arena natural, manufacturada o la mezcla de estas dos pueden derivar el agregado fino, las partículas serán limpias, de perfil angular, duras y resistentes. El agregado fino tiene que estar exento de polvos, esquistos, pizarras, álcalis u otras sustancias dañinas. (Rivva López, 2015).

Según (Rivva López, 2015) el agregado fino tiene que estar graduado en los límites indicados en la Norma NTP 400.037. Además, recomienda tener presente lo siguiente:

- El agregado fino no tendrá que retener más del 45% en tamices que son consecutivos cualquiera que sea.
- Para el módulo de finura del agregado fino, este tiene que estar dentro del límite de más o menos 0.2; siendo recomendable que el valor que se obtiene este entre 2.35 y 3.15.

**Tabla 4**

*Requerimiento granulométrico para agregado fino. (NTP.400.037. 2018)*

<b>Tamiz</b>	<b>Porcentaje que pasa</b>
3/8"(9.5 mm)	100
N°4 (4.75mm)	95 a 100
N°8 (2.36mm)	80 a 100
N°16 (1.18mm)	50 a 85
N°30 (600um)	25 a 60
N°50 (300um)	5 a 30

#### **2.2.2.2.2. AGREGADO GRUESO**

La norma (NTP 400.011, 2008) define al agregado grueso como agregado retenido en la malla N°4 y que cumple con la norma NTP 400.037. El agregado grueso proviene de la desintegración natural o artificial de rocas.

El agregado grueso está constituido de piedra partida, grava triturada o natural, o agregados metálicos ya sea naturales o artificiales, además debe estar formado por partículas de perfil angular o semi angular, duras, compactas, resistentes y contextura rugosa. (Rivva López, 2015).

Para (Rivva López, 2015), el agregado grueso debe de estar graduado dentro de los límites respectivos, estos límites se presentan en la norma NTP 400.037 o en la ASTM C 33. También recomienda los puntos siguientes:

- La granulometría tiene que ser de preferencia continua.
- El tamaño máximo nominal no tiene que ser mayor a un quinto de la menor longitud entre caras de encofrado o en losas un tercio del espesor.
- El tamaño máximo nominal no tiene que ser mayor a tres cuartos del espacio mínimo entre barras o alambres de refuerzo.

#### **2.2.2.3. AGUA PARA MEZCLADO**

El agua usada en una mezcla para elaboración de concreto debe ser libre de aceites, limpia, ácidos, sales, álcalis y materias orgánicas, por consecuencia el agua es muy importante para el concreto, la función determinante es hidratar al cemento, pero también se utiliza para la trabajabilidad del concreto. (Harmsen, 2002)

Según la norma NTP (339.088, 2014) el agua de mezcla consiste de:

- Agua de tanda (medida y pesada en la planta de la dosificación)
- Hielo (cuando existe la presencia de climas cálidos)
- Agua adicionada por el operador del vehículo mezclador según sea el caso.
- Humedad libre de agregados
- Agua de constitución de aditivos cuando el aditivo aumenta la relación agua/materiales cementosos por más de 0.01.

### **2.2.3. CONCRETO EN ESTADO FRESCO**

Se llama concreto fresco a la mezcla de cemento, agua, agregados y aditivos (si es que presenta) mientras está en estado fluido, empieza cuando todos los componentes son unidos o mezclados hasta que se inicie el periodo plástico, en este lapso de tiempo el concreto es transportado a estructuras previamente encofradas y moldeadas para posteriormente ser compactado manualmente o mediante vibración. El comportamiento del concreto en estado fresco depende de varios factores como son características de mezclado, medio ambiente, diseño y condiciones de trabajo. (Porrero et al. 2014).

#### **2.2.3.1. TRABAJABILIDAD**

Trabajabilidad viene a ser la facilidad que el concreto tiene a la colocación, consolidación y acabado del mismo en su estado fresco, también se define como su resistencia a la segregación, además los ingredientes del concreto no deben de separarse cuando son transportados o manoseados. (Kosmatka et al. 2004).

(Rivva López, 2015) entiende por trabajabilidad a la propiedad del estado fresco del concreto que determina la capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y finalmente consolidado, con el más mínimo trabajo y un máximo de homogeneidad, así como también para que no se presente segregación en el concreto.

### 2.2.3.2. CONSISTENCIA

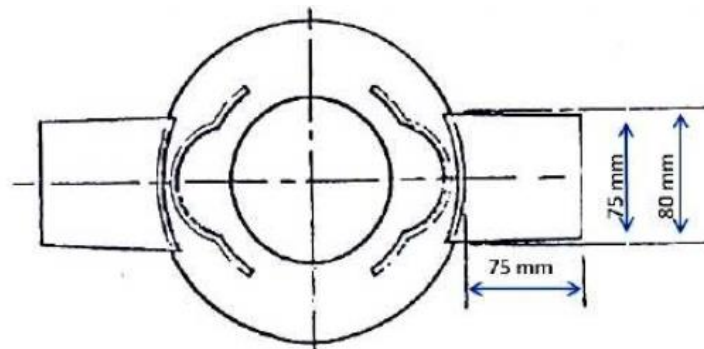
La consistencia es una propiedad del concreto que define la humedad por el grado de fluidez de la mezcla, para entender esto decimos que cuando más húmeda mayor es la facilidad con la que el concreto fluirá durante la colocación en campo. Está relacionado con la trabajabilidad, pero no es lo mismo ya que una mezcla trabajable puede ser consistente pero no toda mezcla consistente puede ser trabajable. (Rivva López, 2015)

El método empleado para determinar la consistencia es el cono de Asentamiento o también llamado método del cono de Abrams, el cual nos indica el asentamiento medido en milímetros o pulgadas de una mezcla de concreto colocada y compactada previamente en un molde metálico de dimensiones definidas. Para la actualidad existe una correlación entre criterios norteamericanos y la Norma Alemana, los cuales consideran que: (Rivva López, 2015).

- Consistencia seca de 1" a 2" (25mm a 50mm).
- Consistencia plástica de 3" a 4" (75mm a 100mm).
- Consistencia fluida de 6" a 7" (150mm a 175mm).

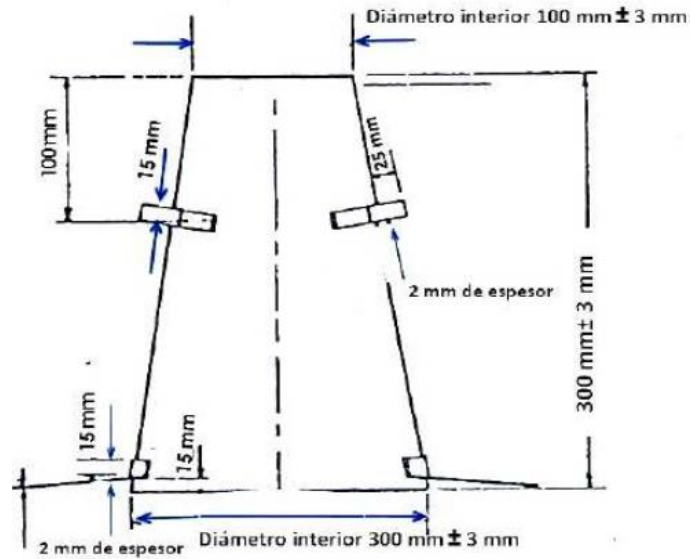
#### Figura 3

*Dimensiones en planta de cono a utilizar en ensayo. (NTP 339.035, 2009)*



## Figura 4

Dimensiones en perfil de cono a utilizar en ensayo. (NTP 339.035, 2009)



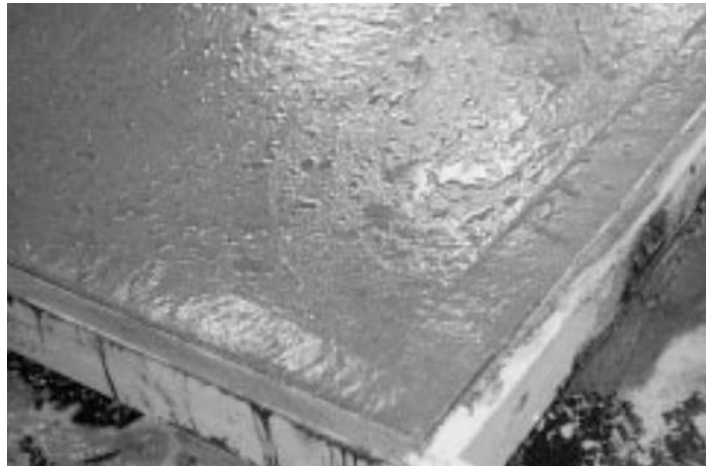
### 2.2.3.3. EXUDACIÓN

Es cuando hay un ascenso del agua a la cima de la superficie del concreto recién colocado, esto se debe a la sedimentación de partículas como cemento y agregado y a la vez una subida del agua a la superficie. Esta propiedad es normal y no debería bajar la calidad del concreto, es también importante para controlar fisuras por retracción plástica, pero si este ascenso aumenta demasiado en la superficie ocasiona problemas produciendo una superficie superior débil y con poca durabilidad. Para la disminución de la exudación o sangrado es importante utilizar agregados de adecuada granulometría, aditivos químicos específicos, aire incorporado y cementos más finos. (Kosmatka et al. 2004).



## **Figura 5**

*Agua de exudación en la superficie del concreto. (Kosmatka et al. 2004).*



### **2.2.3.4. SEGREGACIÓN**

La segregación es la separación de los componentes del concreto, se produce cuando la mezcla heterogénea deja de ser uniforme por la falta de cohesión, se produce este fenómeno cuando en el concreto existe diferencia en el tamaño de sus partículas. Existen también otras causas como son mal mezclado, transporte largo, colocación ineficiente y sobre vibración del consolidado. (Sánchez de Guzman, 2001).

(Abanto, 2009) define a la segregación como la descomposición del concreto fresco en agregado grueso y mortero, dicho fenómeno es dañino para el concreto porque produce capas arenosas, cangrejas, bolsones de agregado grueso, etc. En la etapa de diseño se puede de cierta manera corregir este fenómeno colocando mayor cantidad de finos como son cemento y agregado fino.

### **2.2.3.5. CONTRACCIÓN**

El concreto y en general todos los materiales mezclados con agua tienden a contraerse cuando estos están en proceso de endurecimiento, por ejemplo, en el concreto simple la contracción es de 2 % del volumen. En ciertas ocasiones es posible modificar el concreto

para compensar la contracción, se hacen con aditivos o cementos especiales que provocan una pequeña expansión y así evitan una contracción mucho mayor. (Parker y Ambrose 2008).

#### **2.2.4. CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO**

El endurecimiento del concreto se inicia desde el fraguado inicial hasta el mantenimiento e incrementación de las características resistentes, en este proceso la reacción predominante es la hidratación de los silicatos de calcio. En este tiempo de hidratación, se mantiene relativamente igual el volumen externo del concreto, pero de manera interna el volumen se aumenta constantemente con el tiempo provocando la reducción de la porosidad, para que esto se produzca es necesario una cantidad de agua suficiente para la reacción química, saliendo de aquí un tema muy importante como es el curado. (Pasquel, 1998)

Se denomina concreto en estado endurecido cuando la pasta pasa del estado plástico al propiamente dicho endurecimiento, es aquí cuando inicia a ganar resistencia y dureza, en este periodo aumenta progresivamente con el pasar de los días la propiedad de resistencia del concreto. (Ayuque Gomez, 2019).

##### **2.2.4.1. IMPERMEABILIDAD**

Es una propiedad del concreto en estado endurecido que cuando hay una reducción de la cantidad de agua en la mezcla esta propiedad se mejora y a la inversa si hay un aumento de agua la mezcla se vuelve permeable ya que el aumento de agua deja vacíos después de la evaporación y si estos vacíos cuando se unen va a permitir que el agua penetre y atravesese el concreto. (Abanto, 2009)

Por otra parte, la permeabilidad mide el grado de facilidad con la cual los líquidos y gases pueden pasar a través del concreto; además se puede determinar por una prueba

de laboratorio. En dicha prueba los dos lados de la muestra se sellan y se aplica agua bajo presión solo en la superficie superior, luego cuando se encuentra en condiciones estables se mide la cantidad de agua que fluye a través del concreto en un tiempo dado. La permeabilidad del agua se expresa como *coeficiente de permeabilidad “k”* y viene dada por la ecuación de Darcy. (Neville y Brooks. 1998).

$$\frac{1}{A} \frac{dq}{dt} = k \frac{\Delta h}{L}$$

Donde:

$$\frac{dq}{dt} = \text{Índice de flujo de agua}$$

$A$  = área de sección transversal de la muestra

$\Delta h$  = Caída de la carga hidráulica a través de la muestra

$L$  = espesor de la muestra

#### **2.2.4.2. DURABILIDAD**

Propiedad que nos indica que el concreto debe ser resistente a factores como los productos químicos, desgaste, medio ambiente, etc. La mayor parte de los daños que el concreto sufre se debe a los ciclos de congelación y descongelación. Para mejorar dichos daños se debe aumentar la impermeabilidad añadiendo de 2 a 6% de aire o también haciendo un revestimiento protector de la superficie. (Abanto, 2009).

(Rivva López, 2015) lo define a la durabilidad como aquel que puede soportar satisfactoriamente los efectos a las condiciones en las que está sometido, es por ello, que el concreto debe ser capaz de endurecer y mantener sus propiedades en el tiempo aún en situaciones de exposición que podrían causar la disminución de su capacidad estructural.

### **2.2.4.3. CURADO**

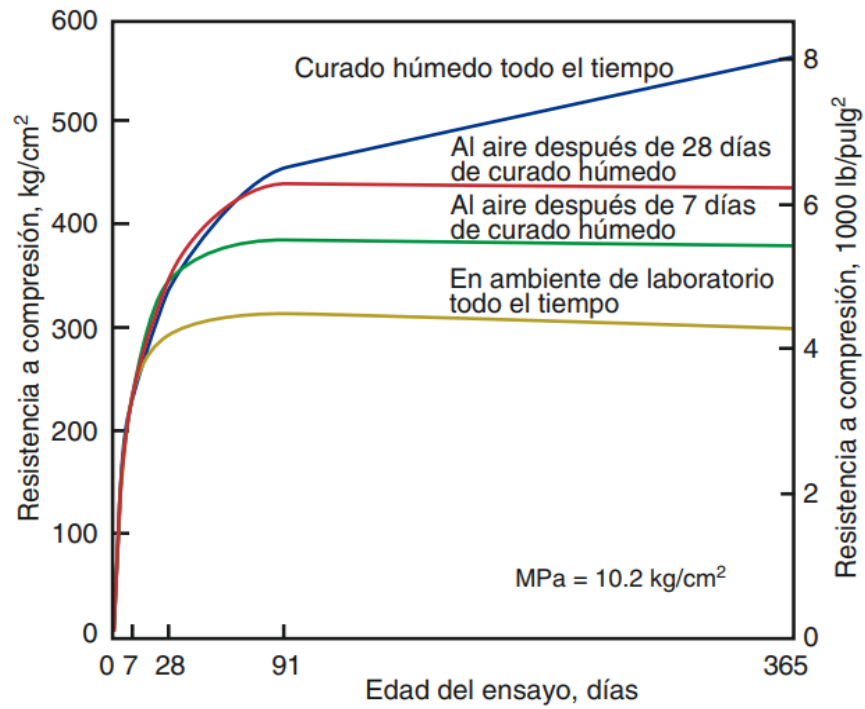
Proceso que tiene por finalidad permanecer al concreto saturado hasta que los espacios inicialmente llenos de agua sean removidos producto de la hidratación del cemento. El curado también busca controlar la humedad y la temperatura hacia fuera y hacia dentro del concreto, evita también la contracción de fragua hasta llegar a una resistencia mínima que le ayude a soportar la carga inducida por el concreto. (Harmsen, 2002)

Para llegar a tener un concreto de buena calidad no solo depende tener cuidado al momento de dosificar, mezclar y colocar el concreto, sino que hay que tomar en consideración también al curado y optar con las medidas necesarias para ello. (Parker y Ambrose 2008).

Cuando existe una falta de curado en el concreto la resistencia se reduce considerablemente, pero también se produce el fenómeno de que a mayor tiempo de curado la resistencia alcanzada es mayor. (Harmsen, 2002)

**Figura 6**

*La resistencia del concreto aumenta con la edad. (Kosmatka et al. 2004).*



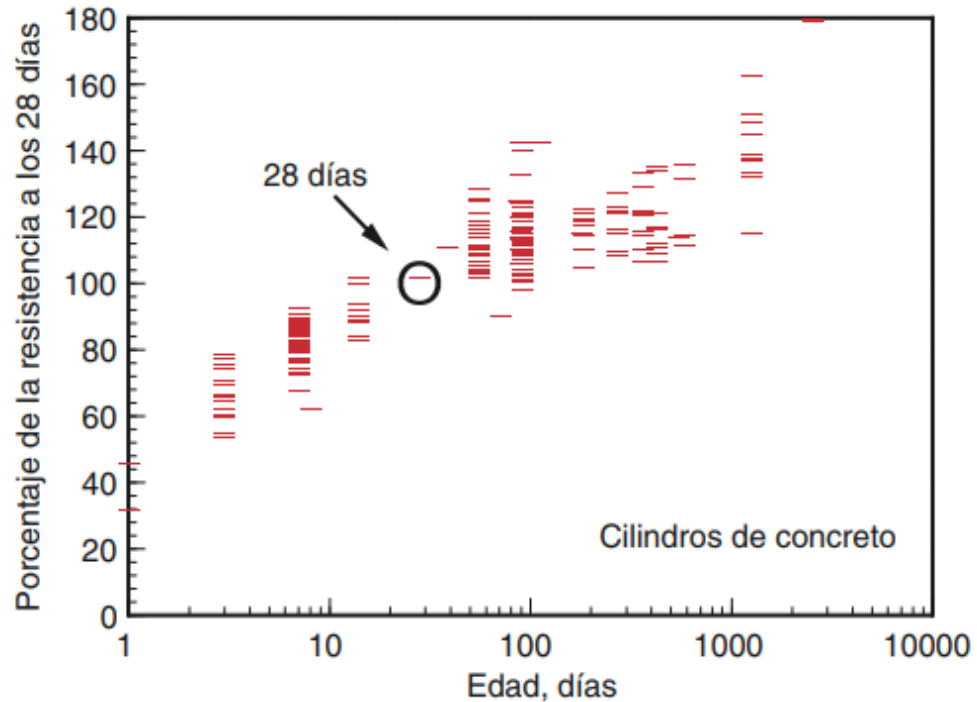
#### **2.2.4.4. RESISTENCIA A COMPRESIÓN**

La resistencia a la compresión es definida como la media máxima que puede soportar dicho material sin romperse ante una carga axial. Estos resultados se pueden expresar en kilogramos por centímetro cuadrado ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), en libras por pulgadas cuadradas ( $\text{lb}/\text{pulg}^2$  o  $\text{psi}$ ) y en megapascuales (MPa) a una edad de 28 días. También se puede utilizar otras edades para ensayar, pero se debe tener en cuenta que hay una variación respecto a la resistencia a los 28 días, por ejemplo, cuando se ensaya a los 7 días la resistencia se estima como 75% de la resistencia a los 28 días y cuando se ensaya a los 56 y 90 días llega a una resistencia de 10% y 15% superiores a la resistencia a los 8 días. (Kosmatka et al. 2004).

La resistencia a compresión se considera una de las más significativas e importantes propiedades del concreto endurecido, ya que según este parámetro se acepta o rechaza el concreto. La mayoría de propiedades del concreto endurecido están relacionadas a la resistencia y en varios casos se cuantifica las otras propiedades respecto de ella. (Rivva López, 2015)

**Figura 7**

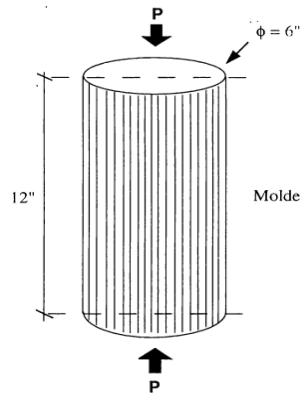
*Desarrollo de la resistencia a compresión de diferentes concretos expresado como porcentaje de la resistencia a los 28 días. (Kosmatka et al. 2004).*



La longitud de los moldes cilíndricos es el doble que el diámetro (6" x 12"), además deben ser de material impermeable, no reactivo con el cemento y no absorbente. Los moldes se fabrican de acero, casualmente se pueden utilizar material plástico duro, hojalata o cartón parafinado. (Abanto, 2009).

### Figura 8

Molde utilizado para ensayos a compresión. (Abanto,2009)

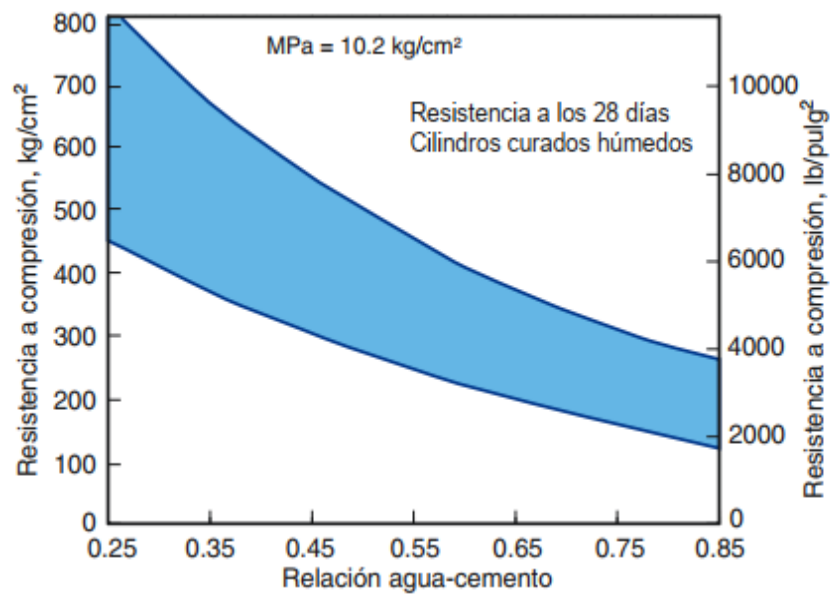


Los factores que afectan la resistencia son diversos entre ellos tenemos:

**La relación agua-cemento.** Este factor ha sido estudiado desde finales del siglo XIX e inicios del siglo XX con Feret en 1897 y Abrams en 1918. Cuando baja la relación agua-cemento la resistencia aumenta. (Kosmatka et al. 2004).

### Figura 9

Variación de resistencias para relaciones agua-cemento. (Kosmatka et al. 2004).



Otros factores que afectan la resistencia a la compresión del concreto son los siguientes: (Abanto, 2009).

**El contenido del cemento.** La resistencia aumenta conforme se añade el contenido del cemento.

**El tipo de cemento.** Cuando el concreto es elaborado con diversos tipos de cemento, el desarrollo de su resistencia varía.

**Las condiciones de curado.** Para que aumente la resistencia del concreto con el tiempo debe permanecer húmedo con una cantidad adecuada de agua ya que es necesario para la hidratación del cemento.

#### **2.2.4.5. PESO UNITARIO**

El concreto normal, usado en diversas obras como edificios, pavimentos y otras estructuras, tiene un peso específico que está entre 2200 hasta 2400 kg/m<sup>3</sup>. Esta densidad del concreto depende de la densidad y cantidad del agregado, el aire atrapado y cantidades de agua y cemento. Las cantidades de agua y cemento dependen del tamaño máximo del agregado, por ejemplo, al disminuir la cantidad de pasta se aumenta la cantidad de agregado y por ende su densidad. (Kosmatka et al. 2004).

En ciertos tipos de obras, se utilizan proporciones de la mezcla de concreto para obtener alta densidad, para estos casos, se emplean agregados especiales para lograr concretos trabajables con pesos unitarios de 5600 kg/m<sup>3</sup>. La aplicación de concretos con alta densidad se da mayormente en recubrimientos pesados para mantener tuberías de oleoductos debajo del agua, para aislamiento de sonido y para radiaciones en centrales nucleares. (Rivva López, 2015)



### **2.2.5. VELOCIDAD DE APLICACIÓN DE CARGA**

Se utiliza en los ensayos a compresión de muestras cilíndricas de concreto, la cual debemos aplicar de manera continua y sin impacto. La carga será aplicada a una velocidad de movimiento medida desde la platina a la cruceta correspondiendo a una velocidad de esfuerzo sobre el espécimen de  $0,25 \pm 0,05$  MPa/s ( $2,55 \pm 0,51$  kg/cm<sup>2</sup>/s). La velocidad de movimiento diseñada será mantenida al menos durante la segunda mitad del ensayo. (NTP 339.034, 2015)

Para (Porrero et al. 2014) dice que algunos laboratorios utilizan prensas de control manual o también no cuidan estrictamente la velocidad de aplicación de carga de la prensa hidráulica. En dichos casos se debe conocer qué velocidades de carga mayores a la normalizada produce resultados de resistencia mayores; en cambio si la velocidad de aplicación es más lenta los valores del ensayo son menores. Este comportamiento también se da en los ensayos a tracción.

### **2.2.6. DISEÑO DE MEZCLA**

Es el proceso que determina las características del concreto y además que se pueden especificar, estas características se basan en propiedades del concreto fresco, propiedades mecánicas del concreto endurecido y los límites de determinados ingredientes. El desarrollo de las especificaciones del concreto viene del diseño de la mezcla. Por el contrario, el proporcionamiento de la mezcla viene del proceso mediante el cual se determina la cantidad de ingredientes a utilizar en el concreto para lograr determinadas características específicas. Un adecuado proporcionamiento del concreto debe tener las siguientes características: (Kosmatka et al. 2004).

- Trabajabilidad del concreto fresco.

- Durabilidad, resistencia y uniformidad del concreto endurecido.
- Economía.

Según (Sánchez de Guzman, 2001), el diseño de mezclas es un proceso de selección de ingredientes disponibles como cemento, agregado, agua y aditivos y posteriormente el cálculo de sus cantidades para producir concreto tan económicamente como sea posible, con adecuada manejabilidad, con una velocidad apropiada en el proceso de endurecimiento para obtener resistencia, estabilidad de volumen, peso unitario, durabilidad y apariencia adecuada. Las proporciones obtenidas son consecuencia de las propiedades de los ingredientes usados, de las propiedades particulares del concreto especificado y de las condiciones en que el concreto será producido.

#### **2.2.6.1. MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI**

Este método sirve para determinar las proporciones de los concretos hechos en su mayoría con cemento hidráulico, en esta metodología se detalla el procedimiento para elegir las proporciones adecuadas. Este método brinda aproximaciones de las proporciones de sus componentes para luego ser verificado en laboratorio o en campo, si es necesario se hace un ajuste para producir un concreto con las características deseadas. (ACI 211.1-91, 2002).

##### ***2.2.6.1.1. Resistencia Promedio requerida.***

La resistencia promedio requerida se calcula de acuerdo a la siguiente tabla, en el caso de que esta no esté especificada.

**Tabla 5**

*Relación aproximada entre la resistencia promedio y la resistencia de diseño  $f'_{cr}/f'_c$ . (ACI 318, 2002)*

<b>Condición de la ejecución de obra</b>	<b>Relación aproximada entre la resistencia promedio y la resistencia de diseño <math>f'_{cr}/f'_c</math></b>
Excelentes	1.15
Intermedias	1.20 a 1.25
Corrientes	1.35 a 1.60

#### **2.2.6.1.2. Revenimiento o asentamiento.**

Los revenimientos para los diversos tipos de construcción se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 6**

*Revenimiento para diferentes tipos de construcción. (ACI 211.1-91, 2002)*

<b>Tipo de construcción</b>	<b>Revenimiento (cm)</b>	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas, cajones de cimentación y muros de subestructura sencillos.	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados.	10	2.5
Columnas para edificios.	10	2.5
Pavimentos y losas.	7.5	2.5
Concreto masivo	7.5	2.5

#### **2.2.6.1.3. Tamaño máximo nominal.**

El tamaño máximo nominal del agregado no debe pasar las siguientes dimensiones:

- 1/5 de la menor dimensión entre los lados del encofrado.

- 1/3 del peralte de las losas.
- 3/4 del espacio libre entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras o los tendones o ductos de preesforzado.

Las limitaciones anteriormente descritas pueden obviarse si los métodos de compactación y trabajabilidad de la mezcla son de tal manera que pueda ser colocado el concreto, sin peligro de hormigueros o vacíos.

#### **2.2.6.1.4. Cantidad de aire y contenido de agua.**

Para determinar la cantidad de aire atrapado y contenido de agua nos basamos en el tamaño máximo y el asentamiento o revenimiento previamente descrito.

**Tabla 7**

*Requisitos de agua de mezclado y contenido de aire. (ACI 211.1-91. 2002)*

	Tamaño máximo de la grava(mm)							
	9.5	12.5	19	25	38	50	75	150
<b>Revenimiento (cm)</b>	<b>Agua en litros por metro cúbico de concreto (lt/m<sup>3</sup>)</b>							
	<b>Concreto sin aire incluido</b>							
2.5 - > 5	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 - >10	228	216	205	193	181	169	145	124
15 - >17.5	243	228	216	202	190	178	160	----
Aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
	<b>Concreto con aire incluido</b>							
2.5 - > 5	181	175	168	160	150	142	122	107
7.5 - >10	202	193	184	175	165	157	133	119
15 - >17.5	216	205	197	174	174	166	154	----
Promedio recomendado de aire a incluir según tipo de exposición (%)								

Exposición ligera	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Exposición moderada	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Exposición severa.	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

**Tabla 8**

*Contenido de aire para concreto sin aire incorporado. (ACI 211.1-91. 2002)*

Concreto sin aire incorporado								
T.M.N	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Aire atrapado	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2

**2.2.6.1.5. Relación agua-cemento.**

Es el valor a ser seleccionado de acuerdo a las Tablas del ACI 211.1-2002, la cual hace referencia a la cantidad de agua que se utiliza en la mezcla cuando los agregados están en la condición de saturados superficialmente secos, esto nos dice que ellos no añaden ni atraen agua. En cambio, la relación agua-cemento efectiva no hace referencia al agua de mezclado considerando también la humedad del agregado. (Rivva López, 2015).

**Tabla 9**

*Relación agua-cemento en relación a la resistencia. (Rivva López, 2015).*

Resistencia a la compresión promedio a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento (a partir del peso)	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-----
450	0.38	-----

**Tabla 10**

*Relación agua-cemento sujeto a exposiciones severas. (ACI 211.1-91. 2002)*

<b>Tipo de estructura</b>	<b>Estructura continua o frecuentemente mojada y expuesta a congelación y deshielo.</b>	<b>Estructura expuesta al agua de mar o sulfatos</b>
Secciones esbeltas y secciones con menos de 3cm	0.45	0.40
Resto de estructuras	0.5	0.45

**2.2.6.1.6. Contenido del cemento.**

Una vez ya conocidos la cantidad de agua y la relación agua cemento, se puede calcular el contenido de cemento mediante una simple ecuación al dividir el volumen o cantidad del agua entre la relación agua-cemento teniendo cuidado en las unidades utilizadas, obteniéndose así este parámetro. (Rivva López, 2015).

$$\text{Contenido de cemento (kg/m}^3\text{)} = (\text{cantidad de agua}) / (\text{relación a/c})$$

**2.2.6.1.7. Contenido del agregado grueso.**

Según, (Ayuque Gomez, 2019), para determinar la cantidad de agregado grueso con el método ACI, nos presentan una tabla con el volumen del agregado grueso por volumen unitario del concreto, esto obedece al tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de finura del fino. Para el caso de concretos con menor trabajabilidad como pavimentos, el agregado grueso se puede aumentar en un 10% de la tabla 10 presentada, en cambio se reduce en un 10% para concretos colocados con bomba o áreas congestionadas.

**Tabla 11**

*Volumen de agregado grueso por volumen unitario del concreto. (ACI 211.1-91. 2002)*

Tamaño máximo del agregado grueso (mm)	Volumen de agregado grueso varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura del agregado fino (m <sup>3</sup> )			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

#### **2.2.6.1.8. Contenido del agregado fino.**

El método del comité 211 del ACI menciona que para el cálculo del peso absoluto del agregado fino se hace por diferencia entre el peso del concreto y la adición de todos los pesos (cemento, agua de diseño, aire y agregado grueso). Para determinar el peso unitario del concreto hay una tabla y depende del tamaño máximo del agregado grueso. (Rivva López, 2015).

**Tabla 12**

*Cálculo del peso volumétrico del concreto fresco. (ACI 211.1-91. 2002)*

Tamaño máximo de agregado grueso (mm)	Peso volumétrico tentativo del concreto (kg/m <sup>3</sup> )	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido

9.5	0.50	0.48
12.5	0.59	0.57
19	0.66	0.64
25	0.71	0.69
37.5	0.75	0.73
50	0.78	0.76
75	0.82	0.80
150	0.87	0.85

#### ***2.2.6.1.9. Ajuste por humedad y absorción.***

Para el diseño de mezcla al añadir la cantidad de agregados estos deben ser pesados considerando la humedad de los mismos, en la mayoría de casos los agregados están en condición húmeda y su peso seco tiene que incrementarse en el porcentaje de agua que contienen, tanto la absorbida como la superficial. Para el agua utilizada en la mezcla, esta debe disminuir en un volumen igual a la humedad superficial o humedad libre aportada por agregados, considerando el contenido de humedad menos la absorción. (Rivva López, 2015).

De acuerdo a (Rivva López, 2015), los agregados se presentan en obra en 4 condiciones:

- Seco, cuando sus poros están libres de partículas de agua.
- Semiseco, cuando la parte superficial del agregado está seco pero sus poros internos están parcialmente con partículas de agua.
- Saturado superficialmente seco, cuando la condición de la superficie del agregado está húmeda, pero todos sus poros internos están llenos de partículas de agua. Esta condición es la ideal ya que no aporta ni quita agua de la mezcla.
- Húmedo, cuando está en condición de saturado superficialmente seco y a la vez tiene humedad superficial.



### 2.2.6.1.10. Proporciones en volumen.

Para el cálculo de volúmenes en estado suelto se utiliza:

$$\text{Cemento: } Vol. del cemento (m^3) = \frac{\text{Peso del cemento (kg)}}{\text{Peso Unitario Cemento (kg/m}^3)}$$

$$\text{A. grueso: } Vol. del A. grueso (m^3) = \frac{\text{Peso A. grueso húmedo (kg)}}{\text{Peso Unitario A.G. húmedo (kg/m}^3)}$$

$$\text{A. fino: } Vol. del A. fino (m^3) = \frac{\text{Peso A. fino húmedo (kg)}}{\text{Peso Unitario A.F. húmedo (kg/m}^3)}$$

Para el agua se calcula en litros por bolsa de cemento:

$$\text{Agua (lts/bls)} = \frac{\text{Cantidad de agua por m}^3}{\left(\frac{\text{Peso del cemento por m}^3}{\text{Peso del cemento por bolsa}}\right)}$$

Por último, las proporciones en volumen.

$$\begin{aligned} \text{Cemento} & : \text{Agregado fino} \\ & : \text{Agregado grueso} / \text{Agua (lts/bls)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\text{vol. cemento}}{\text{vol. cemento}} & : \frac{\text{vol. A. fino}}{\text{vol. cemento}} \\ & : \frac{\text{vol. A. grueso}}{\text{vol. cemento}} / \text{Agua (lts/bls)} \end{aligned}$$

$$C \quad : \quad A.F \quad : \quad A.G \quad / \quad A$$

## 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**AGREGADO:** Es el conjunto de partículas de origen artificial o natural, que además pueden ser tratados o elaborados y dichas dimensiones están vislumbradas entre los límites fijados por la misma. (NTP 400.011, 2008)

**AGUA COMBINADA:** Es la mezcla de dos a más fuentes de agua que se combinan a la vez, antes o durante la mezcla, para ser utilizadas como agua de mezcla en la elaboración de concreto. (NTP 339.088, 2014)

**AGUA POTABLE:** *“Agua que es apta para el consumo humano”* (NTP 339.088, 2014)

**CEMENTO PORTLAND:** Cemento hidráulico producido a través de la pulverización del clinker de portland compuesto fundamentalmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como adición durante la molienda. (NTP 334.001)

**CONCRETO:** Material compuesto principalmente en un medio ligante dentro del cual existen partículas de agregado fino, agregado grueso, el ligante es una mezcla de cemento portland más agua. (ACI 116, 2000)

**CURADO:** Proceso el cual consiste en controlar las condiciones ambientales como temperatura y humedad durante el fraguado y/o endurecimiento del concreto, mortero y cemento. (NTP 334.001, 2001)

**GRANULOMETRÍA:** Representa la distribución de los diferentes tamaños que tiene el agregado. La NTP 400.012 establece el procedimiento para su distribución mediante el proceso de tamizado, obteniendo la cantidad de masa del agregado retenido en cada uno de los tamices. (NTP 400.011, 2008)

**PROBETAS:** También llamados especímenes, los cuales deben ser de forma cilíndrica colocados en posición vertical tanto para su fraguado como para su posterior ensayo en la máquina a compresión. La altura de la probeta debe ser dos veces su diámetro.

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:** Máxima resistencia medida a carga axial de una probeta de concreto o mortero; se expresa como fuerza por unidad de superficie de la sección transversal de la probeta. (ACI 116, 2000)

**VELOCIDAD DE CARGA:** Aplicación de carga a la probeta o espécimen de concreto continuamente y sin impacto. (NTP 339.034, 2015)

## CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

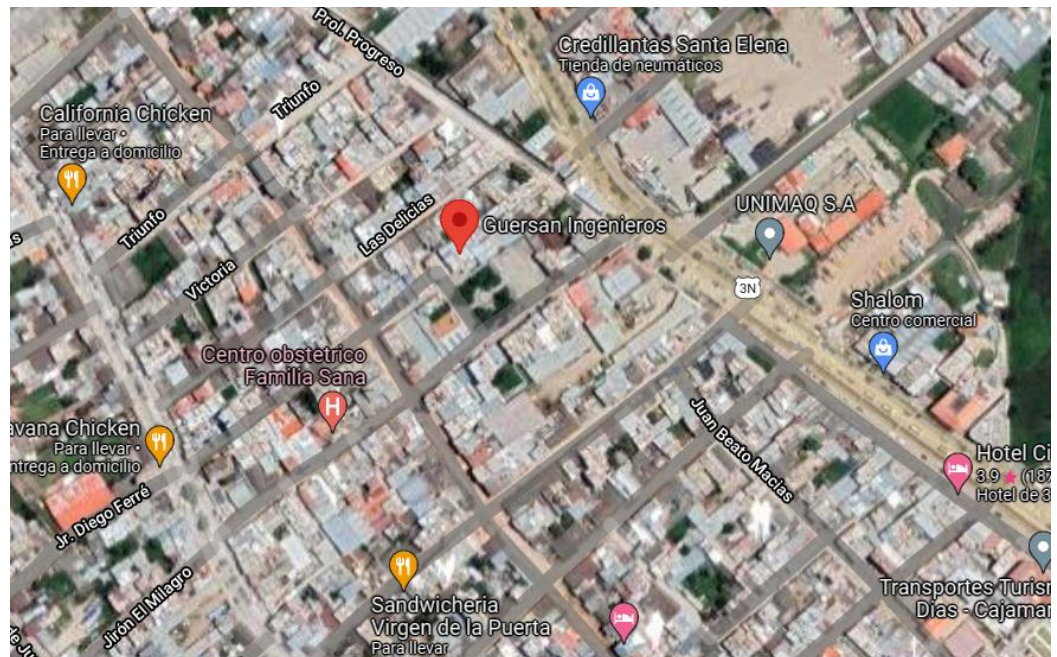
### 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

#### 3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación con el permiso correspondiente de la Universidad Nacional de Cajamarca, se desarrolló en el laboratorio de la empresa GUERSAN INGENIEROS S.R.L, ubicado en el Psj. Diego Ferré N° 295, del distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca-Cajamarca, cuyas coordenadas UTM en el sistema WGS 84 son: 775837.7 E, 9206986.9 N zona 17.

**Figura 10**

*Ubicación geográfica de la investigación (Google maps)*



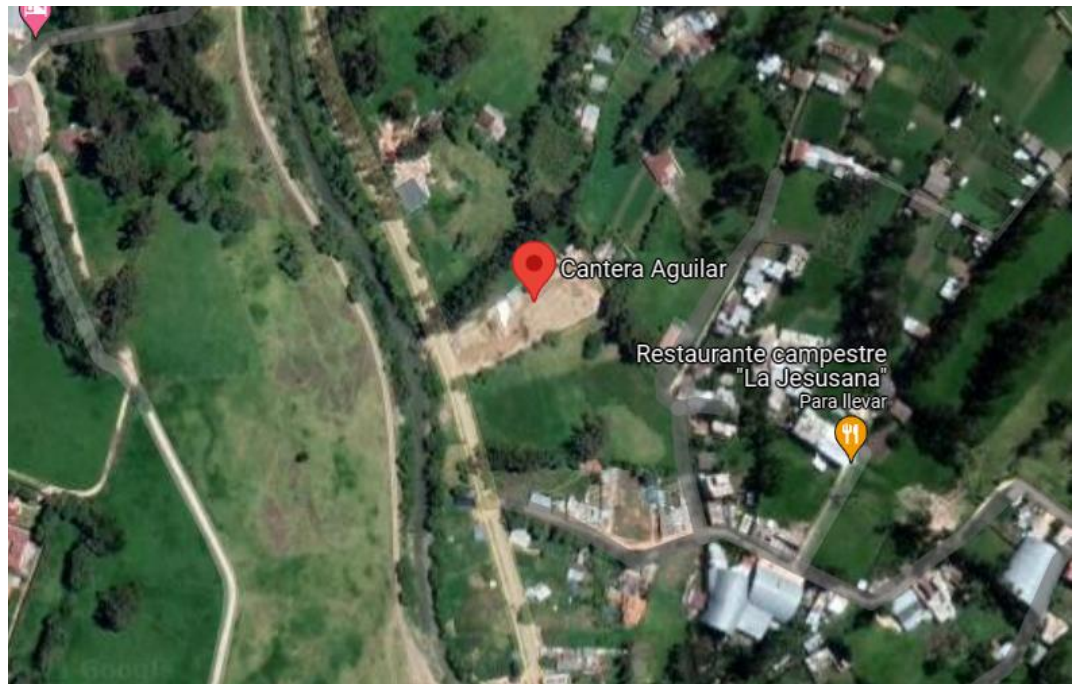
#### 3.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CANTERA DE ESTUDIO

Los agregados para la presente investigación fueron obtenidos de la cantera Aguilar, ubicada en la vía Baños del Inca-Otuzco, en el distrito de Baños del Inca, provincia

de Cajamarca-Cajamarca cuyas coordenadas UTM en el sistema WGS 84 son: 779910.9 E, 9208941.8 N zona 17.

### **Figura 11**

*Ubicación geográfica de la cantera de estudio (Google maps)*



## **3.2. METODOLOGÍA**

### **3.2.1. TIPO, NIVEL, DISEÑO Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

TIPO	: Aplicativo
NIVEL	: Correlacional
DISEÑO	: Experimental
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN	: Cuantitativa

### **3.2.2. VARIABLES**

#### **3.2.2.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

Resistencia a la compresión de probetas del concreto.

### 3.2.2.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Velocidad de aplicación de carga.

### 3.2.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Testigos y muestras ensambladas y construidos en el laboratorio GUERSAN INGENIEROS SRL. Los testigos estuvieron conformados por probetas de concreto cuales están divididos en 2 tipos de testigos:

**Testigo tipo 01:** Probeta cilíndrica de 6” de diámetro x 12” de altura con  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. Se sometieron a un proceso de curado por inmersión a los 28 días. Luego será secado al ambiente para ser ensayados a la resistencia a la compresión.

**Testigo tipo 02:** Probeta cilíndrica de 6” de diámetro x 12” de altura con  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>. Se sometieron a un proceso de curado por inmersión a los 28 días. Luego será secado al ambiente para ser ensayados a la resistencia a la compresión.

### 3.2.4. MUESTRA

Para la toma de muestras se tomó 35 probetas de concreto con  $f'c= 210$ kg/cm<sup>2</sup>(tipo 01) y 35 probetas con  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>(tipo 02) como se detalla a continuación.

**Tabla 13**

*Cantidad de muestras utilizadas en la investigación.*

TIPOS DE PROBETAS	VELOCIDAD DE APLICACIÓN DE CARGA						
	1.02-1.53 kg/cm <sup>2</sup> /s	1.53-2.04 kg/cm <sup>2</sup> /s	2.04-2.55 kg/cm <sup>2</sup> /s	2.55-3.06 kg/cm <sup>2</sup> /s	3.06-3.57 kg/cm <sup>2</sup> /s	3.57-4.08 kg/cm <sup>2</sup> /s	4.08-4.59 kg/cm <sup>2</sup> /s
TIPO I ( $f'c=$ 210kg/cm <sup>2</sup> )	5	5	5	5	5	5	5

---

<b>TIPO I (<math>f'c=</math> 280kg/cm<sup>2</sup>)</b>	5	5	5	5	5	5	5
--	---	---	---	---	---	---	---

---

### **3.2.5. UNIDAD DE ANÁLISIS**

Se considera las probetas de concreto

### **3.2.6. PRENSA DE CONCRETO**

Para determinar la resistencia a la compresión se utilizó la prensa de concreto cuyas características son las siguientes:

- **Marca:** PyS
- **Modelo:** STYE-2000
- **Número de serie:** 170253
- **Procedencia:** China

## **3.3. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.3.1. CANTERA DE ESTUDIO.**

Para la presente investigación, los agregados fueron obtenidos de la cantera “Aguilar” la cual es de origen fluvial, donde lo extraen, hacen el procesamiento y luego comercializan el agregado tanto fino como grueso apto para la construcción. La ubicación de esta cantera está descrita en el ítem 3.1.2.

### **3.3.2. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS.**

#### **3.3.2.1. Análisis granulométrico.**

Este método de ensayo fue realizado según la norma NTP 400.012 y ASTM C 136 donde indica los procedimientos a seguir para determinar la composición de los agregados.

**a) Equipos**

- Una balanza con 0.1% de sensibilidad del peso de la muestra a la cual se va ensayar.
- Juego de tamices que cumplan con la norma NTP 350.001.
- Un horno que tenga la capacidad de mantener a una temperatura firme de 110°C ± 5°C.

**b) Preparación de la muestra**

Para la toma de muestra del agregado debe seguir las indicaciones de la NTP 400.010. Para el agregado fino la cantidad de muestra para el ensayo debe ser de 300 gramos mínimo, posteriormente del secado. Para el agregado grueso la cantidad de muestra está indicado en la tabla N° 14. En el caso de reducción de muestra se debe seguir los procedimientos descritos en la NTP 400.043.

**Tabla 14**

*Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso. (NTP 400.012, 2013)*

<b>Tamaño Máximo Nominal de las partículas (mm)</b>	<b>Cantidad de Muestra de Ensayo, Mínimo (kg)</b>
<b>9.5 (3/8)</b>	1
<b>12.5 (1/2)</b>	2
<b>19.0 (3/4)</b>	5
<b>25.0 (1)</b>	10
<b>37.5 (1 1/2)</b>	15
<b>50 (2)</b>	20
<b>63 (2 1/2)</b>	35
<b>75 (3)</b>	60
<b>90 (3 1/2)</b>	100
<b>100 (4)</b>	150

**c) Procedimiento**

- Se secó la muestra a una temperatura constante de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , hasta conseguir que en dos pesadas sucesivas a una hora de intervalo no difieran en más de 0.1%.
- Se encajó los tamices en orden decreciente según abertura, desde la tapa hasta el fondo.
- Se colocó la muestra en la malla superior del conjunto de tamices, luego se agitó los tamices manualmente. No está permitido presionar el agregado con la mano para que pasen a través del tamiz.
- Se concluye el tamizado cuando en el transcurso de 1 minuto, la cantidad del residuo sobre un tamiz no pase más del 1% en peso de material retenido por el tamiz.

**d) Resultados**

Para dar los resultados del análisis granulométrico, estos deben expresar lo siguiente: porcentaje total que pasa cada tamiz, porcentaje total retenido en cada tamiz y porcentaje retenido entre tamices consecutivos. Estos porcentajes se presentan en números enteros, con la excepción de que si son los porcentajes que pasan la malla N°200, estos resultados se aproximarán al 0.1 % más cercano. La granulometría del agregado fino y grueso está comprendida según los límites indicados en la Norma NTP 400.037 o la ASTM C33.



**Tabla 15**

*Requerimiento granulométrico del agregado grueso. (NTP 400.037, 2018)*

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37.5 mm (1 ½ pulg)	25.0 mm (1 pulg)	19.0 mm (¾ pulg)	12.5 mm (½ pulg)	9.5 mm (⅜ pulg)	4.75 mm (Nº 4)	2.36 mm (Nº 8)	1.18 mm (Nº 16)	300 µm (Nº 50)
1	90 mm a 37.5 mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 15	...	...	...	...	...	
2	63 mm a 37.5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	
3	50 mm a 25.0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	
357	50 mm a 4.75 mm (2 pulg a Nº 4)	...	...	...	100	90 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...	
4	37.5 mm a 4.75 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...	
467	37.5 mm a 4.75 mm (1 ½ pulg a Nº 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...	
5	25 mm a 12.5 mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...	
56	25 mm a 9.5 mm (1 pulg a ⅜ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...	
57	25 mm a 4.75 mm (1 pulg a Nº 4)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...	
6	19.0 mm a 9.5 mm (¾ pulg a ⅜ pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	0 a 5	...	...	
67	19.0 mm a 4.75 mm (¾ pulg a Nº 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	
7	12.5 mm a 4.75 mm (½ pulg a Nº 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...	
8	9.5 mm a 2.36 mm (⅜ pulg a Nº 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	9.5 mm a 1.18 mm (⅜ pulg a Nº 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	
9	4.75 mm a 1.18 mm (Nº 4 a Nº 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	

### 3.3.2.2. Módulo de finura.

Este factor se determina con los datos del análisis granulométrico, donde se calcula sumando los porcentajes retenidos acumulados en las mallas: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, dividido esta suma entre 100.

$$M.F = \frac{\%Ret. acum. \left( 3", 1 \frac{1}{2}", \frac{3}{4}", \frac{3}{8}", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100 \right)}{100}$$

### 3.3.2.3. Tamaño Máximo y Tamaño Máximo Nominal.

Según la norma (NTP 400.037, 2018) el tamaño máximo lo define como aquel que corresponde al tamiz con menor abertura por la que pasa toda la muestra del agregado grueso. El tamaño máximo nominal es aquel que corresponde al tamiz más pequeño de una serie utilizada que produce el primer retenido entre 5% y 10%.

### 3.3.2.4. Peso específico y absorción.

Este método de ensayo fue realizado según las normas NTP 400.021 y ASTM C 127 para el agregado grueso y para el agregado fino se utilizó las normas NTP 400.022 y ASTM C 128.

Siguiendo las normas anteriormente descritas se pudo determinar las siguientes características de los agregados:

- Peso específico aparente.
- Peso específico de masa.
- Peso específico saturado superficialmente seco
- Porcentaje de absorción.

## **A. PARA AGREGADO GRUESO**

### **a) Equipos**

- Balanza con una precisión de 0.05% o de 0.5 gramos de la carga y una capacidad no menor de 5 kg.
- Una cesta de malla de alambre con abertura de 3.35mm (N°6).
- Un recipiente adecuado para sumergir la cesta de malla de alambre mientras se encuentra suspendido debajo de la balanza.
- Estufa con tamaño adecuado que mantenga la muestra a temperatura uniforme de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

### **b) Preparación de la muestra.**

A través del método del cuarteo, seleccionamos aproximadamente 5kg del agregado grueso, se rechaza todo el material que pasa por la malla N°4 (4.75mm).

### **c) Procedimiento.**

- Se hizo un lavado completo de la muestra para eliminar el polvo y otras impurezas de la partícula.
- Se secó la muestra en una estufa a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  hasta conseguir una masa constante y posteriormente se sumergió en agua por un periodo de 24 horas.
- Se sacó las muestras del agua y se hizo rodar sobre un paño absorbente hasta que desaparezca toda partícula de agua visible, aunque la superficie de la muestra aún parezca húmeda, se sacan separadamente y se limpian los fragmentos más grandes, tener cuidado en la evaporación durante el secado de la superficie.

- Se hizo el pesado en condición de saturación con superficie seca.
- Se colocó inmediatamente la muestra en la cesta de alambre y se determinó su peso en el agua.
- Se secó la muestra de ensayo en la estufa a temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , se dejó enfriar a temperatura ambiente y luego se pesó.

**d) Cálculos.**

- **Peso específico de masa:**

$$Pe = \frac{A}{B - C}$$

- **Peso específico de masa saturada con superficie seca:**

$$Pesss = \frac{B}{B - C}$$

- **Peso específico aparente:**

$$Pea = \frac{A}{A - C}$$

- **Porcentaje de absorción:**

$$ab(\%) = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Donde:

A: Peso en el aire en gramos de la muestra secada al horno.

B: Peso en el aire en gramos de la muestra secada con superficie seca.

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

## **B. PARA AGREGADO FINO**

### **a) Equipos**

- Balanza con una precisión de 0.1%, sensibles a 0.1 gramos o menos y con una capacidad de 1 kg o más.
- Frasco de vidrio con capacidad 500 cm<sup>3</sup>.
- Molde metálico en forma cónica con las dimensiones 40mm de diámetro superior, 90 mm diámetro inferior y 75mm de altura, el espesor del metal debe tener 0.8mm.
- Barra de metal con una masa de 340 g  $\pm$  5 g con una cara circular plana.
- Estufa que mantenga la muestra a temperatura uniforme de 110°C  $\pm$  5°C.

### **b) Preparación de la muestra.**

Colocamos la muestra de ensayo en un envase adecuado y secar a una temperatura de 110°C  $\pm$  5°C hasta una masa constante. Luego cubrimos con agua a la muestra por inmersión o por adición hasta llegar por lo menos a un 6% de humedad y dejamos reposar por un periodo de 24 horas. Extendemos la muestra sobre una plana, dicha superficie no debe ser absorbente y tiene que estar exhibida a una corriente suave de aire. A la muestra se removi6 con frecuencia para garantizar un secado uniforme, se continu6 este proceso hasta que los granos del agregado fino no se adhieran entre s6.

Finalmente se coloca la muestra sobre el molde c6nico, se golpea la superficie 25 vueltas con la barra de metal y se levanta el molde. Cuando el agregado ha alcanzado la condici6n de saturado superficialmente seco este se derrumba del cono al repetir el 6ltimo proceso descrito.

**c) Procedimiento.**

- Se pesa 500 gr del material en condición de saturado superficialmente seco, este corresponde al peso en el aire.
- Introducimos la muestra de inmediato en el frasco de vidrio y llenamos con agua hasta aproximadamente el 90% de su capacidad.
- Agitamos, rodamos e invertimos el frasco hasta eliminar todas las burbujas de aire.
- Posteriormente se añade agua hasta los 500 cm<sup>3</sup> del frasco.
- Determinamos el peso de la muestra sumergida en el agua, esta nos señala el peso sumergido en agua de la muestra saturada superficialmente seca.
- Con cuidado sacamos el material del frasco, lo ponemos en un recipiente y llevamos a la estufa durante 24 horas para posteriormente pesarlo, este peso nos indica el peso seco al horno del agregado fino.

**d) Cálculos.**

- **Peso específico de masa:**

$$Pe = \frac{W_o}{V - V_o}$$

- **Peso específico de masa saturada con superficie seca:**

$$P_{esss} = \frac{500}{V - V_o}$$

- **Peso específico aparente:**

$$Pea = \frac{W_o}{(V - V_o) - (500 - W_o)}$$

- **Porcentaje de absorción:**

$$ab(\%) = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$

Donde:

W<sub>o</sub>: Peso en el aire de la muestra secada al horno en gramos.

V: Volumen del frasco (cm<sup>3</sup>).

Vo: Peso en gramos o volumen (cm<sup>3</sup>) del agua añadida al frasco.

### **3.3.2.5. Peso Unitario de los agregados.**

Para este método de ensayo nos basamos en las normas NTP 400.017 y ASTM C 29.

Según la norma (NTP 400.017, 2011) determina el peso unitario o densidad de masa del agregado en dos escenarios suelto y compactado, además calcula los vacíos que presentan el agregado fino, grueso y la combinación de ambos.

#### **a) Equipos.**

- Una balanza con exactitud de al menos 0.1% del peso de la muestra.
- Una varilla lisa de acero, con las siguientes dimensiones: 16mm de diámetro, 600mm de longitud aproximadamente.
- Recipiente de metal en forma cilíndrica, con presencia de asas, bordes firmes y suficientemente rígido para condiciones duras de trabajo.
- Cucharón o pala para el llenado al recipiente del material de ensayo.

#### **b) Preparación de la muestra.**

Para la extracción de la muestra, estará de acuerdo a la NTP 400.010 y reducir al tamaño de ensayo según la NTP 400.043. Además, el tamaño de la muestra deberá estar entre 125% y 200% la cantidad requerida para llenar el recipiente. Esta cantidad secar a masa constante en una estufa con temperatura 110°C ± 5°C.

**c) Procedimiento.**

- Primero se determina el peso específico del agua con la ayuda de un frasco de vidrio (fiola) de 500cm<sup>3</sup>, donde se determina el peso del frasco, peso del frasco más agua, y el volumen del mismo.
- Luego se realiza la calibración del recipiente, determinándose el peso del agua requerida para llenarlo a 16.7 °C. El factor “f” se calcula dividiendo el peso unitario del agua a 16.7°C por el peso necesario del agua para llenar la medida del recipiente.
- Para el peso unitario seco compactado, se llena el recipiente a un tercio del total, para apisonar la capa con 25 golpes de la varilla lisa de acero, luego llenar hasta los 2 tercios y repetir el proceso de apisonamiento. Finalmente, llenar sobre el volumen del recipiente para apisonar con 25 golpes igual que los procesos anteriores, nivelar la superficie con una espátula o con los dedos para determinar su peso del recipiente más agregado y también su peso del recipiente vacío.
- Para el peso unitario seco suelto, se llena hasta el reboce al recipiente con una pala, la altura de descarga del agregado no debe exceder 50mm encima del borde superior del recipiente, se debe tener cuidado con la segregación del tamaño de las partículas de la muestra. Luego con los dedos o espátula nivelar la superficie, finalmente determinamos el peso del recipiente más su contenido y el peso del recipiente vacío.



**d) Cálculo.**

- **Peso específico del agua:**

$$Pe = \frac{A - B}{V}$$

- **Factor del recipiente:**

$$f = \frac{Pe}{M}$$

- **Peso Unitario:**

$$PU = (G - R) * f$$

Donde:

A: Peso de la fiola más agua (g)

B: Peso solamente fiola (g)

V: Volumen de la fiola (cm<sup>3</sup>)

Pe: Peso específico del agua (g/cm<sup>3</sup>)

M: Peso del agua en el recipiente (g)

PU: Peso unitario del agregado (g/cm<sup>3</sup>)

G: Peso del recipiente más agregado (g)

R: Peso del recipiente (g)

f: factor del recipiente (1/cm<sup>3</sup>)

**3.3.2.6. Contenido de humedad.**

Ensayo basado en dos normas la NTP 339.185 y la norma ASTM C566.

La norma NTP (339.185, 2013) indica que el contenido de humedad es el porcentaje total de humedad evaporable cuando la muestra de agregado fino o grueso se seca, además se aplica para la corrección de proporciones del concreto.

**a) Equipos.**

- Una balanza con sensibilidad al 0.1%.
- Un horno con capacidad de mantener una temperatura a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Recipiente para muestra, la cual no sea dañado por el calor y que no presente peligro de derramarse el agregado.

**b) Preparación de la muestra.**

Para la extracción de la muestra, estará de acuerdo a la NTP 400.010.

**c) Procedimiento.**

- Determinamos la masa de muestra, esta no debe ser menor de 500 g.
- Registramos la masa del recipiente, además este deber estar seco y limpio.
- Se pesa la muestra húmeda más el recipiente antes de colocar al horno.
- Se lleva la muestra más el recipiente al horno para secarla durante 24 horas con una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Pesamos el recipiente con la muestra seca, y finalmente calculamos el contenido de humedad.

**d) Cálculo.**

$$w(\%) = \frac{M - S}{S} \times 100$$

Donde:

w: Contenido de humedad (%)

M: Peso de la muestra húmeda (g)

S: Peso de la muestra seca (g)

### 3.3.2.7. Materiales más finos que pasan la malla N°200.

#### a) Equipos.

- Tamiz normalizado N°200.
- Balanza con sensibilidad de 0.1% del peso medido.
- Recipientes con tamaño adecuado que contengan la muestra cubierta de agua.
- Un horno con capacidad de mantener una temperatura a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

#### b) Preparación de la muestra.

Para la extracción de la muestra, estará de acuerdo a la NTP 400.010.

#### c) Procedimiento.

- Secar la muestra a peso constante a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Pesamos la muestra seca y lavamos por el tamiz N° 200.
- Colocamos en un recipiente el material que ha sido lavado para secar en el horno a una temperatura a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  para finalmente registrar su peso.

#### d) Cálculo.

$$A = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$$

Donde:

P1: Peso seco de la muestra inicial (g)

P2: Peso seco de la muestra después de haber sido lavada (g)

### 3.3.2.8. Resistencia a la abrasión.

Ensayo realizado según dos normas la NTP 400.019 y la norma ASTM C131. La norma NTP (400.019, 2014) determina la degradación de agregados resultantes de desgaste o abrasión, impacto, trituración en una maquina llamada la Maquina de los Ángeles.

**a) Equipos.**

- Máquina de los Ángeles según las especificaciones de la NTP 400.019.
- Tamices de acuerdo a la NTP 350.001.
- Balanza con precisión de 0.1%.
- Un horno o estufa con capacidad de mantener una temperatura a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Carga que consiste en bolas o esferas de acero cuya masa tendrá entre 390 g y 445 g, estas dependen de la gradación de la muestra de ensayo, como sigue:

**Tabla 16**

*Masa de la carga dependiendo del tipo de gradación del agregado. (NTP 400.019, 2014)*

<b>Gradación</b>	<b>Número de esferas</b>	<b>Peso de la carga (g)</b>
A	12	$5000 \pm 25$
B	11	$4584 \pm 25$
C	8	$3330 \pm 20$
D	6	$2500 \pm 15$

**Tabla 17**

*Gradación de las muestras de ensayo. (NTP 400.019, 2014)*

<b>Tamices</b>		<b>Peso de los tamaños indicados (gr)</b>			
<b>Pasa</b>	<b>Retiene</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
1 ½"	1"	$1250 \pm 25$			
1"	¾"	$1250 \pm 25$			
¾"	½"	$1250 \pm 10$	$2500 \pm 10$		

---

1/2"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10		
				2500 ± 10	
3/8"	1/4"			2500 ± 10	
1/4"	N°4				
N°4	N°8				5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

---

**b) Preparación de la muestra.**

- Para la extracción de la muestra, estará de acuerdo a la NTP 400.010 y se reducirá a un tamaño en concordancia con la NTP 400.043.
- Lavamos la muestra reducida y secamos en la estufa a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , luego separamos cada fracción individual y recombinaamos a la gradación de la tabla N°15.

**c) Procedimiento.**

- Primero elegimos el número de esferas a utilizar y el peso de la muestra de acuerdo a la tabla 16 y 17.
- Colocamos la muestra a la Máquina los Ángeles para que rote a una velocidad entre 30 rpm a 33rpm, y que gire a 500 revoluciones.
- Sacar la muestra de la máquina y retirar las esferas.
- Separamos el material saliente de la máquina cribándolo por la malla N°4.
- Para el material que paso la malla N°4, tamizarlo por la malla N°12.

- Para el material que se retiene en la malla N°4 mezclarlo con el material retenido en la malla N°12.
- Lavamos los finos adheridos al material que retiene en la malla N°12.
- Finalmente, se coloca en el horno durante 24 horas a temperatura constante de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  para su posterior pesado.

**d) Cálculo.**

$$\% \text{ desgaste} = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$$

Donde:

P1: Peso muestra antes del ensayo (g)

P2: Peso muestra después del ensayo (g)

**3.3.3. DISEÑO DE MEZCLA.**

Para el diseño de mezcla de la presente investigación se utilizó el método del comité 211 del ACI, donde se diseñó un concreto para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  necesarios para la elaboración de las probetas.

**a) Equipos.**

- Cemento Portland Tipo I con peso específico de  $3.12 \text{ g/cm}^3$ .
- Agua potable de la red de servicio de la ciudad de Cajamarca.
- Agregado fino y agregado grueso provenientes de la cantera “Aguilar”.

**b) Procedimiento.**

Para la dosificación de mezcla de probetas de concreto de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  hemos utilizado el método del comité 211 del ACI con la ayuda de las propiedades de los agregados que fueron encontrados en los ensayos realizados en el

Laboratorio “Guersan Ingenieros”. A continuación, describimos los pasos que se realizaron para encontrar dichas dosificaciones.

- **Selección de la resistencia promedio.**

A partir de la resistencia a compresión especificada ya sea de  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$ , seleccionamos la resistencia promedio con ayuda de la tabla N° 05 del marco teórico.

- **Selección del tamaño máximo nominal.**

Para la selección de esta característica del agregado, con la ayuda de la teoría verificamos el análisis granulométrico del agregado grueso y determinamos el tamaño máximo nominal.

- **Selección del asentamiento.**

El asentamiento considerado para ambos diseños fue de 3” - 4” ya que queremos obtener una mezcla plástica.

- **Selección del volumen unitario de agua.**

Para la selección del agua se considera el asentamiento previamente seleccionado, el tamaño máximo nominal y un concreto sin aire incorporado. Se utiliza la tabla N° 07 del marco teórico.

- **Selección del contenido de aire.**

Para la determinación del contenido de aire atrapado se utiliza la tabla N°08 descrita en el marco teórico, este aire depende del tamaño máximo nominal del agregado grueso.

- **Selección de la relación agua-cemento.**

Esta relación depende de la resistencia promedio calculado al inicio del diseño, y considerando un concreto sin aire incorporado. Se utilizó la tabla N° 09 del marco teórico.

- **Determinación del factor cemento.**

Teniendo la relación agua-cemento y el volumen de agua, se calcula el factor cemento con la siguiente fórmula:

$$Cemento = \frac{Volumen\ unitario\ de\ agua}{Relación\ agua - cemento}$$

- **Contenido del agregado grueso.**

Para el cálculo del agregado grueso, lo determinamos según la tabla N°11 donde nos indica el volumen del agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto; este valor lo multiplicamos por el peso seco compactado de los ensayos realizados a los agregados y así hallamos el peso del agregado grueso.

- **Cálculo de volúmenes absolutos.**

Una vez conocidos los pesos del cemento, agregado grueso, agua y el contenido de aire, podemos determinar el volumen absoluto de estos ingredientes.

- **Contenido del agregado fino.**

Primero determinamos el volumen absoluto del agregado fino, calculando la diferencia entre la unidad y la suma de todos los volúmenes absolutos determinados en el paso anterior. Luego, para el peso del agregado fino multiplicamos por el peso específico de masa determinado en los ensayos realizados a los agregados.



- **Valores de diseño.**

Se hace una lista con todos los ingredientes calculados hasta acá de un metro cúbico de concreto. Estos son cemento, agua de diseño, agregado fino y agregado grueso.

- **Corrección por humedad.**

Primero se multiplica al agregado por su contenido de humedad llegando a obtener el peso húmedo. Luego determinamos la humedad superficial del agregado, este valor se calcula al sumar algebraicamente su humedad y absorción, luego calculamos el aporte de humedad del agregado multiplicando su peso seco por el contenido de humedad superficial, Finalmente encontramos el aporte total del agregado a través del agua efectiva.

- **Proporción en peso.**

Una vez corregidos por humedad determinamos la proporción de materiales por metro cúbico o también por bolsa de cemento.

#### ***3.3.4. ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO.***

Para la realización de este ensayo nos hemos basado de la NTP 339.183. La presente norma NTP (339.183, 2013) nos señala el procedimiento para elaborar y curar muestras de concreto en el laboratorio bajo un estricto control de los diversos materiales y las condiciones de ensayo.

##### **a) Equipos.**

- Moldes cilíndricos para especímenes que son elaborados de material no absorbente, que no reacciona con el concreto.

- Varilla de compactación con 5/8 pulgadas de diámetro y 24 pulgadas de largo, además de acero con sección circular recta y con extremos redondeados y punta semiesférica.
- Martillo de goma con un peso aproximado de 0.6 kilogramos.
- Herramientas pequeñas como planchas, baldes, cucharas, reglas, guantes, badilejo, frotachado de madera y aceite.
- Cono de Abrams que a la vez cumple con la NTP 339.035.
- Balanzas para determinar los pesos del diseño de mezcla.
- Mezcladora de concreto que posee un tambor giratorio.

**b) Preparación de la muestra.**

- Antes de unir los diversos componentes del concreto, los materiales deben estar a temperatura ambiente, el cemento se almacena en lugar seco, agregados fraccionados para evitar la segregación de los mismos.

**c) Procedimiento.**

- Primero se encuentra las proporciones para elaboración de 5 especímenes de ensayo.
- Se pesa cada uno de los componentes del concreto como agregados, agua y cemento poniendo en uso la balanza.
- Antes del inicio de la rotación de la mezcladora, se introduce el agregado grueso con una pequeña cantidad de agua, luego se da inicio al funcionamiento de la mezcladora para posteriormente añadir agregado fino y el cemento.

- Cuando todos los componentes están en la mezcladora, estos se mezclan por un periodo de 3 minutos, luego 3 minutos de reposo y finalmente 2 minutos de mezclado.
- Colocamos el concreto mezclado en una bandeja limpia.
- Con esta mezcla posteriormente medimos el asentamiento con el Cono de Abrams en concordancia con la NTP 339.035.
- Se hace un ajuste de cada molde para que no presente problemas con el llenado y también se engrasa para que no presente adherencia del concreto con el molde al momento de desencofrar.
- Luego moldeamos los especímenes tan cerca como sea posible del lugar donde se quedarán las primeras 24 horas. Colocamos el concreto en los moldes usando cucharón asegurándose que cada cucharón sea representativo de la tanda. Llenamos en 3 capas cada una compactándolas con 25 golpes de la varilla compactadora, también con el martillo de goma en cada capa se golpeó 12 veces las paredes exteriores.
- Luego de ello enrasamos la superficie, se realizó los acabados con la finalidad que se presente una superficie plana. Finalmente se cubrió los especímenes con plástico para evitar la evaporación del agua.
- Se hizo el desmolde de especímenes una vez pasado las 24 horas del vaciado.
- Se codificó los especímenes para posteriormente ser llevado al ambiente de curado de laboratorio y se introdujo dentro del agua a una temperatura de  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

### **3.3.5. PESO UNITARIO DEL CONCRETO.**

Para la realización de este ensayo nos hemos basado de la NTP 339.046. La presente norma NTP (339.046, 2008) nos indica el método de ensayo para determinar el peso unitario del concreto en estado fresco y nos brinda las fórmulas para el calcular dicho parámetro.

#### **a) Equipos.**

- Balanza con precisión de 45g.
- Barra cilíndrica de acero con diámetro de 16mm y 600mm de longitud, se debe tener en cuenta que un extremo esté redondeado, dicho extremo se denominará extremo de compactación.
- Recipiente cilíndrico a prueba de agua, con bordes u extremos lo suficientemente rígidos para mantener su condición en proceso de ensayo.
- Mazo de caucho con un peso aproximado de 800 gramos.
- Una cuchara de tamaño adecuado para poder colocar al recipiente y evitar derrames durante el proceso de ensayo.

#### **b) Preparación de la muestra.**

- La preparación de la muestra es resultante del ensayo NTP 339.036 donde obtenemos concreto en estado fresco.

#### **c) Procedimiento.**

- Colocamos en el recipiente el concreto en estado fresco utilizando la cuchara, hacemos un movimiento de la cuchara alrededor del perímetro interno del recipiente para asegurar su correcta distribución y evitar en lo posible la segregación.

- Se hace el llenado del recipiente en 3 capas, luego damos 25 golpes con la barra compactadora en cada capa distribuyendo los golpes en toda el área del recipiente. La penetración es en la primera capa todo su espesor, en la segunda y última capa es de 25mm de penetración en la capa anterior.
- Luego damos 15 golpes con el mazo de caucho, utilizando una fuerza adecuada para cerrar los poros y eliminar las burbujas grandes de aire atrapadas.
- Se enraza el exceso de concreto con la barra, se termina suavemente la superficie del borde superior haciéndolo con gran cuidado para dejar nivelado y lleno.
- Posteriormente se hace el limpiado del concreto en exceso que se encuentra en los exteriores del recipiente de ensayo para finalmente hacer el pesado en la balanza descrita anteriormente.

**d) Cálculo.**

$$D = (M_c - M_m) / V_m$$

Donde:

$M_c$ =Masa del recipiente lleno de concreto fresco en Kg.

$M_m$ = Masa del recipiente en Kg.

$V_m$ = Volumen del recipiente en m<sup>3</sup>.

**3.3.6. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.**

Para la realización de este ensayo hemos tomado en consideración la NTP 339.034. La presente norma NTP (339.034, 2015) se utiliza para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto dada por la limitación de que la masa unitaria sea mayor de 800kg/m<sup>3</sup>, para nuestra investigación no se presenta dicha limitación.

**a) Equipos.**

- Máquina de ensayo a compresión.
- Discos de neopreno como platos retenedores
- Vernier.
- Regla metálica.

**b) Preparación de la muestra.**

- Luego de extraerlos a las muestras del almacenamiento húmedo se hacen las mediciones con el vernier de dos diámetros de cada cara, estos diámetros son medidos en ángulo recto uno del otro, luego también se midió la altura de la muestra en dos de sus lados para luego llevarlas a la máquina de ensayo.

**c) Procedimiento.**

- En la presente investigación se han ensayado a la edad de los 28 días, cumpliendo la tolerancia permisible de  $\pm 20$  horas o 3%.
- Luego se hizo una limpieza de las caras de contacto de los bloques superior e inferior y las de la muestra de ensayo. Se colocó la muestra con los discos de neopreno en ambas caras de tal manera que se encuentren alineados los ejes de la muestra con el centro del bloque de empuje inferior y el bloque superior.
- Se asentó el bloque superior hasta ponerse en contacto con el plato contenedor superior, se verificó que el indicador de carga se encuentre en cero.
- **Velocidad de aplicación de carga.** Este variable objetivo de estudio para la presente investigación fue aplicada en diversos rangos, algunos de estos rangos están dentro de lo que indica la norma NTP 339.034 y los otros rangos fuera de ella. Se tuvo en consideración que estas velocidades se mantengan durante

la mitad final de la fase de ensayo. Durante el ensayo se hizo el ajuste de la válvula de inyección de aceite suavemente para mantener constante la velocidad de aplicación de carga.

- Se aplicó la carga hasta que la muestra falló y se hizo el registro correspondiente de la máxima carga soportada por dicha muestra.

**d) Cálculo.**

- Para el cálculo de la resistencia a la compresión se divide la carga máxima obtenida en el ensayo entre el área promedio de la sección transversal de la muestra.

### **3.4. TRATAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.**

#### **3.4.1. TRATAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS.**

El tratamiento y análisis de datos para las propiedades físicas y mecánicas de los agregados se presentan en tablas, en donde se considera como dato el promedio de tres ensayos para cada propiedad, estas a su vez nos sirven para poder realizar el diseño de mezcla.

Con respecto al tratamiento y análisis de datos obtenidos en la resistencia a la compresión del concreto de los dos diseños como son  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y  $f'c=280\text{kg/cm}^2$ , se utilizó también tablas y gráficos en los cuales se hizo el análisis para las diferentes velocidades de aplicación de carga, la resistencia a la compresión de las probetas se determinó a través del promedio de cada grupo, con estos datos se hizo la comprobación de la hipótesis.

### 3.4.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

#### 3.4.2.1. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados naturales.

En la tabla N° 18 nos muestra las propiedades físicas del agregado fino, así como del agregado grueso de la cantera Aguilar. Los resultados de los ensayos de cada propiedad se muestran en el ANEXO N°01.

**Tabla 18**

*Propiedades de los agregados de la Cantera Aguilar.*

AGREGADOS:	Cantera Aguilar				
	Propiedades	Agregado fino		Agregado grueso	
Tamaño máximo nominal:		--		3/4"	
Peso específico de masa:	2.61	g/cm <sup>3</sup>	2.62	g/cm <sup>3</sup>	
Peso específico saturado superficialmente seco:	2.65	g/cm <sup>3</sup>	2.65	g/cm <sup>3</sup>	
Peso específico aparente:	2.71	g/cm <sup>3</sup>	2.7	g/cm <sup>3</sup>	
Peso unitario suelto:	1610	kg/m <sup>3</sup>	1386	kg/m <sup>3</sup>	
Peso unitario compactado:	1735	kg/m <sup>3</sup>	1509	kg/m <sup>3</sup>	
Contenido de humedad (%):	4.73		0.27		
Absorción (%):	1.5		1.1		
Módulo de Finura:	2.786		6.845		
Abrasión(%):		--	29.00		
Porcentaje que pasa la Malla N° 200:		2.90%	0.40%		

#### 3.4.2.2. Diseño de mezcla.

En la tabla N° 19 nos muestra la dosificación de concreto para  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y en la tabla N° 20 para  $f'c=280\text{kg/cm}^2$ , para ambos casos se utilizó el método del comité 211 del ACI. El procedimiento se muestra en el ANEXO N° 02.



**Tabla 19***Materiales necesarios para metro cubico de concreto  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>*

<b>CONCRETO F'C=210 Kg/cm<sup>2</sup></b>			
<b>MATERIALES DE DISEÑO</b>		<b>MATERIALES CORREGIDOS</b>	
CEMENTO (Kg)	332.15	CEMENTO (Kg)	332.15
AGUA DE DISEÑO (Lt)	205.00	AGUA EFECTIVA (Lt)	186.64
AGREGADO FINO SECO (Kg)	810.84	AGREGADO FINO HUMEDO (Kg)	849.15
AGREGADO GRUESO SECO (Kg)	937.64	AGREGADO GRUESO HUMEDO (Kg)	940.16
AIRE TOTAL(%)	2.00	AIRE TOTAL(%)	2.00

**Tabla 20***Materiales necesarios para metro cubico de concreto  $f'c=280$  Kg/cm<sup>2</sup>.*

<b>CONCRETO F'C=280 Kg/cm<sup>2</sup></b>			
<b>MATERIALES DE DISEÑO</b>		<b>MATERIALES CORREGIDOS</b>	
CEMENTO (Kg)	410.33	CEMENTO (Kg)	410.33
AGUA DE DISEÑO (Lt)	205.00	AGUA EFECTIVA (Lt)	188.75
AGREGADO FINO SECO (Kg)	745.43	AGREGADO FINO HUMEDO (Kg)	780.66
AGREGADO GRUESO SECO (Kg)	937.64	AGREGADO GRUESO HUMEDO (Kg)	940.16
AIRE TOTAL(%)	2.00	AIRE TOTAL(%)	2.00

**3.4.2.3. Peso unitario del concreto en estado fresco.**

Para la presentación de los siguientes resultados del peso unitario del concreto en estado fresco se ha seguido las especificaciones de la norma NTP 339.046. Estos resultados para mayor detalle se muestran en el ANEXO N° 03.

**Tabla 21***Peso unitario del concreto en estado fresco*

<b>PESO UNITARIO CONCRETO EN ESTADO FRESCO</b>			
<b>CONCRETO F'C=210 kg/cm<sup>2</sup></b>		<b>CONCRETO F'C=280 kg/cm<sup>2</sup></b>	
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO UNITARIO (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>PESO UNITARIO (kg/m<sup>3</sup>)</b>
M-1	2294.61	M-1	2332.75
M-2	2302.11	M-2	2341.24
M-3	2290.91	M-3	2322.70
M-4	2296.16	M-4	2342.14
M-5	2292.24	M-5	2324.36
M-6	2307.62	M-6	2335.46
M-7	2274.55	M-7	2322.94
M-8	2294.02	M-8	2328.06
M-9	2280.73	M-9	2323.66
M-10	2312.58	M-10	2335.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>2294.55</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>2330.83</b>

**3.4.2.4. Peso unitario del concreto en estado endurecido.**

Para la presentación de los siguientes resultados del peso unitario del concreto en estado endurecido se obtuvo de un total de 20 muestras. Estos resultados para mayor detalle se muestran en el ANEXO N° 03.

**Tabla 22***Peso unitario del concreto en estado endurecido*

<b>PESO UNITARIO CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO</b>	
<b>CONCRETO F'C=210 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>CONCRETO F'C=280 kg/cm<sup>2</sup></b>

MUESTRA	PESO		MUESTRA	PESO	
	UNITARIO	(kg/m <sup>3</sup> )		UNITARIO	(kg/m <sup>3</sup> )
M-1	2283.60		M-1	2327.26	
M-2	2280.04		M-2	2333.92	
M-3	2280.57		M-3	2313.53	
M-4	2283.35		M-4	2329.32	
M-5	2281.25		M-5	2315.21	
M-6	2289.13		M-6	2331.79	
M-7	2269.06		M-7	2315.67	
M-8	2282.91		M-8	2322.56	
M-9	2267.86		M-9	2308.91	
M-10	2290.45		M-10	2316.64	
<b>PROMEDIO</b>	<b>2280.82</b>		<b>PROMEDIO</b>	<b>2321.48</b>	

### 3.4.2.5. Resistencia a la compresión.

Los ensayos para determinar la resistencia a la compresión se realizaron a la edad de 28 días tanto para concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ . Se tomaron en cuenta el diámetro de la muestra, altura, carga última, todos estos en concordancia con la norma NTP 339.034.

En la tabla presentada a continuación se detalla la resistencia a compresión obtenida a diferentes velocidades de aplicación de carga para un concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla 23**

*Resistencia a la compresión para probetas de concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .*

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM <sup>2</sup>							
VELOCIDAD DE CARGA	1.02-1.53	1.53-2.04	2.04-2.55	2.55-3.06	3.06-3.57	3.57-4.08	4.08-4.59
	kg/cm <sup>2</sup> /s	kg/cm <sup>2</sup> /s	kg/cm <sup>2</sup> /s	kg/cm <sup>2</sup> /s	kg/cm <sup>2</sup> /s	kg/cm <sup>2</sup> /s	kg/cm <sup>2</sup> /s
	205.79	212.82	217.44	225.13	229.44	240.98	243.65

F'C	204.72	207.81	214.76	226.52	233.81	238.07	246.83
OBTENIDA	201.53	206.51	219.57	225.60	236.24	235.42	242.39
(kg/cm <sup>2</sup> )	198.17	207.36	219.78	223.20	232.50	239.82	241.07
	207.41	213.53	222.50	227.72	233.86	238.03	243.31
<b>PROMEDIO</b>	<b>203.52</b>	<b>209.61</b>	<b>218.81</b>	<b>225.63</b>	<b>233.17</b>	<b>238.46</b>	<b>243.45</b>

En la tabla que presentamos a continuación se detalla la resistencia a compresión obtenida a diferentes velocidades de aplicación de carga para un concreto con  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla 24**

*Resistencia a la compresión para probetas de concreto con  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C=280 KG/CM<sup>2</sup></b>							
VELOCIDAD DE CARGA	1.02-1.53	1.53-2.04	2.04-2.55	2.55-3.06	3.06-3.57	3.57-4.08	4.08-4.59
	kg/cm <sup>2</sup> /s	kg/cm <sup>2</sup> /s	kg/cm <sup>2</sup> /s	kg/cm <sup>2</sup> /s	kg/cm <sup>2</sup> /s	kg/cm <sup>2</sup> /s	kg/cm <sup>2</sup> /s
F'C	279.37	289.14	297.48	304.98	314.01	322.29	328.58
OBTENIDA	279.55	288.13	299.01	307.21	311.89	323.00	333.47
(kg/cm <sup>2</sup> )	278.94	286.28	294.28	306.48	311.23	323.77	333.72
	278.56	288.57	295.01	305.47	314.34	324.42	331.69
	277.52	285.00	297.13	303.98	312.09	323.86	328.86
<b>PROMEDIO</b>	<b>278.79</b>	<b>287.42</b>	<b>296.58</b>	<b>305.63</b>	<b>312.71</b>	<b>323.47</b>	<b>331.26</b>

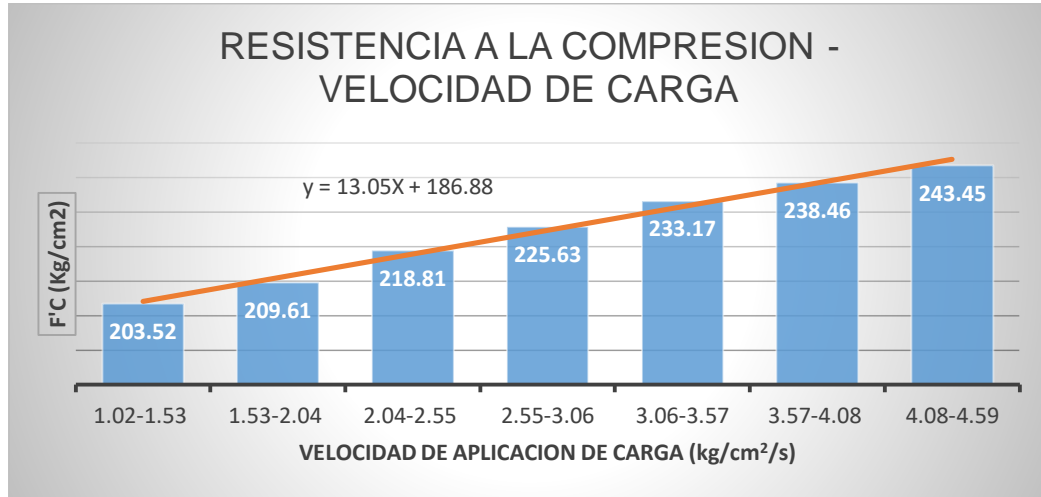
#### 3.4.2.6. Correlación de variables.

La relación entre variables de la presente investigación para un concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  es lineal, donde la ecuación de la gráfica es  $Y = 13.05x + 186.88$  como vemos en la figura N°12.

**Figura 12**

*Ecuación de la gráfica resistencia a la compresión vs velocidad de carga para  $f'c$*

*= 210 kg/cm<sup>2</sup>*

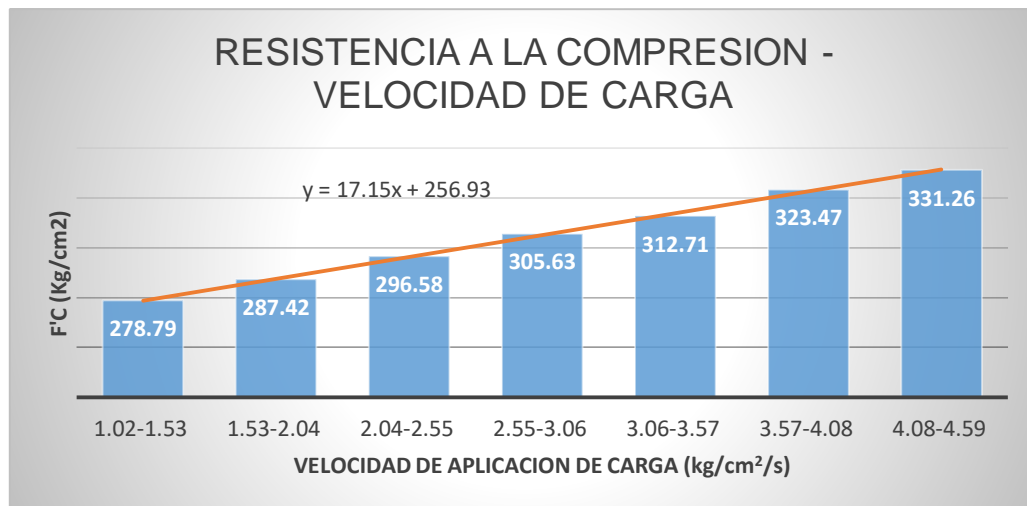


La relación entre variables para un concreto de  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  presentes en esta investigación es lineal, donde la ecuación de la gráfica es  $Y = 17.15x + 256.93$  como vemos en la figura N° 13.

**Figura 13**

*Ecuación de la gráfica resistencia a la compresión vs velocidad de carga para  $f'c$*

*= 280 kg/cm<sup>2</sup>*



## **CAPÍTULO IV. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS**

### **4.1. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS DE LAS**

#### **CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS.**

Según la tabla N° 18, con respecto a la granulometría del agregado fino, tenemos a un agregado con partículas bien gradadas estando dentro de los rangos establecidos por la norma NTP 400.037, para mayor detalle lo podemos visualizar en la curva de distribución granulométrica correspondiente a cada ensayo de granulometría.

En la granulometría del agregado grueso se evidenció estar dentro del Huso M establecido por la norma, lo que significa que también presenta agregado bien gradado en condiciones para la elaboración de la mezcla de concreto.

El módulo de finura del agregado fino como del agregado grueso cumplen con los requisitos de la norma NTP 400.037.

Los resultados mostrados del peso específico y absorción de los agregados (fino y grueso) cumplen con los rangos establecidos por la norma NTP 400.037, esto nos da entender que dichos agregados están en óptimas condiciones para la elaboración de concreto.

El peso unitario suelto y compactado del agregado fino es mayor al peso unitario suelto y compactado del agregado grueso, esto debido que el agregado fino tiene una mayor facilidad para el acomodo de sus partículas, disminuyendo los vacíos entre ellas. Además de ellos, cabe precisar que los pesos unitarios suelto y compactado para ambos agregados cumplen los requisitos de la norma NTP 400.037.

La resistencia a la abrasión o desgaste del agregado grueso es del 29%, esto nos indica que cumple con los requisitos de la norma la cual indica que no tiene que ser mayor

al 50%, dando a conocer que el agregado está en buenas condiciones de compactación y resistencia.

El porcentaje de partículas que pasan el tamiz N°200 del agregado grueso es 0.40%, indicando que cumple la norma al ser menor que el 1%, por otra parte, en el agregado fino es de 2.90% cumpliendo también con la norma al ser este resultado menor que el 5%.

#### **4.2. ANALISIS Y RESULTADO DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.**

La tabla N°21 muestra que los resultados presentados fueron obtenidos de un total de 20 mediciones de las muestras en su estado fresco, 10 mediciones de concreto con  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y 10 con  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ . El peso unitario para el concreto en estado fresco para el primer grupo es  $2294.55 \text{ kg/cm}^2$  y el peso unitario para concreto para el segundo grupo es igual  $2330.83 \text{ kg/cm}^2$ .

Podemos también evidenciar según los datos que no existen grandes variaciones en cada ensayo. Además, se puede clasificar como un concreto normal para ambos grupos ya que están dentro del rango de  $2200 \text{ kg/cm}^2$  y  $2400 \text{ kg/cm}^2$ .

Se puede afirmar también que el peso unitario del concreto de  $f'c= 280\text{kg/cm}^2$  en estado fresco es mayor al peso unitario de concreto de  $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ , esto debido a su composición de materiales detallados en cada diseño de mezcla.

#### **4.3. ANALISIS Y RESULTADO DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.**

Igualmente se realizaron 20 mediciones para determinar el peso unitario en estado endurecido para los dos tipos de concreto desarrollados en la presente investigación.

En la tabla N° 22, el peso unitario para el concreto en estado endurecido para concreto de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  es  $2280.82 \text{ kg/cm}^2$  y para el concreto de  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  es  $2321.48 \text{ kg/cm}^2$ .

Según los datos de la tabla N° 22, podemos afirmar que no se presenta grandes variaciones en los diversos ensayos y también se puede clasificar como un concreto normal porque se encuentran en el rango de  $2200 \text{ kg/cm}^2$  y  $2400 \text{ kg/cm}^2$ .

El peso unitario del concreto en estado endurecido es mayor para un  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  que para un  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , esto debido a su composición de materiales detallados en cada diseño de mezcla.

#### **4.4. ANALISIS Y RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.**

En la tabla N°23 presentada se observa los valores promedio de las resistencias a compresión de probetas de concreto con  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  alcanzadas para los siete grupos de velocidades de aplicación de carga. Para un rango de velocidad de  $0.10\text{-}0.15 \text{ Mpa/s}$  ( $1.02\text{-}1.53 \text{ kg/cm}^2/\text{s}$ ) se obtuvo la resistencia a la compresión de  $203.52 \text{ Kg/cm}^2$ , para las probetas que se ensayaron con un rango de velocidad de  $0.15\text{-}0.20 \text{ Mpa/s}$  ( $1.53\text{-}2.04 \text{ kg/cm}^2/\text{s}$ ) resultó la resistencia promedio a la compresión de  $209.61 \text{ Kg/cm}^2$ , para las probetas que se ensayaron con un rango de velocidad de  $0.20\text{-}0.25 \text{ Mpa/s}$  ( $2.04\text{-}2.55 \text{ kg/cm}^2/\text{s}$ ) se obtuvo la resistencia promedio a la compresión de  $218.81 \text{ Kg/cm}^2$ , para las probetas que se ensayaron con un rango de velocidad de  $0.25\text{-}0.30 \text{ Mpa/s}$  ( $2.55\text{-}3.06 \text{ kg/cm}^2/\text{s}$ ) se obtuvo la resistencia promedio a la compresión de  $225.63 \text{ Kg/cm}^2$ , para las probetas que se ensayaron con un rango de velocidad de  $0.30\text{-}0.35 \text{ Mpa/s}$  ( $3.06\text{-}3.57 \text{ kg/cm}^2/\text{s}$ ) se obtuvo la resistencia promedio a la compresión de  $233.17 \text{ Kg/cm}^2$ , para las probetas que se ensayaron con un rango de velocidad de  $0.35\text{-}0.40 \text{ Mpa/s}$  ( $3.57\text{-}4.08$



kg/cm<sup>2</sup>/s) se obtuvo la resistencia promedio a la compresión de 238.46 Kg/cm<sup>2</sup> y para los especímenes que se ensayaron con un rango de velocidad de 0.40-0.45 Mpa/s(4.08-4.59 kg/cm<sup>2</sup>/s) se obtuvo la resistencia promedio a la compresión de 243.45 Kg/cm<sup>2</sup>.

Según la tabla N°23, se puede afirmar que la resistencia a compresión de las probetas de concreto para un  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días tiende a aumentar cuando la velocidad de aplicación de carga aumenta, mientras que cuando la velocidad disminuye, la resistencia a la compresión también disminuye. Por lo tanto, se dice que la velocidad de aplicación de carga tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión de probetas de concreto para un  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

En la tabla N°24 se observa los valores promedio de las resistencias a compresión de probetas de concreto con  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> alcanzadas para los siete grupos de velocidades de aplicación de carga. Para un rango de velocidad de 0.10-0.15 Mpa/s(1.02-1.53 kg/cm<sup>2</sup>/s) se obtuvo la resistencia a la compresión de 278.79 Kg/cm<sup>2</sup>, para las probetas que se ensayaron con un rango de velocidad de 0.15-0.20 Mpa/s(1.53-2.04 kg/cm<sup>2</sup>/s) resultó la resistencia promedio a la compresión de 287.42 Kg/cm<sup>2</sup>, para las probetas que se ensayaron con un rango de velocidad de 0.20-0.25 Mpa/s(2.04-2.55 kg/cm<sup>2</sup>/s) se obtuvo la resistencia promedio a la compresión de 296.58 Kg/cm<sup>2</sup>, para las probetas que se ensayaron con un rango de velocidad de 0.25-0.30 Mpa/s(2.55-3.06 kg/cm<sup>2</sup>/s) se obtuvo la resistencia promedio a la compresión de 305.63 Kg/cm<sup>2</sup>, para las probetas que se ensayaron con un rango de velocidad de 0.30-0.35 Mpa/s(3.06-3.57 kg/cm<sup>2</sup>/s) se obtuvo la resistencia promedio a la compresión de 312.71 Kg/cm<sup>2</sup>, para las probetas que se ensayaron con un rango de velocidad de 0.35-0.40 Mpa/s(3.57-4.08 kg/cm<sup>2</sup>/s) se obtuvo la resistencia promedio a la compresión de 323.47 Kg/cm<sup>2</sup> y para los especímenes que se ensayaron con

un rango de velocidad de 0.40-0.45 Mpa/s(4.08-4.59 kg/cm<sup>2</sup>/s) se obtuvo la resistencia promedio a la compresión de 331.26 Kg/cm<sup>2</sup>.

Según la tabla N° 24, se puede afirmar que la resistencia a compresión de las probetas de concreto para un  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días tiende a aumentar cuando la velocidad de aplicación de carga aumenta, mientras que cuando la velocidad disminuye, la resistencia a la compresión también disminuye. También notamos que a velocidades altas es decir de 0.40-0.45 Mpa/s(4.08-4.59 kg/cm<sup>2</sup>/s) la resistencia a la compresión aumenta en un 18.31%. y a velocidades bajas llega a un 99.57% de la resistencia diseñada para un  $f'c=280$ kg/cm<sup>2</sup>.

#### **4.5. DISCUSION DE RESULTADOS CONTRASTADOS CON LA HIPOTESIS**

Para las probetas de concreto ensayadas en la presente investigación con diferentes rangos de velocidades de aplicación de carga tanto inferiores como superiores de lo que nos indica la norma NTP 339.034, se obtuvieron resistencias superiores a las de diseño con rangos de velocidad altas y superiores a la norma, también con rangos de velocidad menores a los de la norma se llegó a resistencias menores a las de diseño.

La resistencia máxima obtenida se dio con el rango de velocidad máximo ensayado y la resistencia mínima con el rango de velocidad mínimo por lo que concluimos que nuestra hipótesis es válida.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- La resistencia a la compresión a los 28 días para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> es de 203.52 kg/cm<sup>2</sup>, 209.61 kg/cm<sup>2</sup>, 218.51 kg/cm<sup>2</sup>, 225.63 kg/cm<sup>2</sup>, 233.17 kg/cm<sup>2</sup>, 238.46 kg/cm<sup>2</sup> y 243.45 kg/cm<sup>2</sup> usando velocidades de aplicación de carga de 0.10-0.15 Mpa/s(1.02-1.53 kg/cm<sup>2</sup>/s), 0.15-0.20 Mpa/s(1.53-2.04 kg/cm<sup>2</sup>/s), 0.20-0.25 Mpa/s(2.04-2.55 kg/cm<sup>2</sup>/s), 0.25-0.30 Mpa/s(2.55-3.06 kg/cm<sup>2</sup>/s), 0.30-0.35 Mpa/s(3.06-3.57 kg/cm<sup>2</sup>/s), 0.35-0.40 Mpa/s(3.57-4.08 kg/cm<sup>2</sup>/s) y 0.40-0.45 Mpa/s(4.08-4.59 kg/cm<sup>2</sup>/s) respectivamente, aumentando su resistencia conforme aumenta la velocidad de aplicación de carga.
- La resistencia a la compresión a los 28 días para  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> es de 278.79 kg/cm<sup>2</sup>, 287.42 kg/cm<sup>2</sup>, 296.58 kg/cm<sup>2</sup>, 305.63 kg/cm<sup>2</sup>, 312.71 kg/cm<sup>2</sup>, 323.47 kg/cm<sup>2</sup> y 331.26 kg/cm<sup>2</sup> usando velocidades de aplicación de carga de 0.10-0.15 Mpa/s(1.02-1.53 kg/cm<sup>2</sup>/s), 0.15-0.20 Mpa/s(1.53-2.04 kg/cm<sup>2</sup>/s), 0.20-0.25 Mpa/s(2.04-2.55 kg/cm<sup>2</sup>/s), 0.25-0.30 Mpa/s(2.55-3.06 kg/cm<sup>2</sup>/s), 0.30-0.35 Mpa/s(3.06-3.57 kg/cm<sup>2</sup>/s), 0.35-0.40 Mpa/s(3.57-4.08 kg/cm<sup>2</sup>/s) y 0.40-0.45 Mpa/s(4.08-4.59 kg/cm<sup>2</sup>/s) respectivamente, aumentando su resistencia conforme aumenta la velocidad de aplicación de carga.

### 5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar ensayos a compresión de concreto a diferentes edades ya que en la presente investigación se ha realizado solo a la edad de 28 días.
- Se recomienda también aplicar velocidades de aplicación de carga con concretos de alta resistencia y determinar su carga de rotura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, F. 2009. Tecnología del concreto. 2 ed. Lima, PE. Editorial San Marcos. 242p.
- ABDULLAH, Aiman. Effects of specimen sizes and loading rates on compressive strength of concrete. ScienceDirect [En línea]. Brunei 2020. [ Fecha de consulta: 05 de marzo 2020]. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221478532035728X?via%3Dihub>
- ACI 116 (American Concrete Institute, US). 2000. Cement and Concrete Terminology. 104p.
- ACI 211 (American Concrete Institute, US). 2002. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete.
- ACI 318 (American Concrete Institute, US). 2002. Building Code Requirements for Structural Concrete. s.p.
- Ayuque Gomez, E. 2019. Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido utilizando cementos comerciales en la ciudad de Huancavelica. Tesis Ing. Huancavelica, PE. UNH. 146p.
- CAO, Shuai. Loading rate effect on uniaxial compressive strength behavior and acoustic emission properties of cemented tailings backfill. ScienceDirect [En línea]. China 2018. [ Fecha de consulta: 06 de marzo 2020]. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819309304>
- Fischer, Ilja. Compressive strength of cement paste as a function of loading rate: Experiments and engineering mechanics analysis. ScienceDirect [En línea]. Austria

2014. [ Fecha de consulta: 07 de marzo 2020]. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0008884614000222>
- Harmsen, TE. 2002. Diseño de estructuras de concreto armado. 3 ed. Lima, PE. s.e. 673 p.
- Informe Técnico. (2021). Avance Coyuntural de la Actividad Económica. Perú. INEI  
<https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/03-informe-tecnico-avance-coyuntural-ene-2021.pdf>
- Kosmatka, S; Kerkhoff, B.; Panarese, W.; Tanesi, J. 2004. Diseño y control de mezclas de concreto. 1 ed. Skokie, US. Portland Cement Association. 448p.
- Neville, AM; Brooks, JJ. 1998. Tecnología del Concreto. 1 ed. México. Trillas. 329p.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.011. INDECOPI. 2008. 2da Edición, Lima, Perú: AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos).
- Norma Técnica Peruana NTP 400.017. INDECOPI. 2011. 3ed. Lima, PE. Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.037. INDECOPI. 2014. 3 ed. Lima, PE. Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.088. INACAL. 2014. 3 ed. Lima, PE. Concreto. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.034. INACAL. 2015. 4ta Edición, Lima, Perú: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

- Norma Técnica Peruana NTP 339.035. INDECOPI. 2009. 3ed. Lima, PE. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.001. INDECOPI. 2001. 2ed. Lima, PE. Cementos. Definiciones y nomenclatura.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.012. INDECOPI. 2013. 3ed. Lima, PE. Agregados. Análisis granulométrico de agregado fino, grueso y global.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.021. INACAL. 2013. 3ed. Lima, PE. Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa y absorción del agregado grueso.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.022. INDECOPI. 2013. 3ed. Lima, PE. Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa y absorción del agregado fino.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.017. INDECOPI. 2011. 3ed. Lima, PE. Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad y los vacíos en los agregados.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.185. INDECOPI. 2013. 2ed. Lima, PE. Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.018. INDECOPI. 2013. 3ed. Lima, PE. Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75um (N°200) por lavado de agregados.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.019. INDECOPI. 2014. 3ed. Lima, PE. Agregados. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la

degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.

Norma Técnica Peruana NTP 339.183. INDECOPI. 2013. 2ed. Lima, PE. Concreto. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.

Norma Técnica Peruana NTP 339.046. INDECOPI. 2008. 2ed. Lima, PE. Hormigón (Concreto). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto).

Norma Técnica Peruana NTP 339.034. INACAL. 2015. 4ed. Lima, PE. Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

Ortega García, JE. 2014. Diseño de Estructuras de Concreto Armado. 1ed. Lima, PE. Macro. v. 1, tomo 1, 238p.

Ottazzi Pasino, G. 2004. Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado. Tesis MSc. Ing. PUCP. Lima, PE. 162p.

Parker, H; Ambrose, J. 2008. Diseño simplificado de Concreto Reforzado. Trad. R Navarro. 3 ed. México. Limusa Wiley. 352p.

Pasquel C, E. 1998. Tópicos de tecnología del concreto. 2 ed. Lima, PE. Colegio de Ingenieros del Perú. 380p.

Porrero S, J; Ramos R, C; Grases G, J; Velazco, GJ. 2014. Manual del Concreto Estructural. 3ed. Caracas, VE. Sidetur. 503p.

Portugal Barriga, P. 2007. Tecnología del concreto de alto desempeño. 1ed. Paris, FR. Lafayette. s.n.t.

Rivva Lopez, E. 2015. Diseño de Mezclas.3 ed. Lima, PE. Williams. 292p.

Sanchez de Guzman, D. 2001. Tecnología del concreto y del mortero. 5 ed. Bogotá, CO.

Bhandar Editores. 349p.



## ANEXO N° 01: PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

### 1. Análisis Granulométrico agregado fino.

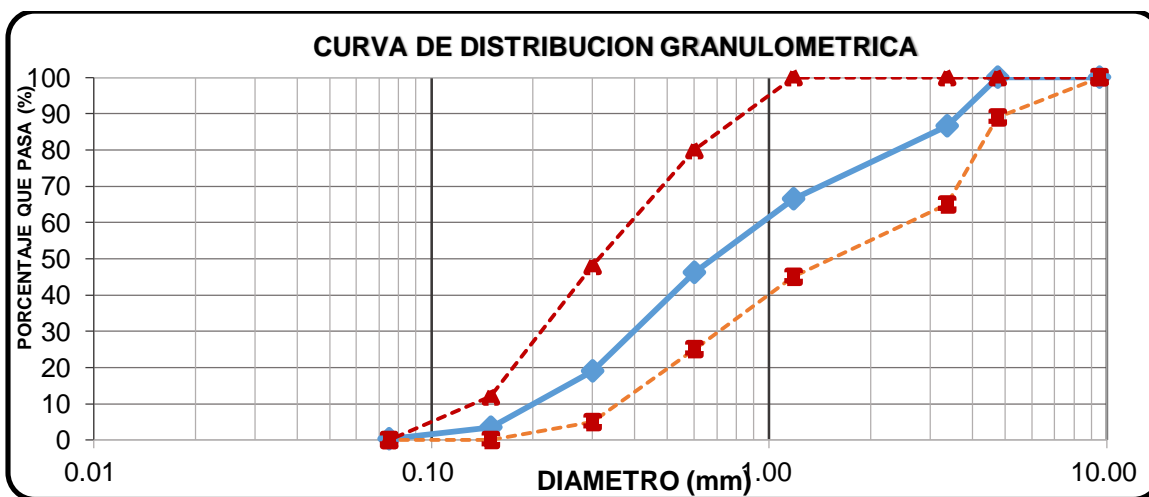
**Tabla 25**

*Ensayo N° 01 de análisis granulométrico de agregado fino.*

<b>Peso Seco Inicial =</b>		<b>1500.00</b>			
N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
N°8	3.36	200.00	13.33	13.33	86.67
N 16	1.18	301.00	20.07	33.40	66.60
N 30	0.60	305.00	20.33	53.73	46.27
N 50	0.30	408.00	27.20	80.93	19.07
N 100	0.15	234.00	15.60	96.53	3.47
N 200	0.075	47.00	3.13	99.67	0.33
Cazoleta	--	5.00	0.33	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1500.00</b>			
<b>MÓDULO DE FINURA =</b>				<b>2.779</b>	

**Figura 14**

*Curva granulométrica de agregado fino del ensayo N°01.*



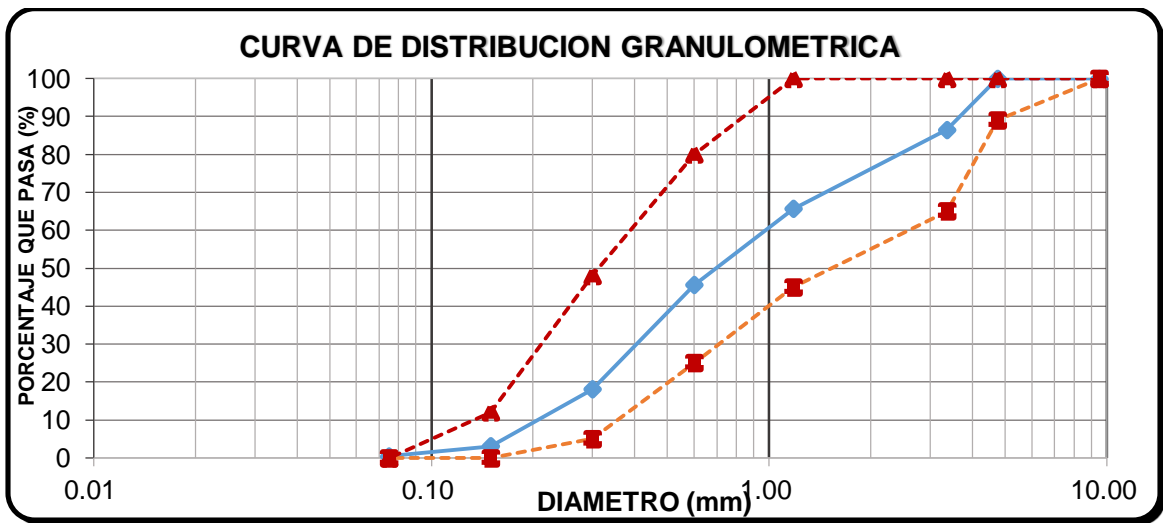
**Tabla 26**

*Ensayo N° 02 de análisis granulométrico de agregado fino.*

Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
N°	Abertura (mm)				
Peso Seco Inicial =		<b>1500.00</b>			
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
N°8	3.36	203.00	13.53	13.53	86.47
N 16	1.18	312.00	20.80	34.33	65.67
N 30	0.60	301.00	20.07	54.40	45.60
N 50	0.30	412.00	27.47	81.87	18.13
N 100	0.15	226.00	15.07	96.93	3.07
N 200	0.075	39.00	2.60	99.53	0.47
Cazoleta	--	7.00	0.47	100.00	0.00
TOTAL		1500.00			
<b>MÓDULO DE FINURA =</b>				<b>2.811</b>	

**Figura 15**

*Curva granulométrica de agregado fino del ensayo N°02.*



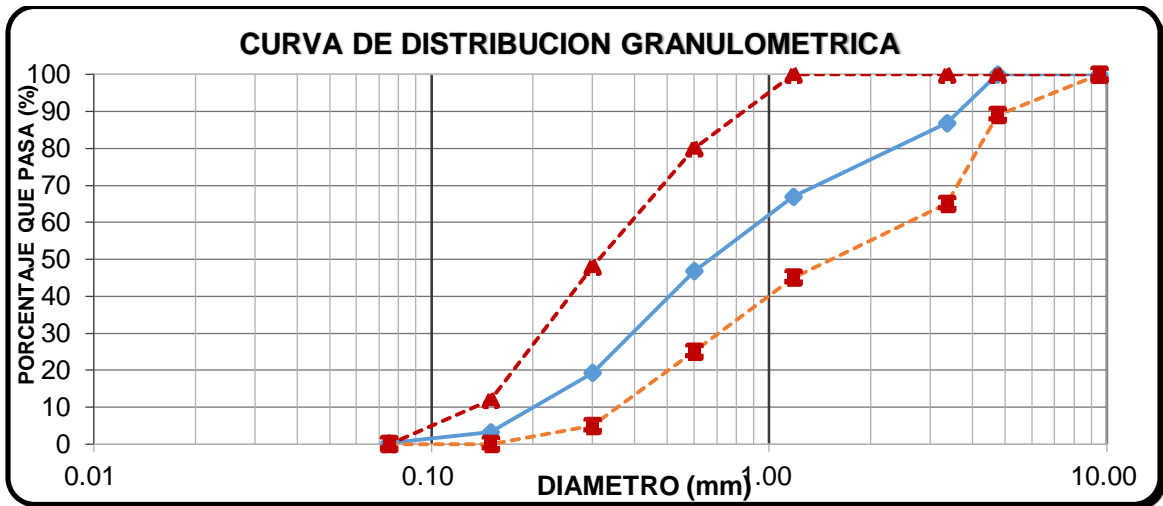
**Tabla 27**

*Ensayo N° 03 de análisis granulométrico de agregado fino.*

<b>Peso Seco Inicial =</b>		<b>1500.00</b>			
N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
N°8	3.36	198.00	13.20	13.20	86.80
N 16	1.18	298.00	19.87	33.07	66.93
N 30	0.60	302.00	20.13	53.20	46.80
N 50	0.30	413.00	27.53	80.73	19.27
N 100	0.15	240.00	16.00	96.73	3.27
N 200	0.075	45.00	3.00	99.73	0.27
Cazoleta	--	4.00	0.27	100.00	0.00
TOTAL		1500.00			
<b>MÓDULO DE FINURA =</b>				<b>2.769</b>	

**Figura 16**

*Curva granulométrica de agregado fino del ensayo N°03*



<b>MÓDULO DE FINURA PROMEDIO=</b>	<b>2.786</b>
-----------------------------------	--------------

## 2. Peso específico y absorción del agregado fino.

**Tabla 28**

*Ensayo de peso específico del agregado fino*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de fiola	g	192.7	192.7	192.7	
Peso de la fiola +agua hasta menisco	g	690.4	690.4	690.4	
peso de la fiola +agua + muestra	g	1003.7	1003.8	1003.9	
Peso de la muestra superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	492.30	492.70	492.90	
volumen de agua añadida al frasco (g)	g	311.00	311.10	311.20	
<b>Peso Específico de Masa</b>	<b>g/m<sup>3</sup></b>	<b>2.605</b>	<b>2.608</b>	<b>2.611</b>	<b>2.610</b>
<b>Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco</b>	<b>g/m<sup>3</sup></b>	<b>2.646</b>	<b>2.647</b>	<b>2.648</b>	<b>2.650</b>
<b>Peso Específico de Aparente</b>	<b>g/m<sup>3</sup></b>	<b>2.715</b>	<b>2.713</b>	<b>2.713</b>	<b>2.710</b>

**Tabla 29**

*Ensayo de absorción del agregado fino*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra Superficialmente Seca	g	500.00	500.0	500.0	
Peso de la muestra secada al horno	g	492.30	492.7	492.9	
<b>Absorción (%)</b>	<b>%</b>	<b>1.564</b>	<b>1.482</b>	<b>1.440</b>	<b>1.500</b>

## 3. Peso unitario del agregado fino.

**Tabla 30**

*Peso específico del agua*

Peso de la fiola promedio en (g) =	192.7
Peso de la fiola promedio más agua en (g) =	690.4
Volumen de la fiola (cm <sup>3</sup> ) =	500
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> ) =	0.9954
<b>P.e en (Kg/m<sup>3</sup>) =</b>	<b>995.4</b>

**Tabla 31***Factor “f” del recipiente del agregado fino*

Peso del Molde promedio (g) =	1992
Peso del Molde + Agua promedio (g) =	4867
Peso Agua (Kg) =	2.875
f (1/m <sup>3</sup> ) =	346.23

**Tabla 32***Ensayo peso unitario seco suelto del agregado fino*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	1992.00	1992.00	1992.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	6619.00	6634.00	6677.00	
Peso de la muestra suelta	g	4627.00	4642.00	4685.00	
Factor (f)		346.226	346.226	346.226	
Peso Unitario Suelto	g/cm <sup>3</sup>	1.602	1.607	1.622	1.610
<b>Peso Unitario Suelto</b>	<b>Kg/ m<sup>3</sup></b>	<b>1601.99</b>	<b>1607.18</b>	<b>1622.07</b>	<b>1610</b>

**Tabla 33***Ensayo peso unitario seco compactado del agregado fino*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	1992.0	1992.0	1992.0	
Peso de muestra Compactada + recipiente	g	7007.0	6992.0	7011.0	
Peso de la muestra suelta	g	5015.0	5000.0	5019.0	
Factor (f)	1/m <sup>3</sup>	346.2	346.2	346.2	
Peso Unitario Compactado	g/cm <sup>3</sup>	1.74	1.73	1.74	1.735
<b>Peso Unitario Compactado</b>	<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1736.32</b>	<b>1731.13</b>	<b>1737.71</b>	<b>1735</b>

#### 4. Contenido de humedad

**Tabla 34**

*Ensayo del contenido de humedad del agregado fino.*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Prom.
Peso del Recipiente	g	358.5	358.7	360.2	
Peso del Recipiente + muestra Humeda	g	1997.5	1784.0	1677.0	
Peso del Recipiente + muestra seca	g	1922.2	1721.5	1617.0	
<b>Contenido de Humedad</b>	<b>W %</b>	<b>4.82</b>	<b>4.59</b>	<b>4.77</b>	<b>4.73</b>

#### 5. Material más fino que pasa el tamiz N°200

**Tabla 35**

*Ensayo de partículas que pasan la malla N°200 del agregado fino.*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Prom
Peso de Muestra Original	g	500	500	500	
Peso de la muestra Lavada	g	485.56	485.74	485.62	
Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	14.44	14.26	14.38	
<b>Material que Pasa el Tamiz N° 200</b>	<b>%</b>	<b>2.89%</b>	<b>2.85%</b>	<b>2.88%</b>	<b>2.90%</b>

#### 6. Análisis granulométrico del agregado grueso

**Tabla 36**

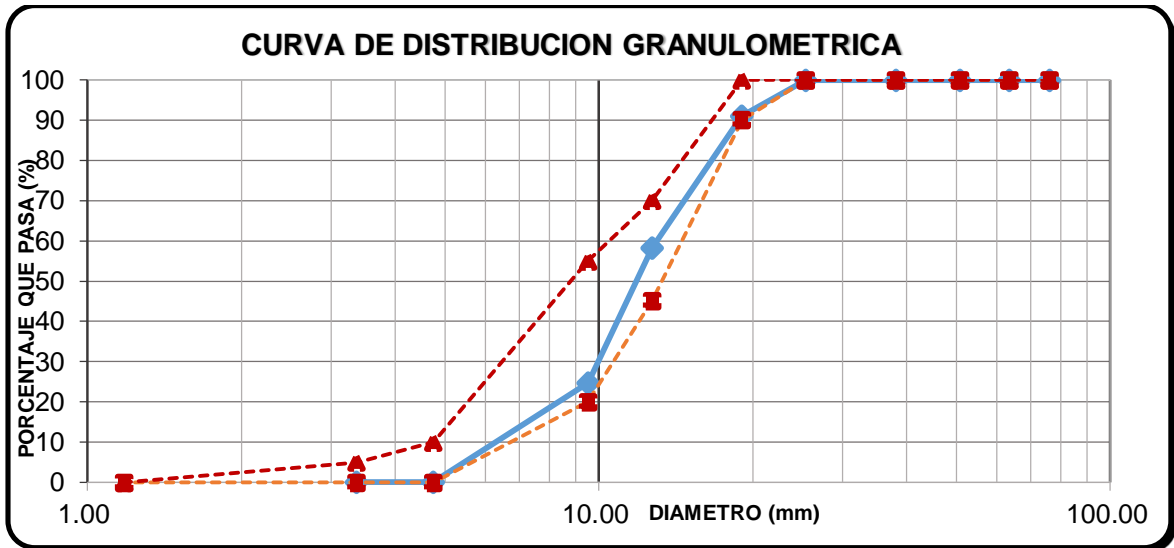
*Ensayo N°01 de análisis granulométrico del agregado grueso.*

Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
N°	Abertura (mm)				
<b>Peso Seco Inicial = 8000.00</b>					
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	714.00	8.93	8.93	91.08
1/2"	12.70	2622.00	32.78	41.70	58.30
3/8"	9.53	2683.00	33.54	75.24	24.76

N°4	4.75	1977.00	24.71	99.95	0.05
Cazoleta	--	4	0.05	100.00	0.00
TOTAL		8000.00			
<b>MÓDULO DE FINURA =</b>				<b>6.839</b>	

**Figura 17**

*Curva granulométrica de agregado grueso del ensayo N°01*



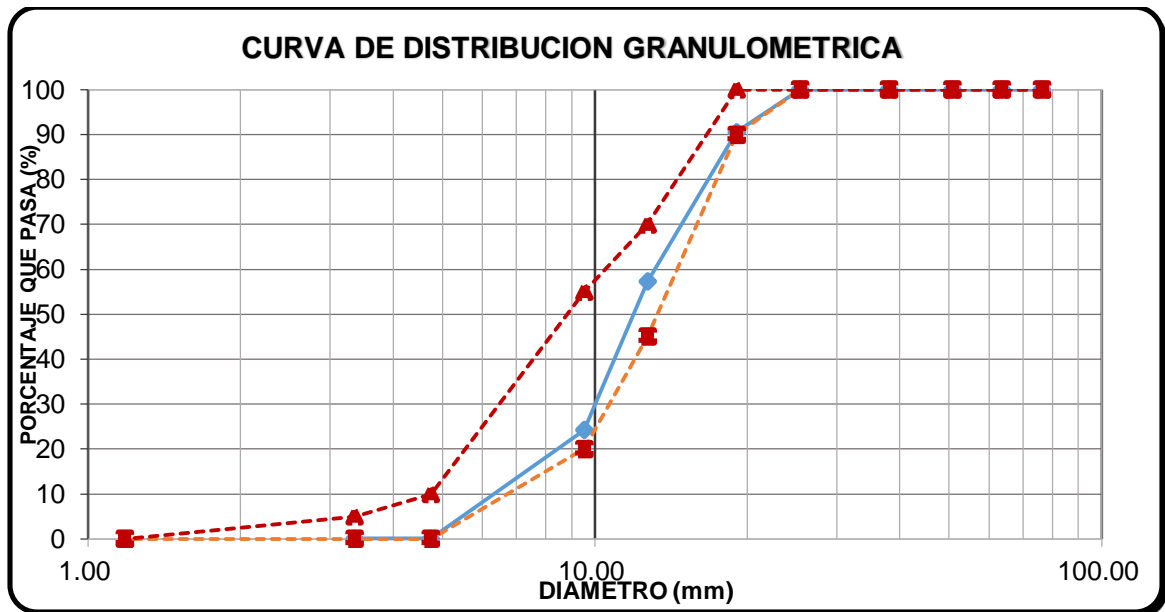
**Tabla 37**

*Ensayo N°02 de análisis granulométrico del agregado grueso.*

<b>Peso Seco Inicial =</b>		<b>8000.00</b>			
N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	754.00	9.43	9.43	90.58
1/2"	12.70	2662.00	33.28	42.70	57.30
3/8"	9.53	2644.00	33.05	75.75	24.25
N°4	4.75	1936.00	24.20	99.95	0.05
Cazoleta	--	4	0.05	100.00	0.00
TOTAL		8000.00			
<b>MÓDULO DE FINURA =</b>				<b>6.849</b>	

**Figura 18**

*Curva granulométrica de agregado grueso del ensayo N°02.*



**Tabla 38**

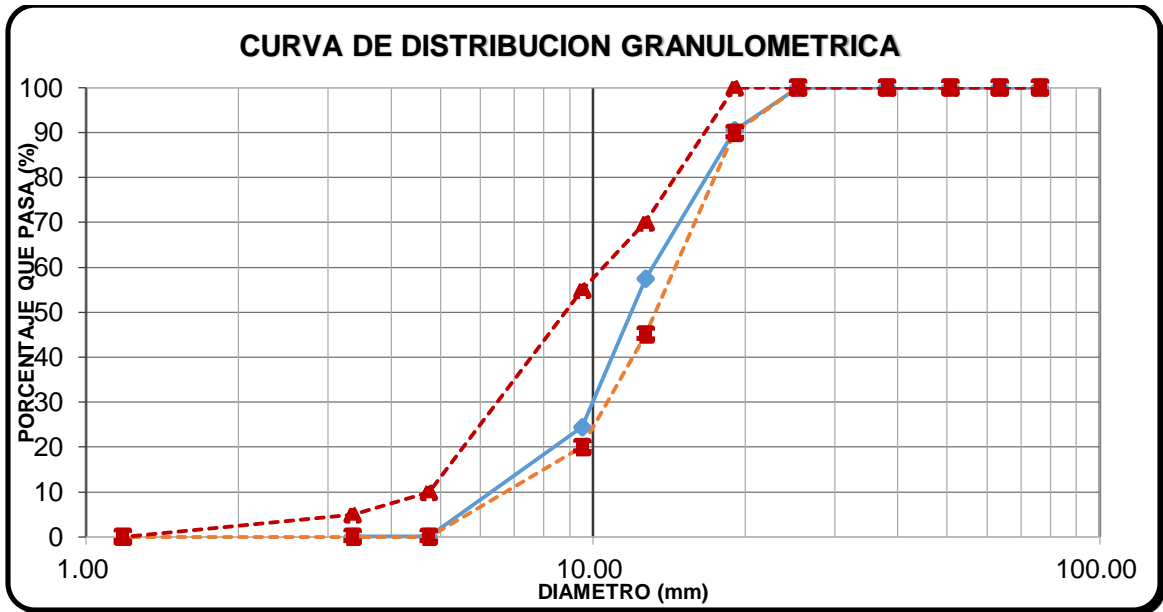
*Ensayo N°03 de análisis granulométrico del agregado grueso.*

Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
N°	Abertura (mm)				
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	762.00	9.53	9.53	90.48
1/2"	12.70	2645.00	33.06	42.59	57.41
3/8"	9.53	2641.00	33.01	75.60	24.40
N°4	4.75	1949.00	24.36	99.96	0.04
Cazoleta	--	3	0.04	100.00	0.00
TOTAL		8000.00			
<b>MÓDULO DE FINURA =</b>				<b>6.849</b>	



**Figura 19**

*Curva granulométrica de agregado grueso del ensayo N°03.*



<b>MÓDULO DE FINURA PROMEDIO=</b>	<b>6.845</b>
-----------------------------------	--------------

**7. Peso específico y absorción del agregado grueso**

**Tabla 39**

*Ensayo del peso específico del agregado grueso*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de muestra SSS + canastilla sumergida	g	2741.1	2744.2	2740.7	
Peso de canastilla sumergida	g	875.0	875.0	875.0	
Peso de la muestra superficialmente Seca	g	3000.0	3000.0	3000.0	
Peso de la muestra secada al horno	g	2966.1	2966.3	2966.1	
Peso de la muestra sumergida en el agua	g	1866.1	1869.2	1865.7	
<b>Peso Específico de Masa</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.62</b>	<b>2.62</b>	<b>2.61</b>	<b>2.620</b>
<b>Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.65</b>	<b>2.65</b>	<b>2.64</b>	<b>2.650</b>
<b>Peso Específico de Aparente</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.70</b>	<b>2.70</b>	<b>2.70</b>	<b>2.700</b>

**Tabla 40***Ensayo de absorción del agregado grueso*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra Superficialmente Seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	2966.10	2966.30	2966.05	
<b>Absorción (%)</b>	<b>%</b>	<b>1.143</b>	<b>1.136</b>	<b>1.145</b>	<b>1.100</b>

**8. Peso unitario del agregado grueso****Tabla 41***Factor “f” del recipiente del agregado grueso.*

Peso del Molde (g) =	4222.00
Peso del Molde + Agua (g) =	13777.00
Peso Agua (Kg) =	9.5550
<b>f (1/m<sup>3</sup>) =</b>	<b>104.176</b>

**Tabla 42***Ensayo peso unitario seco suelto del agregado grueso.*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Prom.
Peso del recipiente	g	4222.0	4222.0	4222.0	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	17477.0	17542.0	17568.0	
Peso de la muestra suelta	g	13255.0	13320.0	13346.0	
Factor (f)	1/m <sup>3</sup>	104.2	104.2	104.2	
Peso Unitario Suelto	g/cm <sup>3</sup>	1.381	1.388	1.390	1.386
<b>Peso Unitario Suelto</b>	<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1381</b>	<b>1388</b>	<b>1390</b>	<b>1386</b>

**Tabla 43***Ensayo peso unitario seco compactado del agregado grueso*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Prom.
Peso del recipiente	g	4222.0	4222.0	4222.0	
Peso de muestra Compactada + recipiente	g	18675.0	18712.0	18732.0	
Peso de la muestra suelta	g	14453.0	14490.0	14510.0	

Factor (f)		104.2	104.2	104.2	
Peso Unitario Compactado	g/cm <sup>3</sup>	1.506	1.510	1.512	1.509
<b>Peso Unitario Compactado</b>	<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1506</b>	<b>1510</b>	<b>1512</b>	<b>1509</b>

## 9. Contenido de humedad del agregado grueso.

**Tabla 44**

*Ensayo del contenido de humedad del agregado grueso.*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Prom.
Peso del Recipiente	g	112.60	115.40	142.20	
Peso del Recipiente + muestra Humeda	g	1542.00	1635.00	1668.00	
Peso del Recipiente + muestra seca	g	1538.00	1631.00	1664.00	
<b>Contenido de Humedad</b>	<b>W %</b>	<b>0.28</b>	<b>0.26</b>	<b>0.26</b>	<b>0.27</b>

## 10. Material más fino que pasa el tamiz N°200.

**Tabla 45**

*Ensayo de partículas que pasan la malla N°200 del agregado grueso*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de Muestra Original	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra Lavada	g	485.56	485.74	485.62	
Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	14.44	14.26	14.38	
<b>Material que Pasa el Tamiz N° 200</b>	<b>%</b>	<b>2.89%</b>	<b>2.85%</b>	<b>2.88%</b>	<b>2.90%</b>

## 11. Resistencia a la abrasión

**Tabla 46**

*Ensayo de abrasion del agregado grueso*

Gradación	Equipo Mecánico	N° de Esferas	Velocidad (rev./min)	N° de Revoluciones	Tamaño o Máx.	Peso de la Muestra
-----------	-----------------	---------------	----------------------	--------------------	---------------	--------------------

					Nomin al	a en (g.)
<b>B</b>	<b>Máquina de los Ángeles</b>	<b>11</b>	<b>30 - 33</b>	<b>500.00</b>	<b>3/4"</b>	<b>5000.0 0</b>
N° DE ENSAYOS				1°	2°	3°
Peso Inicial de la muestra seca al horno (g.)				5000	5000	5000
Peso retenido en la malla N° 12 Lavado y secado al horno en (g)				3566	3574	3578
% Desg. =(( Pi -Pf ) / Pi ) x 100				28.68	28.52	28.44
<b>Abrasión % Desgaste Promedio</b>					<b>29.00</b>	

## ANEXO N° 02: DISEÑO DE MEZCLA

### DISEÑO DE MEZCLA

**TESIS** : "INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD DE APLICACIÓN DE CARGA EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO PARA UN F'C=210kg/cm<sup>2</sup> Y F'C=280kg/cm<sup>2</sup>"

**TESISTA** : BACH. KEVIN WÍLINTON APAÉSTEGUI BARBOZA.

**ASESOR** : DR.ING. MIGUEL ÁNGEL MOSQUEIRA MORENO.

**CANTERA** : AGUILAR

**DISEÑO** : CONCRETO CON F'C=210KG/CM<sup>2</sup>

### MATERIALES

CEMENTO: Pacasmayo tipo I Peso específico 3.12 g/cm<sup>3</sup>

AGREGADOS:	Cantera Aguilar	
Propiedades físicas	Agregado fino	Agregado grueso
Tamaño máximo nominal:		3/4"
Peso específico de masa:	2.61 g/cm <sup>3</sup>	2.62 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico saturado superficialmente seco:	2.65 g/cm <sup>3</sup>	2.65 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico aparente:	2.71 g/cm <sup>3</sup>	2.7 g/cm <sup>3</sup>
Peso unitario suelto:	1610 kg/m <sup>3</sup>	1386 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado:	1735 kg/m <sup>3</sup>	1509 kg/m <sup>3</sup>
Contenido de humedad (%):	4.73	0.27
Absorción (%):	1.50	1.1
Módulo de Finura:	2.786	6.845
Abrasión(%):		29.00
Porcentaje que pasa la Malla N° 200:	2.90%	0.40%

### PROCEDIMIENTO

f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	Valores de diseño
f'cr= 252 kg/cm <sup>2</sup>	Cemento= 332.15 kg
Asentamiento: 3" - 4"	Agua diseño = 205.00 lt
Volumen de agua : 205 lt/m <sup>3</sup>	Agregado fino seco= 810.84 kg
Aire total (%): 2	Agregado grueso seco= 937.64 kg
Relación a/c: 0.6172	Aire total= 2.00 %

Factor cemento: 332.145 kg/m<sup>3</sup>

Aporte por humedad de agregados	
Aporte A.F	26.15 lt
Aporte A.G	-7.79 lt
<b>Total</b>	<b>18.36 lt</b>

Volumenes absolutos:	
Cemento=	0.106457 m <sup>3</sup>
Agua =	0.205 m <sup>4</sup>
Aire =	0.02 m <sup>5</sup>
Agregado grueso=	0.357878 m <sup>6</sup>
Suma=	0.689335 m <sup>7</sup>

Materiales de diseño corregidos	
Cemento=	332.15 kg
Agua efectiva =	186.64 lt
Agregado fino humedo=	849.15 kg
Agregado grueso humedo=	940.16 kg
Aire total=	2.00 %

Agregado fino: 0.310665  
810.8353 kg/m<sup>3</sup>

Proporcionamiento en peso	1	2.56	2.83	23.88 lt/bls
---------------------------	---	------	------	--------------

Proporcionamiento en volumen	1	2.28	3.06	23.88 lt/bls
------------------------------	---	------	------	--------------

## DISEÑO DE MEZCLA

**TESIS** : "INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD DE APLICACIÓN DE CARGA EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO PARA UN F'C=210kg/cm<sup>2</sup> Y F'C=280kg/cm<sup>2</sup>"

**TESISTA** : BACH. KEVIN WÍLINTON APAÉSTEGUI BARBOZA.

**ASESOR** : DR.ING. MIGUEL ÁNGEL MOSQUEIRA MORENO.

**CANTERA** : AGUILAR

**DISEÑO** : CONCRETO CON F'C=280KG/CM<sup>2</sup>

## MATERIALES

**CEMENTO:** Pacasmayo tipo I Peso específico 3.12 g/cm<sup>3</sup>

AGREGADOS:	Cantera Aguilar	
Propiedades físicas	Agregado fino	Agregado grueso
Tamaño máximo nominal:		3/4"
Peso específico de masa:	2.61 g/cm <sup>3</sup>	2.62 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico saturado superficialmente seco:	2.65 g/cm <sup>3</sup>	2.65 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico aparente:	2.71 g/cm <sup>3</sup>	2.7 g/cm <sup>3</sup>
Peso unitario suelto:	1610 kg/m <sup>3</sup>	1386 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado:	1735 kg/m <sup>3</sup>	1509 kg/m <sup>3</sup>
Contenido de humedad (%):	4.73	0.27
Absorción (%):	1.50	1.1
Módulo de Finura:	2.786	6.845
Abrasión(%):		29.00
Porcentaje que pasa la Malla N° 200:	2.90%	0.40%

## PROCEDIMIENTO

	Valores de diseño
f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup>	Cemento= 410.33 kg
f'cr= 336 kg/cm <sup>2</sup>	Agua diseño = 205.00 lt
Asentamiento: 3" - 4"	Agregado fino seco= 745.43 kg
Volumen de agua : 205 lt/m <sup>3</sup>	Agregado grueso seco= 937.64 kg
Aire total (%): 2	Aire total= 2.00 %
Relación a/c: 0.4996	

Factor cemento: 410.328 kg/m <sup>3</sup>	Aporte por humedad de agregados
	Aporte A.F 24.04 lt
Agregado grueso: 0.6214	Aporte A.G -7.79 lt
937.6412 kg/m <sup>3</sup>	Total 16.25 lt

Volumenes aboslutos:	Materiales de diseño corregidos
Cemento= 0.131515 m <sup>3</sup>	Cemento= 410.33 kg
Agua = 0.205 m <sup>4</sup>	Agua efectiva = 188.75 lt
Aire = 0.02 m <sup>5</sup>	Agregado fino humedo= 780.66 kg
Agregado grueso= 0.357878 m <sup>6</sup>	Agregado grueso humedo= 940.16 kg
Suma= 0.714394 m <sup>7</sup>	Aire total= 2.00 %

Agregado fino:	0.285606
	745.4322 kg/m <sup>3</sup>

Proporcionamiento en peso	1	1.90	2.29	19.55 lt/bls
---------------------------	---	------	------	--------------

Proporcionamiento en volumen	1	1.69	2.47	19.55 lt/bls
------------------------------	---	------	------	--------------

## ANEXO N° 03: PESO UNITARIO DEL CONCRETO

### 1. PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

**Tabla 47**

*Peso Unitario del concreto en estado fresco para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .*

<b>CONCRETO F'C=210 kg/cm2 - ESTADO FRESCO</b>							
MUES	DIAM. (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (m3)	PESO MOLDE (kg)	PESO MOLDE + CONCRETO (kg)	PESO CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m3)
M-1	15.18	30.10	0.005448	7.68	20.18	12.50	2294.61
M-2	15.18	30.05	0.005438	6.98	19.50	12.52	2302.11
M-3	15.13	30.12	0.005415	7.06	19.47	12.41	2290.91
M-4	15.18	30.20	0.005466	8.60	21.15	12.55	2296.16
M-5	15.20	30.10	0.005462	9.20	21.72	12.52	2292.24
M-6	15.12	30.12	0.005408	7.90	20.38	12.48	2307.62
M-7	15.19	30.18	0.005469	8.54	20.98	12.44	2274.55
M-8	15.11	30.12	0.005401	9.45	21.84	12.39	2294.02
M-9	15.15	30.16	0.005437	8.72	21.12	12.40	2280.73
M-10	15.12	30.20	0.005423	7.88	20.42	12.54	2312.58
<b>PROMEDIO</b>							<b>2294.55</b>

**Tabla 48**

*Peso Unitario del concreto en estado fresco para  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .*

<b>CONCRETO F'C=280 kg/cm2 - ESTADO FRESCO</b>							
MUES	DIAM. (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (m3)	PESO MOLDE (kg)	PESO MOLDE + CONCRETO (kg)	PESO CONCRETO (kg)	PESO UNITA RIO (kg/m3)
M-1	15.18	30.20	0.005466	6.80	19.55	12.75	2332.75
M-2	15.22	30.05	0.005467	8.26	21.06	12.80	2341.24
M-3	15.16	30.22	0.005455	6.65	19.32	12.67	2322.70
M-4	15.19	30.11	0.005457	7.30	20.08	12.78	2342.14
M-5	15.17	30.23	0.005464	8.54	21.24	12.70	2324.36
M-6	15.17	30.11	0.005442	7.45	20.16	12.71	2335.46
M-7	15.24	30.16	0.005502	8.20	20.98	12.78	2322.94
M-8	15.19	30.15	0.005464	9.14	21.86	12.72	2328.06
M-9	15.14	30.12	0.005422	8.56	21.16	12.60	2323.66
M-10	15.18	30.10	0.005448	7.58	20.30	12.72	2335.00
<b>PROMEDIO</b>							<b>2330.83</b>

## 2. PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

**Tabla 49**

*Peso Unitario del concreto en estado endurecido para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.*

<b>CONCRETO F'C=210 kg/cm<sup>2</sup> - ESTADO ENDURECIDO</b>							
MUES	DIAM. (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PESO MOLDE (kg)	PESO MOLDE + CONCRETO (kg)	PESO CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m <sup>3</sup> )
M-1	15.18	30.10	0.005448	7.68	20.12	12.44	2283.60
M-2	15.18	30.05	0.005438	6.98	19.38	12.40	2280.04
M-3	15.13	30.12	0.005415	7.06	19.41	12.35	2280.57
M-4	15.18	30.20	0.005466	8.60	21.08	12.48	2283.35
M-5	15.20	30.10	0.005462	9.20	21.66	12.46	2281.25
M-6	15.12	30.12	0.005408	7.90	20.28	12.38	2289.13
M-7	15.19	30.18	0.005469	8.54	20.95	12.41	2269.06
M-8	15.11	30.12	0.005401	9.45	21.78	12.33	2282.91
M-9	15.15	30.16	0.005437	8.72	21.05	12.33	2267.86
M-10	15.12	30.20	0.005423	7.88	20.30	12.42	2290.45
<b>PROMEDIO</b>							<b>2280.82</b>

**Tabla 50**

*Peso Unitario del concreto en estado endurecido para  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>.*

<b>CONCRETO F'C=280 kg/cm<sup>2</sup> - ESTADO ENDURECIDO</b>							
MUES	DIAM. (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PESO MOLDE (kg)	PESO MOLDE + CONCRETO (kg)	PESO CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m <sup>3</sup> )
M-1	15.18	30.20	0.005466	6.80	19.52	12.72	2327.26
M-2	15.22	30.05	0.005467	8.26	21.02	12.76	2333.92
M-3	15.16	30.22	0.005455	6.65	19.27	12.62	2313.53
M-4	15.19	30.11	0.005457	7.30	20.01	12.71	2329.32
M-5	15.17	30.23	0.005464	8.54	21.19	12.65	2315.21
M-6	15.17	30.11	0.005442	7.45	20.14	12.69	2331.79
M-7	15.24	30.16	0.005502	8.20	20.94	12.74	2315.67
M-8	15.19	30.15	0.005464	9.14	21.83	12.69	2322.56
M-9	15.14	30.12	0.005422	8.56	21.08	12.52	2308.91
M-10	15.18	30.10	0.005448	7.58	20.20	12.62	2316.64
<b>PROMEDIO</b>							<b>2321.48</b>



## ANEXO N° 04: RESULTADO DE ENSAYOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

### 1. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA F'C=210 KG/CM<sup>2</sup>

**Tabla 51**

*Resistencia a la compresión de concreto con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  usando velocidad de carga 0.10-0.15 Mpa/s (1.02-1.53 kg/cm<sup>2</sup>/s).*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO</b>										
F'C DE DISEÑO		210		kg/cm <sup>2</sup>						
VELOCIDAD DE CARGA		0.10 - 0.15		Mpa/s						
EDAD		28		días						
CODIGO	DIAM. (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VELOCIDAD DE APLICACIÓN				CARGA DE ROTURA (kN)	F'C OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	% DEL F'C	TIPO DE FALLA
			Mpa/s	0.15	1.81	2.71				
M-1	15.18	180.98	0.10	0.15	1.81	2.71	372.45	205.79	98.00%	5
M-2	15.18	180.98	0.10	0.15	1.81	2.71	370.50	204.72	97.48%	5
M-3	15.13	179.79	0.10	0.15	1.80	2.70	362.33	201.53	95.97%	5
M-4	15.18	180.98	0.10	0.15	1.81	2.71	358.65	198.17	94.37%	2
M-5	15.20	181.46	0.10	0.15	1.81	2.72	376.36	207.41	98.77%	3
<b>PROMEDIO</b>							<b>368.058</b>	<b>203.52</b>	<b>96.92%</b>	

**Tabla 52**

*Resistencia a la compresión de concreto con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  usando velocidad de carga 0.15-0.20 Mpa/s (1.53-2.04 kg/cm<sup>2</sup>/s).*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO</b>			
F'C DE DISEÑO		210	kg/cm <sup>2</sup>
VELOCIDAD DE CARGA		0.15 - 0.20	Mpa/s
EDAD		28	días

CODIGO	DIAM. (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VELOCIDAD DE APLICACIÓN				CARGA DE ROTURA (kN)	F'C OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	% DEL F'C	TIPO DE FALLA
			Mpa/s		kN/s					
M-6	15.12	179.55	0.15	0.20	2.69	3.59	382.13	212.82	101.34%	5
M-7	15.19	181.22	0.15	0.20	2.72	3.62	376.60	207.81	98.96%	5
M-8	15.11	179.32	0.15	0.20	2.69	3.59	370.30	206.51	98.34%	5
M-9	15.15	180.27	0.15	0.20	2.70	3.61	373.80	207.36	98.74%	5
M-10	15.12	179.55	0.15	0.20	2.69	3.59	383.40	213.53	101.68%	3
<b>PROMEDIO</b>							<b>377.246</b>	<b>209.61</b>	<b>99.81%</b>	

**Tabla 53**

*Resistencia a la compresión de concreto con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  usando velocidad de carga 0.20-0.25 Mpa/s (2.04-2.55 kg/cm<sup>2</sup>/s).*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO</b>										
F'C DE DISEÑO			210		kg/cm <sup>2</sup>					
VELOCIDAD DE CARGA			0.20 - 0.25		Mpa/s					
EDAD			28		días					
CODIGO	DIAM. (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VELOCIDAD DE APLICACIÓN				CARGA DE ROTURA (kN)	F'C OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	% DEL F'C	TIPO DE FALLA
			Mpa/s		kN/s					
M-11	15.22	181.94	0.20	0.25	3.64	4.55	395.60	217.44	103.54%	6
M-12	15.12	179.55	0.20	0.25	3.59	4.49	385.60	214.76	102.26%	5
M-13	15.19	181.22	0.20	0.25	3.62	4.53	397.90	219.57	104.56%	5
M-14	15.11	179.32	0.20	0.25	3.59	4.48	394.10	219.78	104.66%	5
M-15	15.12	179.55	0.20	0.25	3.59	4.49	399.50	222.50	105.95%	3
<b>PROMEDIO</b>							<b>394.54</b>	<b>218.81</b>	<b>104.19%</b>	

**Tabla 54**

*Resistencia a la compresión de concreto con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  usando velocidad de carga 0.25-0.30 Mpa/s(2.55-3.06 kg/cm<sup>2</sup>/s).*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO</b>										
F'C DE DISEÑO		210		kg/cm <sup>2</sup>						
VELOCIDAD DE CARGA		0.25 - 0.30		Mpa/s						
EDAD		28		días						
CODIGO	DIAM. (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VELOCIDAD DE APLICACIÓN				CARGA DE ROTURA (kN)	F'C OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	% DEL F'C	TIPO DE FALLA
			Mpa/s		kN/s					
M-16	15.11	179.32	0.25	0.30	4.48	5.38	403.70	225.13	107.21%	5
M-17	15.14	180.03	0.25	0.30	4.50	5.40	407.80	226.52	107.87%	5
M-18	15.13	179.79	0.25	0.30	4.49	5.39	405.60	225.60	107.43%	5
M-19	15.13	179.79	0.25	0.30	4.49	5.39	401.30	223.20	106.29%	5
M-20	15.15	180.27	0.25	0.30	4.51	5.41	410.50	227.72	108.44%	2
<b>PROMEDIO</b>							<b>405.78</b>	<b>225.63</b>	<b>107.44%</b>	

**Tabla 55**

*Resistencia a la compresión de concreto con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  usando velocidad de carga 0.30-0.35 Mpa/s(3.06-3.57 kg/cm<sup>2</sup>/s).*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO</b>						
F'C DE DISEÑO		210		kg/cm <sup>2</sup>		
VELOCIDAD DE CARGA		0.30 - 0.35		Mpa/s		
EDAD		28		días		
CODIGO	DIAM. (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VELOCIDAD DE APLICACIÓN		CARGA DE	% DEL F'C

			Mpa/s		kN/s		ROTURA (kN)	F'C OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	% DEL F'C	TIPO DE FALLA
M-21	15.17	180.74	0.30	0.35	5.42	6.33	414.70	229.44	109.26%	5
M-22	15.10	179.08	0.30	0.35	5.37	6.27	418.70	233.81	111.34%	5
M-23	15.09	178.84	0.30	0.35	5.37	6.26	422.50	236.24	112.50%	6
M-24	15.09	178.84	0.30	0.35	5.37	6.26	415.80	232.50	110.71%	5
M-25	15.10	179.08	0.30	0.35	5.37	6.27	418.80	233.86	111.36%	3
<b>PROMEDIO</b>							<b>418.10</b>	<b>233.17</b>	<b>111.03%</b>	

**Tabla 56**

*Resistencia a la compresión de concreto con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  usando velocidad de carga 0.35-0.40 Mpa/s(3.57-4.08 kg/cm<sup>2</sup>/s).*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO</b>										
F'C DE DISEÑO		210		kg/cm <sup>2</sup>						
VELOCIDAD DE CARGA		0.35 - 0.40		Mpa/s						
EDAD		28		días						
CODIGO	DIAM. (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VELOCIDAD DE APLICACIÓN		CARGA DE ROTURA (kN)	F'C OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	% DEL F'C	TIPO DE FALLA		
			Mpa/s	kN/s						
M-26	15.19	181.22	0.35	0.40	6.34	7.25	436.70	240.98	114.75%	5
M-27	15.14	180.03	0.35	0.40	6.30	7.20	428.60	238.07	113.37%	5
M-28	15.17	180.74	0.35	0.40	6.33	7.23	425.50	235.42	112.10%	3
M-29	15.09	178.84	0.35	0.40	6.26	7.15	428.90	239.82	114.20%	6
M-30	15.21	181.70	0.35	0.40	6.36	7.27	432.50	238.03	113.35%	5
<b>PROMEDIO</b>							<b>430.44</b>	<b>238.46</b>	<b>113.55%</b>	

**Tabla 57**

*Resistencia a la compresión de concreto con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  usando velocidad de carga 0.40-0.45 Mpa/s(4.08-4.59 kg/cm<sup>2</sup>/s).*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO</b>										
F'C DE DISEÑO		210		kg/cm <sup>2</sup>						
VELOCIDAD DE CARGA		0.40 - 0.45		Mpa/s						
EDAD		28		días						
CODIGO	DIAM. (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VELOCIDAD DE APLICACIÓN				CARGA DE ROTURA (kN)	F'C OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	% DEL F'C	TIPO DE FALLA
			Mpa/s		kN/s					
M-31	15.16	180.50	0.15	0.20	2.71	3.61	439.80	243.65	116.02%	5
M-32	15.11	179.32	0.15	0.20	2.69	3.59	442.60	246.83	117.54%	5
M-33	15.13	179.79	0.15	0.20	2.70	3.60	435.80	242.39	115.43%	3
M-34	15.18	180.98	0.15	0.20	2.71	3.62	436.30	241.07	114.80%	5
M-35	15.15	180.27	0.15	0.20	2.70	3.61	438.60	243.31	115.86%	5
<b>PROMEDIO</b>							<b>438.62</b>	<b>243.45</b>	<b>115.93%</b>	

## 2. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA F'C=280 KG/CM<sup>2</sup>

**Tabla 58**

*Resistencia a la compresión de concreto con  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  usando velocidad de carga 0.10-0.15 Mpa/s(1.02-1.53 kg/cm<sup>2</sup>/s).*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO</b>		
F'C DE DISEÑO	280	kg/cm <sup>2</sup>
VELOCIDAD DE CARGA	0.10 - 0.15	Mpa/s

EDAD		28		días						
CODIGO	DIAM. (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VELOCIDAD DE APLICACIÓN				CARGA DE ROTURA (kN)	F'C OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	% DEL F'C	TIPO DE FALLA
			Mpa/s		kN/s					
M-1	15.18	180.98	0.10	0.15	1.81	2.71	505.60	279.37	99.77%	5
M-2	15.22	181.94	0.10	0.15	1.82	2.73	508.60	279.55	99.84%	5
M-3	15.16	180.50	0.10	0.15	1.81	2.71	503.50	278.94	99.62%	5
M-4	15.19	181.22	0.10	0.15	1.81	2.72	504.80	278.56	99.48%	6
M-5	15.17	180.74	0.10	0.15	1.81	2.71	501.60	277.52	99.11%	3
<b>PROMEDIO</b>							<b>504.82</b>	<b>278.79</b>	<b>99.57%</b>	

**Tabla 59**

*Resistencia a la compresión de concreto con  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  usando velocidad de carga 0.15-0.20 Mpa/s(1.53-2.04 kg/cm<sup>2</sup>/s).*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO</b>										
F'C DE DISEÑO		280		kg/cm <sup>2</sup>						
VELOCIDAD DE CARGA		0.15 - 0.20		Mpa/s						
EDAD		28		días						
CODIGO	DIAM. (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VELOCIDAD DE APLICACIÓN				CARGA DE ROTURA (kN)	F'C OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	% DEL F'C	TIPO DE FALLA
			Mpa/s		kN/s					
M-6	15.17	180.74	0.15	0.20	2.71	3.61	522.60	289.14	103.26%	6
M-7	15.24	182.41	0.15	0.20	2.74	3.65	525.60	288.13	102.91%	5
M-8	15.19	181.22	0.15	0.20	2.72	3.62	518.80	286.28	102.24%	5
M-9	15.14	180.03	0.15	0.20	2.70	3.60	519.50	288.57	103.06%	3
M-10	15.18	180.98	0.15	0.20	2.71	3.62	515.80	285.00	101.79%	5
<b>PROMEDIO</b>							<b>520.46</b>	<b>287.42</b>	<b>102.65%</b>	

**Tabla 60**

*Resistencia a la compresión de concreto con  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  usando velocidad de carga 0.20-0.25 Mpa/s(2.04-2.55 kg/cm<sup>2</sup>/s).*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO</b>										
F'C DE DISEÑO		280		kg/cm <sup>2</sup>						
VELOCIDAD DE CARGA		0.20 - 0.25		Mpa/s						
EDAD		28		días						
CODIGO	DIAM. (cm)	AREA (cm2)	VELOCIDAD DE APLICACIÓN				CARGA DE ROTURA (kN)	F'C OBTENIDA (kg/cm2)	% DEL F'C	TIPO DE FALLA
			Mpa/s		kN/s					
M-11	15.07	178.37	0.20	0.25	3.57	4.46	530.60	297.48	106.24%	5
M-12	15.14	180.03	0.20	0.25	3.60	4.50	538.30	299.01	106.79%	5
M-13	15.18	180.98	0.20	0.25	3.62	4.52	532.60	294.28	105.10%	5
M-14	15.09	178.84	0.20	0.25	3.58	4.47	527.60	295.01	105.36%	3
M-15	15.12	179.55	0.20	0.25	3.59	4.49	533.50	297.13	106.12%	5
<b>PROMEDIO</b>							<b>532.52</b>	<b>296.58</b>	<b>105.92%</b>	

**Tabla 61**

*Resistencia a la compresión de concreto con  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  usando velocidad de carga 0.25-0.30 Mpa/s(2.55-3.06 kg/cm<sup>2</sup>/s).*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO</b>										
F'C DE DISEÑO		280		kg/cm <sup>2</sup>						
VELOCIDAD DE CARGA		0.25 - 0.30		Mpa/s						
EDAD		28		días						
CODIGO	DIAM. (cm)	AREA (cm2)	VELOCIDAD DE APLICACIÓN				CARGA DE	% DEL F'C		

			Mpa/s		kN/s		ROTURA (kN)	F'C OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	% DEL F'C	TIPO DE FALLA
M-16	15.23	182.18	0.25	0.30	4.55	5.47	555.60	304.98	108.92%	5
M-17	15.08	178.60	0.25	0.30	4.47	5.36	548.70	307.21	109.72%	5
M-18	15.22	181.94	0.25	0.30	4.55	5.46	557.60	306.48	109.46%	3
M-19	15.23	182.18	0.25	0.30	4.55	5.47	556.50	305.47	109.10%	3
M-20	15.20	181.46	0.25	0.30	4.54	5.44	551.60	303.98	108.56%	5
<b>PROMEDIO</b>							<b>554</b>	<b>305.63</b>	<b>109.15%</b>	

**Tabla 62**

*Resistencia a la compresión de concreto con  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  usando velocidad de carga 0.30-0.35 Mpa/s(3.06-3.57 kg/cm<sup>2</sup>/s).*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO</b>										
F'C DE DISEÑO		280		kg/cm <sup>2</sup>						
VELOCIDAD DE CARGA		0.30 - 0.35		Mpa/s						
EDAD		28		días						
CODIGO	DIAM. (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VELOCIDAD DE APLICACIÓN				CARGA DE ROTURA (kN)	F'C OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	% DEL F'C	TIPO DE FALLA
			Mpa/s		kN/s					
M-21	15.05	177.89	0.30	0.35	5.34	6.23	558.60	314.01	112.15%	5
M-22	15.14	180.03	0.30	0.35	5.40	6.30	561.50	311.89	111.39%	5
M-23	15.21	181.70	0.30	0.35	5.45	6.36	565.50	311.23	111.15%	3
M-24	15.18	180.98	0.30	0.35	5.43	6.33	568.90	314.34	112.27%	3
M-25	15.24	182.41	0.30	0.35	5.47	6.38	569.30	312.09	111.46%	2
<b>PROMEDIO</b>							<b>564.76</b>	<b>312.71</b>	<b>111.68%</b>	



**Tabla 63**

*Resistencia a la compresión de concreto con  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  usando velocidad de carga 0.35-0.40 Mpa/s(3.57-4.08 kg/cm<sup>2</sup>/s).*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO</b>										
F'C DE DISEÑO		280		kg/cm <sup>2</sup>						
VELOCIDAD DE CARGA		0.35 - 0.40		Mpa/s						
EDAD		28		días						
CODIGO	DIAM. (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VELOCIDAD DE APLICACIÓN				CARGA DE ROTURA (kN)	F'C OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	% DEL F'C	TIPO DE FALLA
			Mpa/s		kN/s					
M-26	15.21	181.70	0.35	0.40	6.36	7.27	585.60	322.29	115.11%	5
M-27	15.14	180.03	0.35	0.40	6.30	7.20	581.50	323.00	115.36%	3
M-28	15.10	179.08	0.35	0.40	6.27	7.16	579.80	323.77	115.63%	5
M-29	15.16	180.50	0.35	0.40	6.32	7.22	585.60	324.42	115.87%	5
M-30	15.19	181.22	0.35	0.40	6.34	7.25	586.90	323.86	115.66%	5
<b>PROMEDIO</b>							<b>583.88</b>	<b>323.47</b>	<b>115.53%</b>	

**Tabla 64**

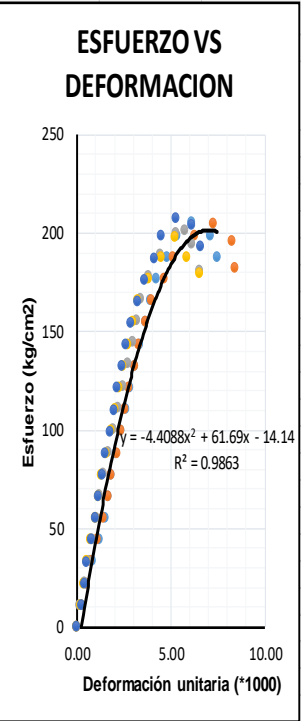
*Resistencia a la compresión de concreto con  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  usando velocidad de carga 0.40-0.45 Mpa/s(4.08-4.59 kg/cm<sup>2</sup>/s).*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO</b>										
F'C DE DISEÑO		280		kg/cm <sup>2</sup>						
VELOCIDAD DE CARGA		0.40 - 0.45		Mpa/s						
EDAD		28		días						
CODIGO	DIAM. (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VELOCIDAD DE APLICACIÓN				CARGA DE	% DEL F'C		

	Mpa/s		kN/s		ROTURA (kN)	F'C OBTENIDA (kg/cm2)	TIPO DE FALLA			
M-31	15.23	182.18	0.15	0.20	2.73	3.64	598.60	328.58	117.35%	5
M-32	15.08	178.60	0.15	0.20	2.68	3.57	595.60	333.47	119.10%	6
M-33	15.12	179.55	0.15	0.20	2.69	3.59	599.20	333.72	119.18%	5
M-34	15.18	180.98	0.15	0.20	2.71	3.62	600.30	331.69	118.46%	3
M-35	15.16	180.50	0.15	0.20	2.71	3.61	593.60	328.86	117.45%	5
<b>PROMEDIO</b>							<b>597.46</b>	<b>331.26</b>	<b>118.31%</b>	

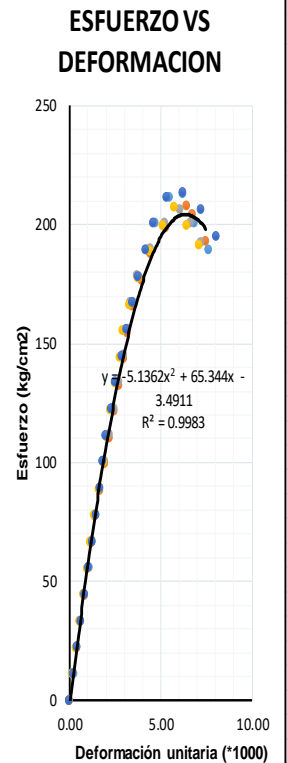
### 3. DIAGRAMA ESFUERZO-DEFORMACIÓN UNITARIA PARA F'c=210 KG/CM<sup>2</sup> Y F'c=280 KG/CM<sup>2</sup>

VELOCIDAD DE APLICACIÓN				0.10-0.15Mpa/s(1.02-1.53 kg/cm <sup>2</sup> /s)				F'c DISEÑO				210 Kg/cm <sup>2</sup>							
M-1-210				M-2-210				M-3-210				M-4-210				M-5-210			
Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.00	0.08	0.26	11.05	20.00	0.07	0.23	11.05	20.00	0.05	0.16	11.12	20.00	0.06	0.20	11.05	20.00	0.07	0.23	11.02
40.00	0.16	0.53	22.10	40.00	0.15	0.49	22.10	40.00	0.12	0.39	22.25	40.00	0.10	0.33	22.10	40.00	0.12	0.40	22.04
60.00	0.25	0.83	33.15	60.00	0.22	0.72	33.15	60.00	0.18	0.59	33.37	60.00	0.16	0.53	33.15	60.00	0.16	0.53	33.07
80.00	0.36	1.19	44.20	80.00	0.33	1.09	44.20	80.00	0.25	0.82	44.50	80.00	0.22	0.72	44.20	80.00	0.23	0.76	44.09
100.00	0.45	1.49	55.25	100.00	0.42	1.38	55.25	100.00	0.31	1.02	55.62	100.00	0.29	0.95	55.25	100.00	0.29	0.96	55.11
120.00	0.50	1.65	66.31	120.00	0.50	1.65	66.31	120.00	0.36	1.18	66.74	120.00	0.34	1.12	66.31	120.00	0.35	1.16	66.13
140.00	0.55	1.82	77.36	140.00	0.55	1.81	77.36	140.00	0.43	1.41	77.87	140.00	0.40	1.32	77.36	140.00	0.41	1.36	77.15
160.00	0.62	2.05	88.41	160.00	0.65	2.14	88.41	160.00	0.50	1.64	88.99	160.00	0.47	1.55	88.41	160.00	0.46	1.52	88.17
180.00	0.70	2.32	99.46	180.00	0.71	2.34	99.46	180.00	0.58	1.91	100.12	180.00	0.55	1.81	99.46	180.00	0.54	1.79	99.20
200.00	0.78	2.58	110.51	200.00	0.77	2.54	110.51	200.00	0.66	2.17	111.24	200.00	0.61	2.01	110.51	200.00	0.60	1.98	110.22
220.00	0.85	2.81	121.56	220.00	0.84	2.77	121.56	220.00	0.75	2.47	122.36	220.00	0.68	2.24	121.56	220.00	0.65	2.15	121.24
240.00	0.92	3.04	132.61	240.00	0.93	3.06	132.61	240.00	0.82	2.70	133.49	240.00	0.75	2.47	132.61	240.00	0.73	2.41	132.26
260.00	1.01	3.34	143.66	260.00	0.99	3.26	143.66	260.00	0.90	2.96	144.61	260.00	0.82	2.70	143.66	260.00	0.79	2.61	143.28
280.00	1.10	3.64	154.71	280.00	1.10	3.62	154.71	280.00	0.96	3.16	155.74	280.00	0.90	2.96	154.71	280.00	0.87	2.88	154.31
300.00	1.18	3.90	165.76	300.00	1.20	3.95	165.76	300.00	1.03	3.39	166.86	300.00	0.98	3.22	165.76	300.00	0.98	3.24	165.33
320.00	1.27	4.20	176.81	320.00	1.40	4.61	176.81	320.00	1.15	3.78	177.98	320.00	1.15	3.78	176.81	320.00	1.08	3.57	176.35
340.00	1.45	4.80	187.86	340.00	1.55	5.11	187.86	340.00	1.35	4.44	189.11	340.00	1.36	4.47	187.86	340.00	1.25	4.13	187.37
360.00	1.60	5.29	198.92	360.00	1.90	6.26	198.92	360.00	1.60	5.26	200.23	358.65	1.58	5.20	198.17	360.00	1.35	4.46	198.39
372.45	1.85	6.12	205.79	370.50	2.20	7.25	204.72	362.33	1.74	5.72	201.53	340.00	1.77	5.82	187.86	376.36	1.60	5.29	207.41
360.00	2.15	7.11	198.92	355.00	2.50	8.24	196.15	350.00	1.85	6.08	194.67	325.00	1.98	6.51	179.58	370.00	1.85	6.12	203.90
340.00	2.25	7.44	187.86	330.00	2.55	8.40	182.34	325.00	1.98	6.51	180.77				350.00	1.99	6.58	192.88	



**EDAD** 28 DÍAS  
**ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO** 203.52 kg/cm<sup>2</sup>  
**MODULO DE ELASTICIDAD** 213993 kg/cm<sup>2</sup>

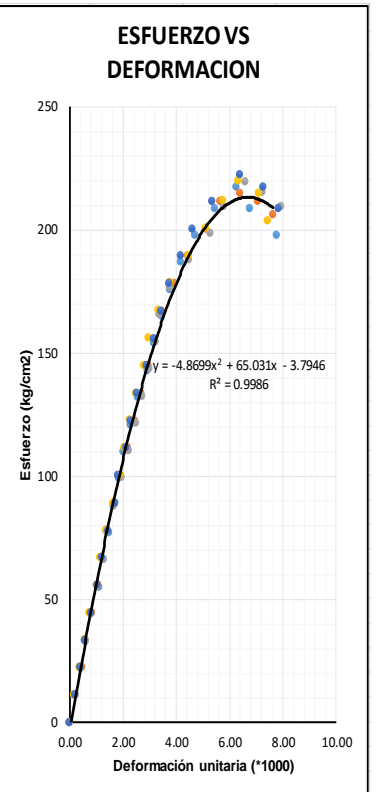
VELOCIDAD DE APLICACIÓN				0.15-0.20 Mpa/s(1.53-2.04 kg/cm <sup>2</sup> /s)				F°C DISEÑO				210 Kg/cm <sup>2</sup>			
M-6-210		M-7-210		M-8-210		M-9-210		M-10-210		M-10-210		M-10-210		M-10-210	
Carga(KN)	Deformacion (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformacion (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformacion (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformacion (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000
20.00	0.06	0.20	11.139	20.00	0.06	0.20	11.036	20.00	0.07	0.23	11.154	20.00	0.05	0.16	11.095
40.00	0.12	0.40	22.278	40.00	0.12	0.39	22.073	40.00	0.12	0.39	22.307	40.00	0.10	0.33	22.189
60.00	0.18	0.60	33.416	60.00	0.17	0.56	33.109	60.00	0.18	0.59	33.461	60.00	0.17	0.56	33.284
80.00	0.25	0.83	44.555	80.00	0.25	0.82	44.145	80.00	0.24	0.78	44.614	80.00	0.23	0.76	44.379
100.00	0.32	1.06	55.694	100.00	0.30	0.98	55.182	100.00	0.31	1.01	55.768	100.00	0.30	0.99	55.473
120.00	0.38	1.26	66.833	120.00	0.36	1.18	66.218	120.00	0.38	1.24	66.921	120.00	0.34	1.12	66.568
140.00	0.44	1.46	77.971	140.00	0.42	1.38	77.254	140.00	0.43	1.40	78.075	140.00	0.40	1.32	77.663
160.00	0.50	1.66	89.110	160.00	0.50	1.64	88.291	160.00	0.51	1.67	89.228	160.00	0.48	1.58	88.757
180.00	0.55	1.82	100.249	180.00	0.58	1.90	99.327	180.00	0.59	1.93	100.382	180.00	0.56	1.85	99.852
200.00	0.61	2.02	111.388	200.00	0.66	2.17	110.363	200.00	0.67	2.19	111.535	200.00	0.61	2.01	110.947
220.00	0.70	2.32	122.526	220.00	0.75	2.46	121.400	220.00	0.75	2.45	122.689	220.00	0.68	2.24	122.041
240.00	0.77	2.55	133.665	240.00	0.82	2.69	132.436	240.00	0.82	2.68	133.842	240.00	0.75	2.47	133.136
260.00	0.88	2.91	144.804	260.00	0.90	2.95	143.472	260.00	0.90	2.94	144.996	260.00	0.83	2.73	144.231
280.00	0.96	3.18	155.943	280.00	0.96	3.15	154.509	280.00	0.97	3.17	156.149	280.00	0.89	2.93	155.326
300.00	1.06	3.51	167.081	300.00	1.05	3.45	165.545	300.00	1.02	3.33	167.303	300.00	0.99	3.26	166.420
320.00	1.15	3.81	178.220	320.00	1.20	3.94	176.581	320.00	1.14	3.72	178.456	320.00	1.14	3.76	177.515
340.00	1.28	4.24	189.359	340.00	1.35	4.43	187.618	340.00	1.35	4.41	189.610	340.00	1.35	4.45	188.610
360.00	1.41	4.67	200.498	360.00	1.60	5.25	198.654	360.00	1.60	5.23	200.763	360.00	1.55	5.11	199.704
380.00	1.65	5.47	211.636	376.60	1.96	6.43	207.814	370.30	1.85	6.04	206.507	373.80	1.74	5.73	207.360
382.13	1.88	6.23	212.823	370.00	2.05	6.73	204.172	360.00	2.03	6.63	200.763	360.00	1.95	6.43	199.704
360.00	2.06	6.82	200.498	350.00	2.28	7.49	193.136	345.00	2.20	7.18	192.398	345.00	2.15	7.08	191.383
340.00	2.30	7.62	189.359									350.00	2.45	8.02	194.928



EDAD  
 ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO  
 MODULO DE ELASTICIDAD

28 DÍAS  
 209.61 kg/cm<sup>2</sup>  
 217167 kg/cm<sup>2</sup>

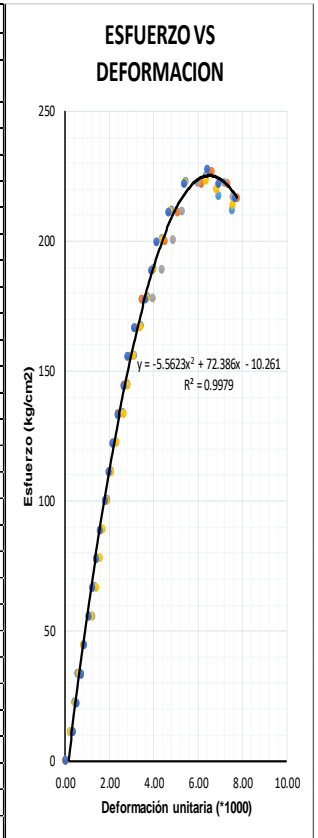
VELOCIDAD DE APLICACIÓN				0.20-0.25 Mpa/s(2.04-2.55 kg/cm <sup>2</sup> /s)				F°C DISEÑO				210 Kg/cm <sup>2</sup>							
M-11-210				M-12-210				M-13-210				M-14-210				M-15-210			
Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000
20.00	0.070	0.23	10.993	20.00	0.050	0.16	11.139	20.00	0.070	0.23	11.036	20.00	0.050	0.16	11.154	20.00	0.060	0.20	11.139
40.00	0.130	0.43	21.986	40.00	0.140	0.46	22.278	40.00	0.120	0.40	22.073	40.00	0.110	0.36	22.307	40.00	0.120	0.39	22.278
60.00	0.180	0.59	32.979	60.00	0.180	0.59	33.416	60.00	0.180	0.59	33.109	60.00	0.170	0.56	33.461	60.00	0.170	0.56	33.416
80.00	0.240	0.79	43.971	80.00	0.250	0.82	44.555	80.00	0.240	0.79	44.145	80.00	0.220	0.73	44.614	80.00	0.240	0.79	44.555
100.00	0.330	1.09	54.964	100.00	0.320	1.05	55.694	100.00	0.310	1.02	55.182	100.00	0.300	0.99	55.768	100.00	0.320	1.05	55.694
120.00	0.380	1.25	65.957	120.00	0.360	1.18	66.833	120.00	0.380	1.25	66.218	120.00	0.340	1.12	66.921	120.00	0.370	1.21	66.833
140.00	0.450	1.48	76.950	140.00	0.420	1.38	77.971	140.00	0.430	1.42	77.254	140.00	0.420	1.39	78.075	140.00	0.440	1.44	77.971
160.00	0.500	1.65	87.943	160.00	0.500	1.64	89.110	160.00	0.510	1.68	88.291	160.00	0.500	1.65	89.228	160.00	0.520	1.70	89.110
180.00	0.560	1.85	98.936	180.00	0.580	1.90	100.249	180.00	0.590	1.95	99.327	180.00	0.570	1.88	100.382	180.00	0.550	1.80	100.249
200.00	0.610	2.01	109.929	200.00	0.660	2.17	111.388	200.00	0.670	2.21	110.363	200.00	0.620	2.04	111.535	200.00	0.640	2.10	111.388
220.00	0.690	2.27	120.921	220.00	0.750	2.46	122.526	220.00	0.750	2.48	121.400	220.00	0.680	2.24	122.689	220.00	0.700	2.29	122.526
240.00	0.770	2.54	131.914	240.00	0.820	2.69	133.665	240.00	0.820	2.71	132.436	240.00	0.750	2.47	133.842	240.00	0.770	2.52	133.665
260.00	0.890	2.93	142.907	260.00	0.900	2.95	144.804	260.00	0.900	2.97	143.472	260.00	0.840	2.77	144.996	260.00	0.880	2.88	144.804
280.00	0.960	3.16	153.900	280.00	0.960	3.15	155.943	280.00	0.970	3.20	154.509	280.00	0.890	2.94	156.149	280.00	0.960	3.14	155.943
300.00	1.050	3.46	164.893	300.00	1.050	3.45	167.081	300.00	1.020	3.37	165.545	300.00	1.010	3.33	167.303	300.00	1.050	3.44	167.081
320.00	1.140	3.76	175.886	320.00	1.200	3.94	178.220	320.00	1.140	3.76	176.581	320.00	1.140	3.76	178.456	320.00	1.140	3.73	178.220
340.00	1.260	4.15	186.879	340.00	1.350	4.43	189.359	340.00	1.350	4.46	187.618	340.00	1.350	4.45	189.610	340.00	1.270	4.16	189.359
360.00	1.430	4.71	197.872	360.00	1.550	5.09	200.498	360.00	1.600	5.28	198.654	360.00	1.550	5.11	200.763	360.00	1.400	4.58	200.498
380.00	1.650	5.44	208.864	380.00	1.720	5.65	211.636	380.00	1.750	5.78	209.690	380.00	1.740	5.74	211.917	380.00	1.630	5.34	211.636
395.60	1.900	6.26	217.439	385.60	1.940	6.37	214.755	397.90	1.990	6.57	219.568	394.10	1.920	6.33	219.780	399.50	1.950	6.39	222.497
380.00	2.050	6.75	208.864	380.00	2.150	7.06	211.636	390.00	2.190	7.23	215.208	385.00	2.150	7.09	214.705	390.00	2.220	7.27	217.206
360.00	2.360	7.78	197.872	370.00	2.320	7.62	206.067	380.00	2.400	7.93	209.690	365.00	2.250	7.42	203.551	375.00	2.390	7.83	208.852



EDAD  
ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO  
MODULO DE ELASTICIDAD

28 DÍAS  
218.81 kg/cm<sup>2</sup>  
221882.2 kg/cm<sup>2</sup>

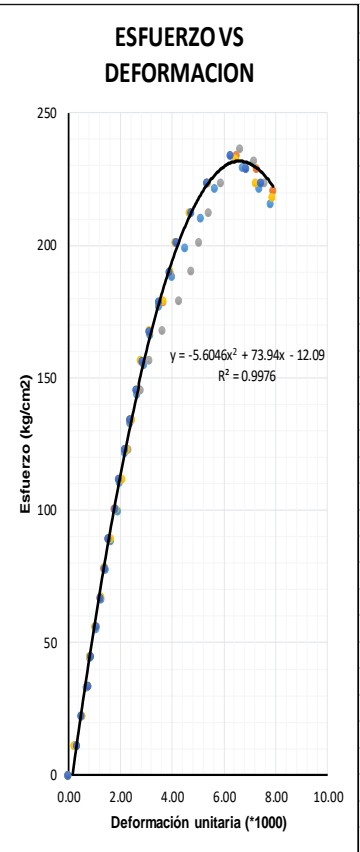
VELOCIDAD DE APLICACIÓN				0.25-0.30 Mpa/s(2.55-3.06 kg/cm <sup>2</sup> /s)				F' C DISEÑO				210 Kg/cm <sup>2</sup>							
M-16-210				M-17-210				M-18-210				M-19-210				M-20-210			
Carga(KN)	Deformacion (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformacion (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformacion (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformacion (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformacion (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000
20.00	0.06	0.20	11.154	20.00	0.10	0.33	11.109	20.00	0.09	0.30	11.124	20.00	0.06	0.20	11.124	20.00	0.11	0.36	11.095
40.00	0.12	0.40	22.307	40.00	0.15	0.49	22.219	40.00	0.15	0.49	22.248	40.00	0.14	0.46	22.248	40.00	0.16	0.53	22.189
60.00	0.17	0.56	33.461	60.00	0.20	0.66	33.328	60.00	0.22	0.72	33.372	60.00	0.19	0.62	33.372	60.00	0.22	0.72	33.284
80.00	0.25	0.83	44.614	80.00	0.25	0.82	44.437	80.00	0.25	0.82	44.496	80.00	0.25	0.82	44.496	80.00	0.26	0.85	44.379
100.00	0.37	1.22	55.768	100.00	0.32	1.05	55.547	100.00	0.33	1.09	55.620	100.00	0.36	1.18	55.620	100.00	0.32	1.05	55.473
120.00	0.40	1.32	66.921	120.00	0.37	1.22	66.656	120.00	0.38	1.25	66.744	120.00	0.42	1.38	66.744	120.00	0.37	1.22	66.568
140.00	0.43	1.42	78.075	140.00	0.42	1.38	77.765	140.00	0.43	1.41	77.868	140.00	0.48	1.57	77.868	140.00	0.42	1.38	77.663
160.00	0.49	1.62	89.228	160.00	0.49	1.61	88.875	160.00	0.49	1.61	88.992	160.00	0.52	1.70	88.992	160.00	0.47	1.54	88.757
180.00	0.57	1.88	100.382	180.00	0.56	1.85	99.984	180.00	0.56	1.84	100.116	180.00	0.57	1.87	100.116	180.00	0.55	1.81	99.852
200.00	0.62	2.05	111.535	200.00	0.60	1.98	111.093	200.00	0.60	1.97	111.240	200.00	0.63	2.06	111.240	200.00	0.60	1.97	110.947
220.00	0.70	2.31	122.689	220.00	0.66	2.17	122.203	220.00	0.66	2.17	122.364	220.00	0.70	2.29	122.364	220.00	0.65	2.14	122.041
240.00	0.79	2.61	133.842	240.00	0.72	2.37	133.312	240.00	0.74	2.44	133.488	240.00	0.80	2.62	133.488	240.00	0.72	2.37	133.136
260.00	0.85	2.81	144.996	260.00	0.80	2.64	144.421	260.00	0.85	2.80	144.612	260.00	0.86	2.82	144.612	260.00	0.80	2.63	144.231
280.00	0.94	3.11	156.149	280.00	0.88	2.90	155.531	280.00	0.92	3.03	155.736	280.00	0.94	3.08	155.736	280.00	0.85	2.79	155.326
300.00	1.03	3.40	167.303	300.00	0.95	3.13	166.640	300.00	1.03	3.39	166.860	300.00	1.03	3.38	166.860	300.00	0.95	3.12	166.420
320.00	1.12	3.70	178.456	320.00	1.05	3.46	177.749	320.00	1.20	3.95	177.985	320.00	1.12	3.67	177.985	320.00	1.10	3.61	177.515
340.00	1.21	4.00	189.610	340.00	1.20	3.95	188.859	340.00	1.32	4.34	189.109	340.00	1.20	3.93	189.109	340.00	1.18	3.88	188.610
360.00	1.32	4.36	200.763	360.00	1.36	4.48	199.968	360.00	1.48	4.87	200.233	360.00	1.33	4.36	200.233	360.00	1.25	4.11	199.704
380.00	1.45	4.79	211.917	380.00	1.54	5.07	211.078	380.00	1.60	5.26	211.357	380.00	1.44	4.72	211.357	380.00	1.42	4.67	210.799
400.00	1.64	5.42	223.070	400.00	1.86	6.13	222.187	400.00	1.81	5.96	222.481	400.00	1.65	5.41	222.481	400.00	1.63	5.36	221.894
403.70	1.92	6.35	225.133	407.80	2.01	6.62	226.519	405.60	1.95	6.42	225.595	401.30	1.93	6.33	223.204	410.50	1.95	6.41	227.718
390.00	2.09	6.91	217.493	400.00	2.22	7.31	222.187	400.00	2.18	7.17	222.481	395.00	2.08	6.82	219.700	400.00	2.10	6.90	221.894
380.00	2.28	7.53	211.917	390.00	2.35	7.74	216.632	390.00	2.30	7.57	216.919	385.00	2.30	7.54	214.138	390.00	2.33	7.66	216.346



**EDAD**  
**ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO**  
**MODULO DE ELASTICIDAD**

28 DÍAS  
 225.63 kg/cm<sup>2</sup>  
 225316.8115 kg/cm<sup>2</sup>

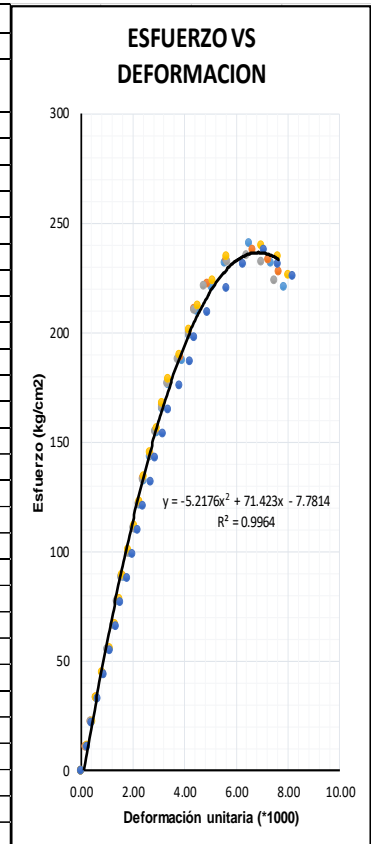
VELOCIDAD DE APLICACIÓN				0.30-0.35 Mpa/s(3.06-3.57 kg/cm <sup>2</sup> /s)				F° C DISEÑO				210 Kg/cm <sup>2</sup>							
M-21-210				M-22-210				M-23-210				M-24-210				M-25-210			
Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000
20.00	0.08	0.27	11.065	20.00	0.10	0.33	11.168	20.00	0.09	0.30	11.183	20.00	0.07	0.23	11.183	20.00	0.10	0.33	11.168
40.00	0.16	0.53	22.131	40.00	0.16	0.53	22.337	40.00	0.15	0.49	22.366	40.00	0.16	0.53	22.366	40.00	0.15	0.50	22.337
60.00	0.21	0.70	33.196	60.00	0.23	0.76	33.505	60.00	0.22	0.72	33.549	60.00	0.23	0.76	33.549	60.00	0.23	0.76	33.505
80.00	0.25	0.83	44.262	80.00	0.26	0.86	44.673	80.00	0.25	0.82	44.732	80.00	0.25	0.82	44.732	80.00	0.26	0.86	44.673
100.00	0.32	1.06	55.327	100.00	0.31	1.02	55.841	100.00	0.33	1.08	55.915	100.00	0.31	1.02	55.915	100.00	0.32	1.06	55.841
120.00	0.38	1.26	66.393	120.00	0.37	1.22	67.010	120.00	0.38	1.25	67.099	120.00	0.39	1.28	67.099	120.00	0.37	1.22	67.010
140.00	0.43	1.43	77.458	140.00	0.41	1.35	78.178	140.00	0.43	1.41	78.282	140.00	0.43	1.42	78.282	140.00	0.42	1.39	78.178
160.00	0.49	1.63	88.524	160.00	0.47	1.55	89.346	160.00	0.49	1.61	89.465	160.00	0.50	1.65	89.465	160.00	0.47	1.55	89.346
180.00	0.58	1.92	99.589	180.00	0.54	1.78	100.515	180.00	0.55	1.81	100.648	180.00	0.56	1.84	100.648	180.00	0.55	1.82	100.515
200.00	0.60	1.99	110.654	200.00	0.60	1.98	111.683	200.00	0.62	2.04	111.831	200.00	0.63	2.07	111.831	200.00	0.59	1.95	111.683
220.00	0.66	2.19	121.720	220.00	0.66	2.18	122.851	220.00	0.70	2.30	123.014	220.00	0.68	2.24	123.014	220.00	0.66	2.18	122.851
240.00	0.72	2.39	132.785	240.00	0.72	2.38	134.019	240.00	0.74	2.43	134.197	240.00	0.74	2.44	134.197	240.00	0.72	2.38	134.019
260.00	0.80	2.65	143.851	260.00	0.80	2.64	145.188	260.00	0.85	2.79	145.380	260.00	0.80	2.63	145.380	260.00	0.79	2.61	145.188
280.00	0.88	2.92	154.916	280.00	0.85	2.81	156.356	280.00	0.95	3.12	156.563	280.00	0.85	2.80	156.563	280.00	0.86	2.84	156.356
300.00	0.95	3.15	165.982	300.00	0.95	3.14	167.524	300.00	1.10	3.62	167.746	300.00	0.95	3.13	167.746	300.00	0.94	3.10	167.524
320.00	1.05	3.48	177.047	320.00	1.11	3.67	178.692	320.00	1.30	4.27	178.929	320.00	1.11	3.65	178.929	320.00	1.06	3.50	178.692
340.00	1.20	3.98	188.113	340.00	1.19	3.93	189.861	340.00	1.44	4.73	190.112	340.00	1.19	3.92	190.112	340.00	1.18	3.90	189.861
360.00	1.36	4.51	199.178	360.00	1.25	4.13	201.029	360.00	1.53	5.03	201.296	360.00	1.25	4.11	201.296	360.00	1.26	4.16	201.029
380.00	1.54	5.11	210.243	380.00	1.42	4.69	212.197	380.00	1.65	5.42	212.479	380.00	1.42	4.67	212.479	380.00	1.43	4.72	212.197
400.00	1.70	5.64	221.309	400.00	1.63	5.38	223.366	400.00	1.79	5.88	223.662	400.00	1.63	5.37	223.662	400.00	1.62	5.35	223.366
414.70	2.03	6.73	229.442	418.70	1.96	6.48	233.808	422.50	2.01	6.61	236.243	415.80	1.96	6.45	232.496	418.80	1.89	6.24	233.864
400.00	2.22	7.36	221.309	410.00	2.20	7.27	228.950	415.00	2.18	7.17	232.049	400.00	2.20	7.24	223.662	410.00	2.08	6.87	228.950
390.00	2.35	7.79	215.776	395.00	2.39	7.90	220.573	400.00	2.30	7.56	223.662	390.00	2.39	7.87	218.070	400.00	2.25	7.43	223.366



**EDAD**  
**ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO**  
**MODULO DE ELASTICIDAD**

28 DÍAS  
 233.17 kg/cm<sup>2</sup>  
 229048.8 kg/cm<sup>2</sup>

VELOCIDAD DE APLICACIÓN				0.35-0.40 Mpa/s(3.57-4.08 kg/cm <sup>2</sup> /s)				F' C DISEÑO				210 Kg/cm <sup>2</sup>							
M-26-210				M-27-210				M-28-210				M-29-210				M-30-210			
Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*100 g)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000
20.00	0.06	0.20	11.036	20.00	0.05	0.17	11.109	20.00	0.06	0.20	11.065	20.00	0.07	0.23	11.183	20.00	0.07	0.23	11.007
40.00	0.12	0.40	22.073	40.00	0.11	0.36	22.219	40.00	0.11	0.36	22.131	40.00	0.13	0.43	22.366	40.00	0.12	0.40	22.015
60.00	0.18	0.59	33.109	60.00	0.17	0.56	33.328	60.00	0.18	0.59	33.196	60.00	0.17	0.56	33.549	60.00	0.19	0.63	33.022
80.00	0.25	0.82	44.145	80.00	0.25	0.83	44.437	80.00	0.25	0.82	44.262	80.00	0.24	0.79	44.732	80.00	0.26	0.86	44.029
100.00	0.33	1.09	55.182	100.00	0.32	1.06	55.547	100.00	0.31	1.01	55.327	100.00	0.33	1.09	55.915	100.00	0.33	1.09	55.037
120.00	0.39	1.29	66.218	120.00	0.38	1.26	66.656	120.00	0.38	1.24	66.393	120.00	0.39	1.29	67.099	120.00	0.40	1.33	66.044
140.00	0.44	1.45	77.254	140.00	0.42	1.39	77.765	140.00	0.42	1.37	77.458	140.00	0.44	1.46	78.282	140.00	0.45	1.49	77.051
160.00	0.50	1.65	88.291	160.00	0.48	1.59	88.875	160.00	0.47	1.54	88.524	160.00	0.48	1.59	89.465	160.00	0.53	1.76	88.059
180.00	0.57	1.88	99.327	180.00	0.55	1.82	99.984	180.00	0.55	1.80	99.589	180.00	0.55	1.82	100.648	180.00	0.60	1.99	99.066
200.00	0.63	2.08	110.363	200.00	0.62	2.05	111.093	200.00	0.61	2.00	110.654	200.00	0.62	2.05	111.831	200.00	0.66	2.19	110.073
220.00	0.68	2.24	121.400	220.00	0.68	2.25	122.203	220.00	0.68	2.23	121.720	220.00	0.68	2.25	123.014	220.00	0.72	2.39	121.081
240.00	0.73	2.41	132.436	240.00	0.72	2.39	133.312	240.00	0.73	2.39	132.785	240.00	0.73	2.41	134.197	240.00	0.81	2.68	132.088
260.00	0.80	2.64	143.472	260.00	0.81	2.68	144.421	260.00	0.82	2.68	143.851	260.00	0.80	2.65	145.380	260.00	0.86	2.85	143.095
280.00	0.88	2.90	154.509	280.00	0.87	2.88	155.531	280.00	0.87	2.85	154.916	280.00	0.88	2.91	156.563	280.00	0.95	3.15	154.103
300.00	0.95	3.13	165.545	300.00	0.94	3.11	166.640	300.00	0.95	3.11	165.982	300.00	0.94	3.11	167.746	300.00	1.01	3.35	165.110
320.00	1.02	3.36	176.581	320.00	1.01	3.35	177.749	320.00	1.01	3.30	177.047	320.00	1.01	3.34	178.929	320.00	1.14	3.78	176.117
340.00	1.18	3.89	187.618	340.00	1.15	3.81	188.859	340.00	1.14	3.73	188.113	340.00	1.15	3.80	190.112	340.00	1.27	4.21	187.124
360.00	1.26	4.15	198.654	360.00	1.26	4.17	199.968	360.00	1.27	4.16	199.178	360.00	1.26	4.17	201.296	360.00	1.32	4.38	198.132
380.00	1.35	4.45	209.690	380.00	1.32	4.37	211.078	380.00	1.33	4.35	210.243	380.00	1.36	4.50	212.479	380.00	1.47	4.87	209.139
400.00	1.53	5.04	220.727	400.00	1.47	4.87	222.187	400.00	1.45	4.74	221.309	400.00	1.53	5.06	223.662	400.00	1.69	5.60	220.146
420.00	1.68	5.54	231.763	420.00	1.69	5.60	233.296	420.00	1.72	5.63	232.374	420.00	1.70	5.62	234.845	420.00	1.89	6.26	231.154
436.70	1.97	6.50	240.978	428.60	2.00	6.63	238.073	425.50	1.95	6.38	235.417	428.90	2.10	6.94	239.821	432.50	2.13	7.06	238.033
420.00	2.22	7.32	231.763	420.00	2.18	7.22	233.296	420.00	2.13	6.97	232.374	420.00	2.30	7.61	234.845	420.00	2.29	7.59	231.154
400.00	2.38	7.85	220.727	410.00	2.30	7.62	227.742	405.00	2.28	7.46	224.075	405.00	2.42	8.00	226.457	410.00	2.46	8.15	225.650

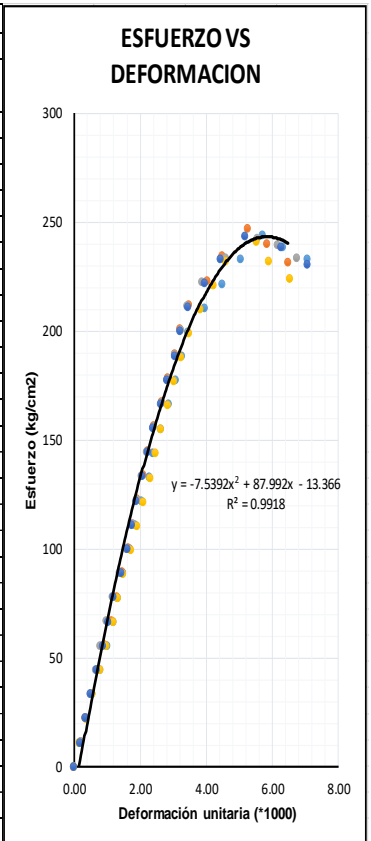


EDAD  
**ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO**  
**MODULO DE ELASTICIDAD**

28 DÍAS  
 238.46 kg/cm<sup>2</sup>  
 231634.5 kg/cm<sup>2</sup>



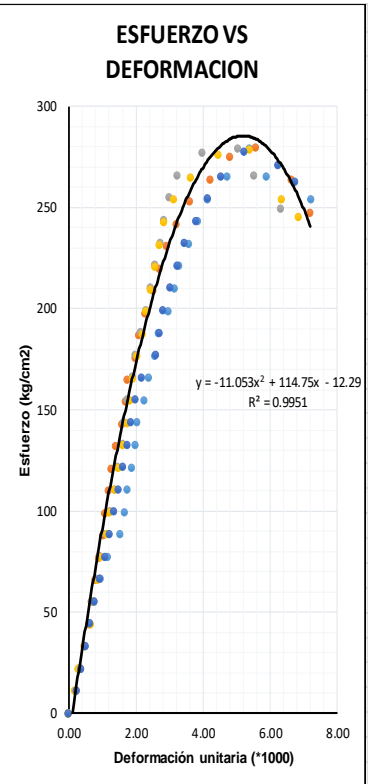
VELOCIDAD DE APLICACIÓN				0.40-0.45 Mpa/s(4.08-4.59 kg/cm <sup>2</sup> /s)				F' C DISEÑO				210 Kg/cm <sup>2</sup>							
M-31-210				M-32-210				M-33-210				M-34-210				M-35-210			
Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000
20.00	0.05	0.16	11.080	20.00	0.06	0.20	11.154	20.00	0.06	0.20	11.124	20.00	0.05	0.16	11.051	20.00	0.05	0.17	11.095
40.00	0.11	0.36	22.160	40.00	0.10	0.33	22.307	40.00	0.11	0.36	22.248	40.00	0.11	0.36	22.102	40.00	0.10	0.33	22.189
60.00	0.17	0.56	33.240	60.00	0.16	0.53	33.461	60.00	0.15	0.49	33.372	60.00	0.17	0.56	33.153	60.00	0.15	0.50	33.284
80.00	0.24	0.79	44.320	80.00	0.22	0.73	44.614	80.00	0.20	0.66	44.496	80.00	0.24	0.79	44.203	80.00	0.21	0.70	44.379
100.00	0.30	0.99	55.400	100.00	0.28	0.93	55.768	100.00	0.24	0.79	55.620	100.00	0.30	0.99	55.254	100.00	0.26	0.86	55.473
120.00	0.36	1.19	66.480	120.00	0.34	1.12	66.921	120.00	0.30	0.99	66.744	120.00	0.36	1.18	66.305	120.00	0.31	1.03	66.568
140.00	0.40	1.32	77.560	140.00	0.39	1.29	78.075	140.00	0.35	1.15	77.868	140.00	0.40	1.31	77.356	140.00	0.36	1.19	77.663
160.00	0.45	1.48	88.640	160.00	0.44	1.45	89.228	160.00	0.42	1.38	88.992	160.00	0.45	1.48	88.407	160.00	0.43	1.42	88.757
180.00	0.51	1.68	99.720	180.00	0.50	1.65	100.382	180.00	0.48	1.58	100.116	180.00	0.52	1.71	99.458	180.00	0.49	1.62	99.852
200.00	0.56	1.85	110.800	200.00	0.54	1.78	111.535	200.00	0.54	1.78	111.240	200.00	0.58	1.91	111.509	200.00	0.53	1.76	110.947
220.00	0.62	2.04	121.881	220.00	0.58	1.92	122.689	220.00	0.58	1.91	122.364	220.00	0.64	2.10	121.560	220.00	0.57	1.89	122.041
240.00	0.69	2.27	132.961	240.00	0.63	2.08	133.842	240.00	0.62	2.04	133.488	240.00	0.70	2.30	132.610	240.00	0.62	2.05	133.136
260.00	0.72	2.37	144.041	260.00	0.67	2.21	144.996	260.00	0.67	2.20	144.612	260.00	0.75	2.47	143.661	260.00	0.67	2.22	144.231
280.00	0.80	2.64	155.121	280.00	0.73	2.41	156.149	280.00	0.73	2.40	155.736	280.00	0.80	2.63	154.712	280.00	0.72	2.38	155.326
300.00	0.87	2.87	166.201	300.00	0.80	2.64	167.303	300.00	0.81	2.66	166.860	300.00	0.86	2.83	165.763	300.00	0.79	2.62	166.420
320.00	0.93	3.06	177.281	320.00	0.86	2.84	178.456	320.00	0.87	2.86	177.985	320.00	0.92	3.02	176.814	320.00	0.85	2.82	177.515
340.00	0.99	3.26	188.361	340.00	0.92	3.04	189.610	340.00	0.93	3.06	189.109	340.00	0.98	3.22	187.865	340.00	0.92	3.05	188.610
360.00	1.05	3.46	199.441	360.00	0.97	3.21	200.763	360.00	0.98	3.22	200.233	360.00	1.06	3.48	198.916	360.00	0.97	3.21	199.704
380.00	1.20	3.95	210.521	380.00	1.05	3.47	211.917	380.00	1.04	3.42	211.357	380.00	1.16	3.81	209.967	380.00	1.04	3.44	210.799
400.00	1.36	4.48	221.601	400.00	1.22	4.03	223.070	400.00	1.18	3.88	222.481	400.00	1.28	4.21	221.017	400.00	1.19	3.94	221.894
420.00	1.53	5.04	232.681	420.00	1.36	4.49	234.224	420.00	1.40	4.60	233.605	420.00	1.40	4.60	232.068	420.00	1.34	4.44	232.988
439.80	1.73	5.70	243.650	442.60	1.59	5.25	246.827	435.80	1.69	5.56	242.393	436.30	1.68	5.52	241.075	438.60	1.56	5.17	243.306
430.00	1.92	6.33	238.221	430.00	1.77	5.85	239.800	430.00	1.87	6.15	239.167	420.00	1.79	5.88	232.068	430.00	1.89	6.26	238.536
420.00	2.14	7.05	232.681	415.00	1.96	6.48	231.435	420.00	2.05	6.74	233.605	405.00	1.99	6.54	223.780	415.00	2.13	7.06	230.215



EDAD  
 ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO  
 MODULO DE ELASTICIDAD

28 DÍAS  
 243.45 kg/cm<sup>2</sup>  
 234043.4 kg/cm<sup>2</sup>

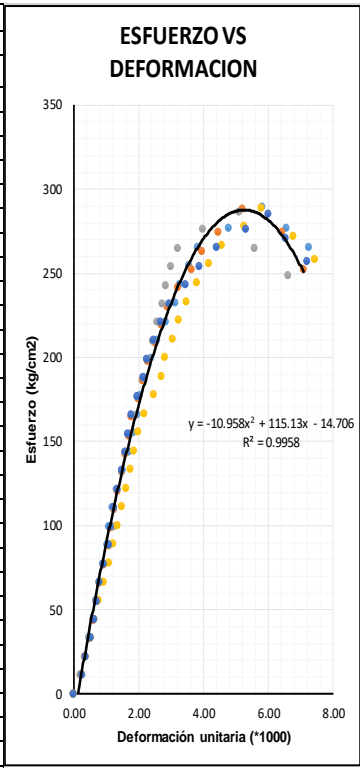
VELOCIDAD DE APLICACIÓN				0.10-0.15Mpa/s(1.02-1.53 kg/cm <sup>2</sup> /s)				F' C DISEÑO				280 Kg/cm <sup>2</sup>							
M-1-280				M-2-280				M-3-280				M-4-280				M-5-280			
Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*100)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000
20.00	0.07	0.23	11.051	20.00	0.07	0.23	10.993	20.00	0.06	0.20	11.080	20.00	0.05	0.16	11.036	20.00	0.07	0.23	11.065
40.00	0.10	0.33	22.102	40.00	0.11	0.36	21.986	40.00	0.10	0.33	22.160	40.00	0.09	0.30	22.073	40.00	0.11	0.36	22.131
60.00	0.15	0.50	33.153	60.00	0.14	0.46	32.979	60.00	0.15	0.49	33.240	60.00	0.14	0.46	33.109	60.00	0.15	0.49	33.196
80.00	0.19	0.63	44.203	80.00	0.18	0.60	43.971	80.00	0.19	0.63	44.320	80.00	0.20	0.66	44.145	80.00	0.19	0.63	44.262
100.00	0.23	0.76	55.254	100.00	0.21	0.69	54.964	100.00	0.21	0.69	55.400	100.00	0.22	0.73	55.182	100.00	0.23	0.76	55.327
120.00	0.29	0.96	66.305	120.00	0.24	0.79	65.957	120.00	0.25	0.82	66.480	120.00	0.26	0.86	66.218	120.00	0.28	0.92	66.393
140.00	0.35	1.16	77.356	140.00	0.27	0.89	76.950	140.00	0.28	0.92	77.560	140.00	0.29	0.96	77.254	140.00	0.33	1.09	77.458
160.00	0.46	1.52	88.407	160.00	0.31	1.02	87.943	160.00	0.34	1.12	88.640	160.00	0.34	1.12	88.291	160.00	0.37	1.22	88.524
180.00	0.50	1.65	99.458	180.00	0.33	1.09	98.936	180.00	0.38	1.25	99.720	180.00	0.37	1.22	99.327	180.00	0.41	1.35	99.589
200.00	0.53	1.75	110.509	200.00	0.36	1.19	109.929	200.00	0.42	1.38	110.800	200.00	0.42	1.39	110.363	200.00	0.45	1.48	110.654
220.00	0.57	1.89	121.560	220.00	0.38	1.26	120.921	220.00	0.44	1.45	121.881	220.00	0.45	1.48	121.400	220.00	0.49	1.61	121.720
240.00	0.60	1.99	132.610	240.00	0.42	1.39	131.914	240.00	0.49	1.61	132.961	240.00	0.49	1.62	132.436	240.00	0.53	1.75	132.785
260.00	0.62	2.05	143.661	260.00	0.48	1.59	142.907	260.00	0.50	1.65	144.041	260.00	0.53	1.75	143.472	260.00	0.56	1.85	143.851
280.00	0.68	2.25	154.712	280.00	0.51	1.69	153.900	280.00	0.53	1.75	155.121	280.00	0.55	1.81	154.509	280.00	0.60	1.98	154.916
300.00	0.72	2.38	165.763	300.00	0.53	1.75	164.893	300.00	0.58	1.91	166.201	300.00	0.58	1.91	165.545	300.00	0.66	2.17	165.982
320.00	0.78	2.58	176.814	320.00	0.60	1.98	175.886	320.00	0.60	1.98	177.281	320.00	0.62	2.05	176.581	320.00	0.79	2.60	177.047
340.00	0.81	2.68	187.865	340.00	0.63	2.08	186.879	340.00	0.65	2.14	188.361	340.00	0.67	2.21	187.618	340.00	0.82	2.70	188.113
360.00	0.90	2.98	198.916	360.00	0.69	2.28	197.872	360.00	0.70	2.31	199.441	360.00	0.70	2.31	198.654	360.00	0.85	2.80	199.178
380.00	0.95	3.14	209.967	380.00	0.76	2.51	208.864	380.00	0.74	2.44	210.521	380.00	0.74	2.44	209.690	380.00	0.92	3.03	210.243
400.00	0.99	3.28	221.017	400.00	0.82	2.71	219.857	400.00	0.78	2.57	221.601	400.00	0.78	2.57	220.727	400.00	0.98	3.23	221.309
420.00	1.08	3.57	232.068	420.00	0.88	2.91	230.850	420.00	0.83	2.73	232.681	420.00	0.82	2.71	231.763	420.00	1.05	3.46	232.374
440.00	1.16	3.84	243.119	440.00	0.97	3.21	241.843	440.00	0.86	2.83	243.761	440.00	0.86	2.84	242.799	440.00	1.15	3.79	243.440
460.00	1.25	4.14	254.170	460.00	1.09	3.60	252.836	460.00	0.91	3.00	254.841	460.00	0.95	3.13	253.836	460.00	1.26	4.15	254.505
480.00	1.43	4.73	265.221	480.00	1.28	4.23	263.829	480.00	0.98	3.23	265.921	480.00	1.10	3.63	264.872	480.00	1.38	4.55	265.571
505.60	1.63	5.39	279.366	500.00	1.45	4.79	274.822	500.00	1.21	3.99	277.001	500.00	1.35	4.45	275.908	501.60	1.59	5.24	277.521
480.00	1.78	5.89	265.221	508.60	1.69	5.59	279.549	503.50	1.53	5.04	278.940	504.80	1.63	5.38	278.557	490.00	1.89	6.23	271.103
460.00	2.18	7.21	254.170	480.00	2.01	6.64	263.829	480.00	1.68	5.53	265.921	460.00	1.92	6.33	253.836	475.00	2.05	6.75	262.804
			450.00	2.18	7.21	247.339	450.00	1.92	6.32	249.301	445.00	2.08	6.86	245.558					



EDAD  
 ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO  
 MODULO DE ELASTICIDAD

28 DÍAS  
 278.79 kg/cm<sup>2</sup>  
 250453.57 kg/cm<sup>2</sup>

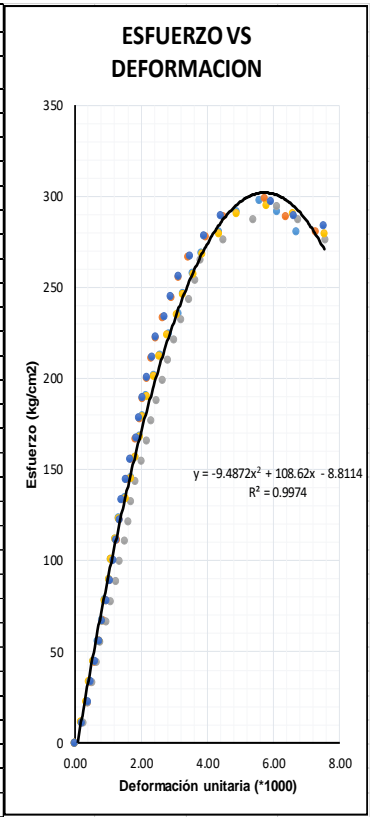
VELOCIDAD DE APLICACIÓN				0.15-0.20Mpa/s(1.53-2.04 kg/cm <sup>2</sup> /s)				F' C DISEÑO				280 Kg/cm <sup>2</sup>							
M-6-280				M-7-280				M-8-280				M-9-280				M-10-280			
Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000
20.00	0.07	0.23	11.065	20.00	0.06	0.20	10.964	20.00	0.06	0.20	11.036	20.00	0.08	0.26	11.109	20.00	0.08	0.26	11.051
40.00	0.11	0.36	22.131	40.00	0.10	0.33	21.928	40.00	0.10	0.33	22.073	40.00	0.11	0.36	22.219	40.00	0.11	0.36	22.102
60.00	0.14	0.46	33.196	60.00	0.15	0.49	32.892	60.00	0.15	0.49	33.109	60.00	0.16	0.53	33.328	60.00	0.16	0.52	33.153
80.00	0.18	0.59	44.262	80.00	0.18	0.59	43.856	80.00	0.19	0.62	44.145	80.00	0.19	0.63	44.437	80.00	0.19	0.62	44.203
100.00	0.21	0.69	55.327	100.00	0.22	0.73	54.820	100.00	0.21	0.69	55.182	100.00	0.23	0.76	55.547	100.00	0.22	0.72	55.254
120.00	0.24	0.79	66.393	120.00	0.24	0.79	65.784	120.00	0.25	0.82	66.218	120.00	0.28	0.92	66.656	120.00	0.24	0.79	66.305
140.00	0.27	0.89	77.458	140.00	0.28	0.92	76.748	140.00	0.28	0.92	77.254	140.00	0.33	1.09	77.765	140.00	0.28	0.92	77.356
160.00	0.31	1.02	88.524	160.00	0.33	1.09	87.712	160.00	0.34	1.12	88.291	160.00	0.37	1.22	88.875	160.00	0.33	1.08	88.407
180.00	0.33	1.09	99.589	180.00	0.35	1.15	98.676	180.00	0.38	1.25	99.327	180.00	0.41	1.35	99.984	180.00	0.35	1.15	99.458
200.00	0.36	1.19	110.654	200.00	0.38	1.25	109.640	200.00	0.38	1.25	110.363	200.00	0.45	1.49	111.093	200.00	0.38	1.25	110.509
220.00	0.40	1.32	121.720	220.00	0.41	1.35	120.604	220.00	0.41	1.35	121.400	220.00	0.49	1.62	122.203	220.00	0.41	1.34	121.560
240.00	0.46	1.52	132.785	240.00	0.45	1.48	131.568	240.00	0.45	1.48	132.436	240.00	0.53	1.75	133.312	240.00	0.45	1.48	132.610
260.00	0.51	1.68	143.851	260.00	0.48	1.58	142.532	260.00	0.48	1.58	143.472	260.00	0.56	1.85	144.421	260.00	0.48	1.57	143.661
280.00	0.55	1.81	154.916	280.00	0.51	1.68	153.496	280.00	0.53	1.74	154.509	280.00	0.60	1.98	155.531	280.00	0.51	1.67	154.712
300.00	0.59	1.95	165.982	300.00	0.54	1.78	164.460	300.00	0.58	1.90	165.545	300.00	0.66	2.18	166.640	300.00	0.54	1.77	165.763
320.00	0.62	2.04	177.047	320.00	0.60	1.98	175.424	320.00	0.60	1.97	176.581	320.00	0.75	2.48	177.749	320.00	0.60	1.97	176.814
340.00	0.65	2.14	188.113	340.00	0.64	2.11	186.388	340.00	0.65	2.13	187.618	340.00	0.82	2.71	188.859	340.00	0.65	2.13	187.865
360.00	0.72	2.37	199.178	360.00	0.69	2.27	197.353	360.00	0.70	2.30	198.654	360.00	0.85	2.81	199.968	360.00	0.69	2.26	198.916
380.00	0.78	2.57	210.243	380.00	0.76	2.50	208.317	380.00	0.74	2.43	209.690	380.00	0.92	3.04	211.078	380.00	0.75	2.46	209.967
400.00	0.86	2.84	221.309	400.00	0.82	2.70	219.281	400.00	0.78	2.56	220.727	400.00	0.98	3.24	222.187	400.00	0.82	2.69	221.017
420.00	0.95	3.13	232.374	420.00	0.88	2.90	230.245	420.00	0.83	2.73	231.763	420.00	1.05	3.47	233.296	420.00	0.90	2.95	232.068
440.00	0.99	3.27	243.440	440.00	0.97	3.20	241.209	440.00	0.86	2.82	242.799	440.00	1.15	3.80	244.406	440.00	1.05	3.44	243.119
460.00	1.08	3.56	254.505	460.00	1.10	3.63	252.173	460.00	0.91	2.99	253.836	460.00	1.26	4.16	255.515	460.00	1.18	3.87	254.170
480.00	1.16	3.83	265.571	480.00	1.20	3.96	263.137	480.00	0.98	3.22	264.872	480.00	1.38	4.56	266.624	480.00	1.34	4.39	265.221
500.00	1.45	4.78	276.636	500.00	1.35	4.45	274.101	500.00	1.21	3.97	275.908	500.00	1.59	5.25	277.734	500.00	1.62	5.31	276.272
522.60	1.76	5.80	289.140	525.60	1.58	5.21	288.135	518.80	1.55	5.09	286.282	519.50	1.75	5.78	288.565	515.80	1.83	6.00	285.002
500.00	1.99	6.56	276.636	500.00	1.95	6.43	274.101	480.00	1.70	5.58	264.872	490.00	2.05	6.77	272.179	490.00	1.99	6.53	270.746
480.00	2.20	7.26	265.571	460.00	2.15	7.09	252.173	450.00	2.01	6.60	248.317	465.00	2.25	7.43	258.292				



EDAD  
 ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO  
 MODULO DE ELASTICIDAD

28 DÍAS  
 287.42 kg/cm<sup>2</sup>  
 254304.137 kg/cm<sup>2</sup>

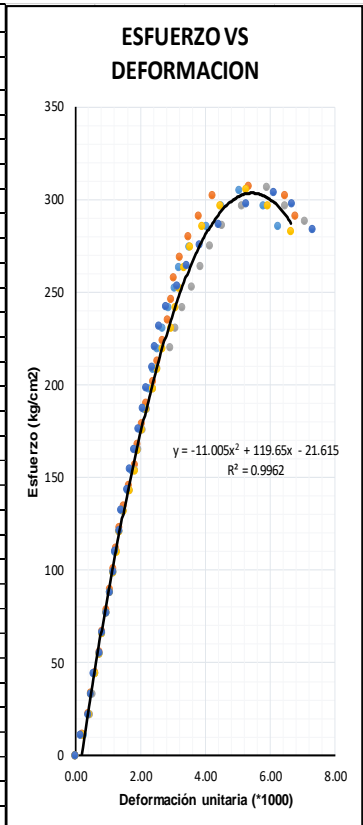
VELOCIDAD DE APLICACIÓN				0.20-0.25Mpa/s(2.04-2.55 kg/cm <sup>2</sup> /s)				F°C DISEÑO				280 Kg/cm <sup>2</sup>							
M-11-280				M-12-280				M-13-280				M-14-280				M-15-280			
Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000
20.00	0.06	0.20	11.213	20.00	0.06	0.20	11.109	20.00	0.08	0.26	11.051	20.00	0.05	0.17	11.183	20.00	0.06	0.20	11.139
40.00	0.11	0.36	22.426	40.00	0.12	0.40	22.219	40.00	0.12	0.39	22.102	40.00	0.10	0.33	22.366	40.00	0.12	0.39	22.278
60.00	0.14	0.46	33.638	60.00	0.15	0.50	33.328	60.00	0.16	0.52	33.153	60.00	0.13	0.43	33.549	60.00	0.14	0.46	33.416
80.00	0.17	0.56	44.851	80.00	0.18	0.59	44.437	80.00	0.20	0.66	44.203	80.00	0.17	0.56	44.732	80.00	0.18	0.59	44.555
100.00	0.21	0.69	56.064	100.00	0.22	0.73	55.547	100.00	0.23	0.75	55.254	100.00	0.22	0.73	55.915	100.00	0.22	0.72	55.694
120.00	0.25	0.82	67.277	120.00	0.26	0.86	66.656	120.00	0.29	0.95	66.305	120.00	0.25	0.83	67.099	120.00	0.25	0.82	66.833
140.00	0.27	0.89	78.490	140.00	0.29	0.96	77.765	140.00	0.33	1.08	77.356	140.00	0.27	0.89	78.282	140.00	0.29	0.95	77.971
160.00	0.31	1.02	89.702	160.00	0.32	1.06	88.875	160.00	0.38	1.25	88.407	160.00	0.31	1.02	89.465	160.00	0.32	1.05	89.110
180.00	0.33	1.09	100.915	180.00	0.34	1.12	99.984	180.00	0.41	1.34	99.458	180.00	0.33	1.09	100.648	180.00	0.35	1.15	100.249
200.00	0.37	1.22	112.128	200.00	0.38	1.25	111.093	200.00	0.46	1.51	110.509	200.00	0.37	1.22	111.831	200.00	0.38	1.25	111.388
220.00	0.40	1.32	123.341	220.00	0.41	1.35	122.203	220.00	0.49	1.61	121.560	220.00	0.40	1.32	123.014	220.00	0.41	1.35	122.526
240.00	0.46	1.52	134.553	240.00	0.44	1.45	133.312	240.00	0.52	1.70	132.610	240.00	0.46	1.52	134.197	240.00	0.43	1.41	133.665
260.00	0.51	1.68	145.766	260.00	0.47	1.55	144.421	260.00	0.56	1.84	143.661	260.00	0.51	1.69	145.380	260.00	0.47	1.54	144.804
280.00	0.55	1.81	156.979	280.00	0.51	1.68	155.531	280.00	0.61	2.00	154.712	280.00	0.55	1.82	156.563	280.00	0.51	1.68	155.943
300.00	0.59	1.95	168.192	300.00	0.55	1.82	166.640	300.00	0.66	2.16	165.763	300.00	0.59	1.95	167.746	300.00	0.56	1.84	167.081
320.00	0.62	2.05	179.405	320.00	0.59	1.95	177.749	320.00	0.70	2.29	176.814	320.00	0.62	2.05	178.929	320.00	0.59	1.94	178.220
340.00	0.65	2.14	190.617	340.00	0.62	2.05	188.859	340.00	0.75	2.46	187.865	340.00	0.66	2.18	190.112	340.00	0.62	2.04	189.359
360.00	0.72	2.38	201.830	360.00	0.66	2.18	199.968	360.00	0.81	2.65	198.916	360.00	0.72	2.38	201.296	360.00	0.66	2.17	200.498
380.00	0.78	2.57	213.043	380.00	0.70	2.31	211.078	380.00	0.86	2.82	209.967	380.00	0.77	2.55	212.479	380.00	0.71	2.33	211.636
400.00	0.86	2.84	224.256	400.00	0.74	2.44	222.187	400.00	0.91	2.98	221.017	400.00	0.84	2.78	223.662	400.00	0.74	2.43	222.775
420.00	0.95	3.13	235.469	420.00	0.80	2.64	233.296	420.00	0.98	3.21	232.068	420.00	0.93	3.07	234.845	420.00	0.82	2.69	233.914
440.00	0.99	3.27	246.681	440.00	0.88	2.91	244.406	440.00	1.05	3.44	243.119	440.00	0.99	3.27	246.028	440.00	0.88	2.89	245.053
460.00	1.08	3.56	257.894	460.00	0.95	3.14	255.515	460.00	1.11	3.64	254.170	460.00	1.08	3.57	257.211	460.00	0.95	3.12	256.191
480.00	1.16	3.83	269.107	480.00	1.04	3.43	266.624	480.00	1.16	3.80	265.221	480.00	1.16	3.83	268.394	480.00	1.06	3.48	267.330
500.00	1.32	4.35	280.320	500.00	1.20	3.96	277.734	500.00	1.37	4.49	276.272	500.00	1.32	4.36	279.577	500.00	1.19	3.91	278.469
520.00	1.48	4.88	291.532	520.00	1.36	4.49	288.843	520.00	1.64	5.38	287.323	520.00	1.48	4.89	290.760	520.00	1.34	4.40	289.608
530.60	1.69	5.58	297.475	538.30	1.74	5.74	299.008	532.60	1.86	6.10	294.285	527.60	1.75	5.79	295.010	533.50	1.80	5.92	297.126
520.00	1.85	6.10	291.532	520.00	1.93	6.37	288.843	520.00	2.06	6.75	287.323	520.00	1.99	6.58	290.760	520.00	2.01	6.61	289.608
500.00	2.03	6.70	280.320	505.00	2.20	7.26	280.511	500.00	2.31	7.57	276.272	500.00	2.28	7.54	279.577	510.00	2.29	7.53	284.038



EDAD  
**ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO**  
**MODULO DE ELASTICIDAD**

28 DÍAS  
 296.58 kg/cm<sup>2</sup>  
 258322.82 kg/cm<sup>2</sup>

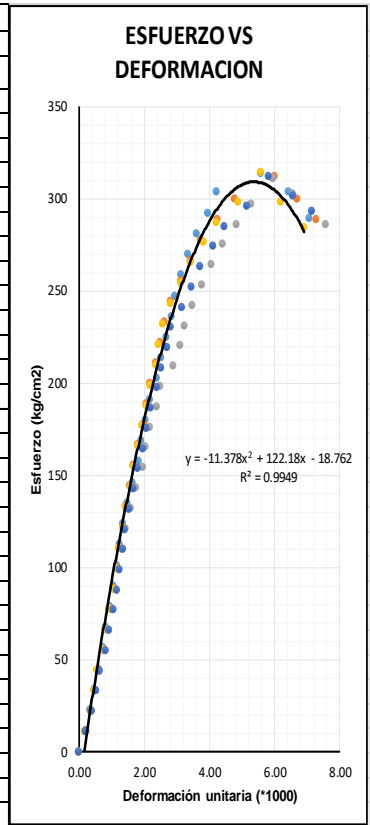
VELOCIDAD DE APLICACIÓN				0.25-0.30Mpa/s(2.55-3.06 kg/cm <sup>2</sup> /s)				F' C DISEÑO				280 Kg/cm <sup>2</sup>							
M-16-280				M-17-280				M-18-280				M-19-280				M-20-280			
Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000
20.00	0.08	0.26	10.978	20.00	0.06	0.20	11.198	20.00	0.07	0.23	10.993	20.00	0.07	0.23	10.978	20.00	0.05	0.16	11.022
40.00	0.12	0.40	21.957	40.00	0.12	0.40	22.396	40.00	0.13	0.43	21.986	40.00	0.13	0.43	21.957	40.00	0.12	0.39	22.044
60.00	0.15	0.50	32.935	60.00	0.14	0.46	33.594	60.00	0.16	0.53	32.979	60.00	0.14	0.46	32.935	60.00	0.14	0.46	33.065
80.00	0.18	0.59	43.914	80.00	0.18	0.59	44.792	80.00	0.18	0.60	43.971	80.00	0.18	0.60	43.914	80.00	0.17	0.56	44.087
100.00	0.22	0.73	54.892	100.00	0.22	0.73	55.990	100.00	0.22	0.73	54.964	100.00	0.22	0.73	54.892	100.00	0.22	0.72	55.109
120.00	0.25	0.83	65.871	120.00	0.25	0.82	67.188	120.00	0.25	0.83	65.957	120.00	0.25	0.83	65.871	120.00	0.25	0.82	66.131
140.00	0.29	0.96	76.849	140.00	0.29	0.96	78.385	140.00	0.29	0.96	76.950	140.00	0.29	0.96	76.849	140.00	0.29	0.95	77.153
160.00	0.32	1.06	87.827	160.00	0.32	1.06	89.583	160.00	0.32	1.06	87.943	160.00	0.32	1.06	87.827	160.00	0.32	1.05	88.174
180.00	0.35	1.16	98.806	180.00	0.35	1.15	100.781	180.00	0.35	1.16	98.936	180.00	0.35	1.16	98.806	180.00	0.35	1.15	99.196
200.00	0.37	1.22	109.784	200.00	0.38	1.25	111.979	200.00	0.38	1.26	109.929	200.00	0.38	1.26	109.784	200.00	0.37	1.22	110.218
220.00	0.41	1.35	120.763	220.00	0.41	1.35	123.177	220.00	0.41	1.36	120.921	220.00	0.41	1.36	120.763	220.00	0.41	1.35	121.240
240.00	0.44	1.45	131.741	240.00	0.45	1.48	134.375	240.00	0.45	1.49	131.914	240.00	0.45	1.49	131.741	240.00	0.43	1.41	132.262
260.00	0.49	1.62	142.720	260.00	0.50	1.65	145.573	260.00	0.50	1.66	142.907	260.00	0.50	1.65	142.720	260.00	0.48	1.58	143.284
280.00	0.53	1.75	153.698	280.00	0.55	1.81	156.771	280.00	0.55	1.82	153.900	280.00	0.55	1.82	153.698	280.00	0.51	1.68	154.305
300.00	0.58	1.91	164.676	300.00	0.58	1.91	167.969	300.00	0.58	1.92	164.893	300.00	0.58	1.92	164.676	300.00	0.55	1.81	165.327
320.00	0.61	2.01	175.655	320.00	0.62	2.04	179.167	320.00	0.62	2.05	175.886	320.00	0.62	2.05	175.655	320.00	0.59	1.94	176.349
340.00	0.64	2.11	186.633	340.00	0.66	2.18	190.365	340.00	0.66	2.19	186.879	340.00	0.66	2.18	186.633	340.00	0.63	2.07	187.371
360.00	0.68	2.24	197.612	360.00	0.72	2.37	201.563	360.00	0.72	2.38	197.872	360.00	0.72	2.38	197.612	360.00	0.66	2.17	198.393
380.00	0.72	2.38	208.590	380.00	0.76	2.51	212.761	380.00	0.76	2.52	208.864	380.00	0.76	2.51	208.590	380.00	0.72	2.37	209.414
400.00	0.76	2.51	219.569	400.00	0.81	2.67	223.958	400.00	0.88	2.91	219.857	400.00	0.81	2.68	219.569	400.00	0.74	2.43	220.436
420.00	0.81	2.67	230.547	420.00	0.86	2.84	235.156	420.00	0.93	3.08	230.850	420.00	0.89	2.94	230.547	420.00	0.78	2.56	231.458
440.00	0.87	2.87	241.525	440.00	0.89	2.94	246.354	440.00	0.99	3.28	241.843	440.00	0.93	3.08	241.525	440.00	0.85	2.79	242.480
460.00	0.92	3.04	252.504	460.00	0.92	3.03	257.552	460.00	1.08	3.58	252.836	460.00	0.96	3.17	252.504	460.00	0.95	3.12	253.502
480.00	0.96	3.17	263.482	480.00	0.97	3.20	268.750	480.00	1.16	3.84	263.829	480.00	1.01	3.34	263.482	480.00	1.04	3.42	264.523
500.00	1.06	3.50	274.461	500.00	1.05	3.46	279.948	500.00	1.25	4.14	274.822	500.00	1.07	3.54	274.461	500.00	1.16	3.81	275.545
520.00	1.22	4.03	285.439	520.00	1.15	3.79	291.146	520.00	1.36	4.50	285.814	520.00	1.18	3.90	285.439	520.00	1.34	4.40	286.567
540.00	1.36	4.49	296.418	540.00	1.28	4.22	302.344	540.00	1.55	5.13	296.807	540.00	1.35	4.46	296.418	540.00	1.60	5.26	297.589
555.60	1.53	5.05	304.981	548.70	1.62	5.34	307.215	557.60	1.78	5.90	306.481	556.50	1.59	5.26	305.475	551.60	1.86	6.11	303.982
540.00	1.75	5.78	296.418	540.00	1.96	6.46	302.344	540.00	1.95	6.46	296.807	540.00	1.79	5.92	296.418	540.00	2.03	6.67	297.589
520.00	1.89	6.24	285.439	520.00	2.05	6.76	291.146	525.00	2.13	7.06	288.563	515.00	2.01	6.65	282.695	515.00	2.22	7.30	283.812



EDAD  
**ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO**  
**MODULO DE ELASTICIDAD**

28 DÍAS  
305.63 kg/cm<sup>2</sup>  
262232.7 kg/cm<sup>2</sup>

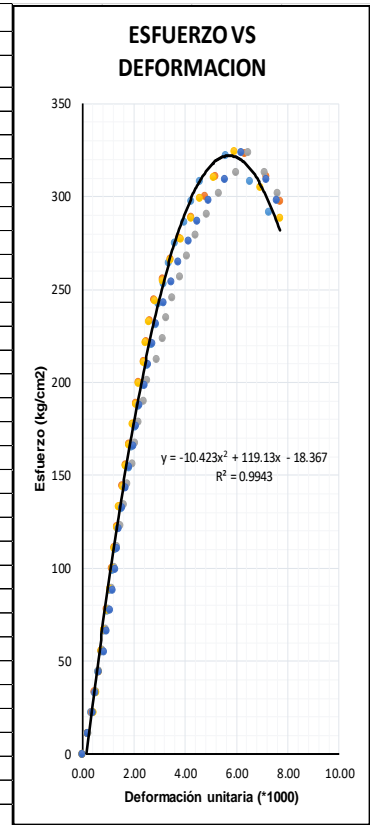
VELOCIDAD DE APLICACIÓN				0.30-0.35Mpa/s(3.06-3.57 kg/cm <sup>2</sup> /s)				F' C DISEÑO				280 Kg/cm <sup>2</sup>							
M-21-280				M-22-280				M-23-280				M-24-280				M-25-280			
Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000
20.00	0.06	0.20	11.243	20.00	0.05	0.16	11.109	20.00	0.07	0.23	11.007	20.00	0.05	0.16	11.051	20.00	0.06	0.20	10.964
40.00	0.10	0.33	22.485	40.00	0.11	0.36	22.219	40.00	0.12	0.40	22.015	40.00	0.12	0.39	22.102	40.00	0.12	0.39	21.928
60.00	0.14	0.46	33.728	60.00	0.14	0.46	33.328	60.00	0.15	0.50	33.022	60.00	0.14	0.46	33.153	60.00	0.16	0.52	32.892
80.00	0.18	0.59	44.970	80.00	0.18	0.59	44.437	80.00	0.19	0.63	44.029	80.00	0.17	0.56	44.203	80.00	0.19	0.62	43.856
100.00	0.22	0.73	56.213	100.00	0.22	0.72	55.547	100.00	0.23	0.76	55.037	100.00	0.22	0.72	55.254	100.00	0.25	0.82	54.820
120.00	0.25	0.82	67.456	120.00	0.25	0.82	66.656	120.00	0.26	0.86	66.044	120.00	0.25	0.82	66.305	120.00	0.28	0.92	65.784
140.00	0.29	0.96	78.698	140.00	0.28	0.92	77.765	140.00	0.30	0.99	77.051	140.00	0.29	0.95	77.356	140.00	0.32	1.05	76.748
160.00	0.32	1.06	89.941	160.00	0.32	1.05	88.875	160.00	0.33	1.09	88.059	160.00	0.32	1.05	88.407	160.00	0.35	1.15	87.712
180.00	0.35	1.15	101.183	180.00	0.35	1.15	99.984	180.00	0.36	1.19	99.066	180.00	0.35	1.15	99.458	180.00	0.38	1.25	98.676
200.00	0.38	1.25	112.426	200.00	0.38	1.25	111.093	200.00	0.40	1.32	110.073	200.00	0.37	1.22	110.509	200.00	0.41	1.35	109.640
220.00	0.41	1.35	123.669	220.00	0.41	1.35	122.203	220.00	0.43	1.42	121.081	220.00	0.41	1.35	121.560	220.00	0.43	1.41	120.604
240.00	0.45	1.48	134.911	240.00	0.43	1.42	133.312	240.00	0.48	1.59	132.088	240.00	0.43	1.41	132.610	240.00	0.47	1.54	131.568
260.00	0.50	1.65	146.154	260.00	0.47	1.55	144.421	260.00	0.53	1.75	143.095	260.00	0.48	1.58	143.661	260.00	0.51	1.67	142.532
280.00	0.55	1.81	157.397	280.00	0.51	1.68	155.531	280.00	0.59	1.95	154.103	280.00	0.51	1.68	154.712	280.00	0.55	1.80	153.496
300.00	0.58	1.91	168.639	300.00	0.55	1.81	166.640	300.00	0.62	2.05	165.110	300.00	0.55	1.81	165.763	300.00	0.60	1.97	164.460
320.00	0.62	2.04	179.882	320.00	0.60	1.97	177.749	320.00	0.66	2.18	176.117	320.00	0.59	1.94	176.814	320.00	0.63	2.07	175.424
340.00	0.66	2.18	191.124	340.00	0.63	2.07	188.859	340.00	0.72	2.38	187.124	340.00	0.63	2.07	187.865	340.00	0.67	2.20	186.388
360.00	0.72	2.37	202.367	360.00	0.66	2.17	199.968	360.00	0.75	2.48	198.132	360.00	0.66	2.17	198.916	360.00	0.73	2.40	197.353
380.00	0.76	2.51	213.610	380.00	0.72	2.37	211.078	380.00	0.87	2.88	209.139	380.00	0.72	2.37	209.967	380.00	0.77	2.53	208.317
400.00	0.81	2.67	224.852	400.00	0.76	2.50	222.187	400.00	0.94	3.11	220.146	400.00	0.74	2.44	221.017	400.00	0.82	2.69	219.281
420.00	0.86	2.84	236.095	420.00	0.80	2.63	233.296	420.00	0.98	3.24	231.154	420.00	0.78	2.57	232.068	420.00	0.86	2.82	230.245
440.00	0.89	2.93	247.337	440.00	0.85	2.80	244.406	440.00	1.05	3.47	242.161	440.00	0.85	2.80	243.119	440.00	0.96	3.15	241.209
460.00	0.95	3.13	258.580	460.00	0.95	3.13	255.515	460.00	1.14	3.77	253.168	460.00	0.95	3.13	254.170	460.00	1.05	3.44	252.173
480.00	1.01	3.33	269.823	480.00	1.04	3.42	266.624	480.00	1.23	4.07	264.176	480.00	1.04	3.42	265.221	480.00	1.13	3.71	263.137
500.00	1.09	3.59	281.065	500.00	1.14	3.75	277.734	500.00	1.33	4.40	275.183	500.00	1.16	3.82	276.272	500.00	1.25	4.10	274.101
520.00	1.20	3.96	292.308	520.00	1.29	4.25	288.843	520.00	1.46	4.83	286.190	520.00	1.28	4.21	287.323	520.00	1.36	4.46	285.065
540.00	1.28	4.22	303.550	540.00	1.45	4.77	299.952	540.00	1.60	5.29	297.198	540.00	1.48	4.87	298.374	540.00	1.57	5.15	296.029
558.60	1.69	5.57	314.006	561.50	1.82	5.99	311.895	565.50	1.80	5.95	311.232	568.90	1.69	5.56	314.342	569.30	1.77	5.81	312.091
540.00	1.95	6.43	303.550	540.00	2.03	6.68	299.952	550.00	1.98	6.55	302.701	540.00	1.88	6.19	298.374	550.00	2.00	6.56	301.511
515.00	2.14	7.06	289.497	520.00	2.21	7.27	288.843	520.00	2.29	7.57	286.190	515.00	2.10	6.91	284.560	535.00	2.18	7.15	293.288



EDAD  
**ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO**  
**MODULO DE ELASTICIDAD**

28 DÍAS  
312.71 kg/cm<sup>2</sup>  
265255.49 kg/cm<sup>2</sup>

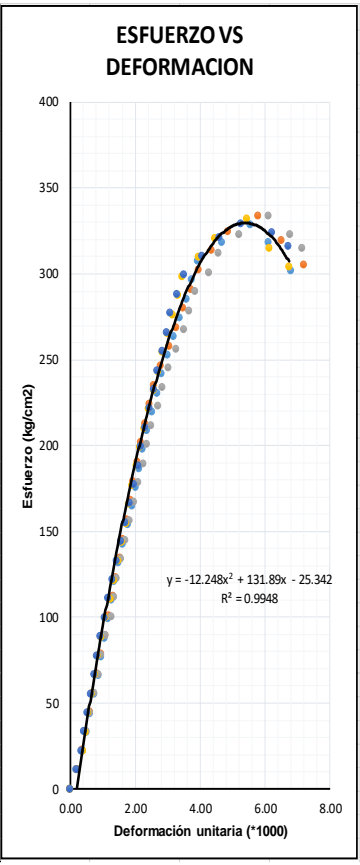
VELOCIDAD DE APLICACIÓN				0.35-0.40Mpa/s(3.57-4.08 kg/cm <sup>2</sup> /s)				F°C DISEÑO				280 Kg/cm <sup>2</sup>							
M-26-280				M-27-280				M-28-280				M-29-280				M-30-280			
Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000
20.00	0.06	0.20	11.007	20.00	0.06	0.20	11.109	20.00	0.07	0.23	11.168	20.00	0.06	0.20	11.080	20.00	0.06	0.20	11.036
40.00	0.10	0.33	22.015	40.00	0.11	0.36	22.219	40.00	0.12	0.40	22.337	40.00	0.13	0.43	22.160	40.00	0.12	0.40	22.073
60.00	0.14	0.46	33.022	60.00	0.14	0.46	33.328	60.00	0.16	0.53	33.505	60.00	0.16	0.53	33.240	60.00	0.15	0.49	33.109
80.00	0.18	0.60	44.029	80.00	0.19	0.62	44.437	80.00	0.19	0.63	44.673	80.00	0.19	0.63	44.320	80.00	0.19	0.63	44.145
100.00	0.22	0.73	55.037	100.00	0.22	0.72	55.547	100.00	0.23	0.76	55.841	100.00	0.22	0.73	55.400	100.00	0.25	0.82	55.182
120.00	0.25	0.83	66.044	120.00	0.25	0.82	66.656	120.00	0.27	0.89	67.010	120.00	0.25	0.82	66.480	120.00	0.28	0.92	66.218
140.00	0.29	0.96	77.051	140.00	0.28	0.92	77.765	140.00	0.30	0.99	78.178	140.00	0.29	0.96	77.560	140.00	0.32	1.05	77.254
160.00	0.32	1.06	88.059	160.00	0.32	1.05	88.875	160.00	0.34	1.13	89.346	160.00	0.32	1.06	88.640	160.00	0.35	1.15	88.291
180.00	0.35	1.16	99.066	180.00	0.35	1.15	99.984	180.00	0.37	1.23	100.515	180.00	0.35	1.15	99.720	180.00	0.38	1.25	99.327
200.00	0.38	1.26	110.073	200.00	0.38	1.25	111.093	200.00	0.40	1.33	111.683	200.00	0.37	1.22	110.800	200.00	0.41	1.35	110.363
220.00	0.41	1.36	121.081	220.00	0.41	1.35	122.203	220.00	0.44	1.46	122.851	220.00	0.41	1.35	121.881	220.00	0.43	1.42	121.400
240.00	0.45	1.49	132.088	240.00	0.44	1.44	133.312	240.00	0.48	1.59	134.019	240.00	0.43	1.42	132.961	240.00	0.47	1.55	132.436
260.00	0.50	1.65	143.095	260.00	0.47	1.54	144.421	260.00	0.52	1.72	145.188	260.00	0.48	1.58	144.041	260.00	0.51	1.68	143.472
280.00	0.55	1.82	154.103	280.00	0.51	1.67	155.531	280.00	0.59	1.95	156.356	280.00	0.51	1.68	155.121	280.00	0.55	1.81	154.509
300.00	0.58	1.92	165.110	300.00	0.55	1.81	166.640	300.00	0.62	2.05	167.524	300.00	0.55	1.81	166.201	300.00	0.60	1.98	165.545
320.00	0.62	2.05	176.117	320.00	0.60	1.97	177.749	320.00	0.66	2.19	178.692	320.00	0.59	1.95	177.281	320.00	0.63	2.08	176.581
340.00	0.66	2.18	187.124	340.00	0.63	2.07	188.859	340.00	0.72	2.39	189.861	340.00	0.63	2.08	188.361	340.00	0.67	2.21	187.618
360.00	0.72	2.38	198.132	360.00	0.66	2.17	199.968	360.00	0.76	2.52	201.029	360.00	0.66	2.18	199.441	360.00	0.73	2.41	198.654
380.00	0.76	2.51	209.139	380.00	0.72	2.36	211.078	380.00	0.87	2.88	212.197	380.00	0.72	2.37	210.521	380.00	0.77	2.54	209.690
400.00	0.81	2.68	220.146	400.00	0.76	2.50	222.187	400.00	0.94	3.11	223.366	400.00	0.74	2.44	221.601	400.00	0.82	2.70	220.727
420.00	0.86	2.85	231.154	420.00	0.80	2.63	233.296	420.00	0.98	3.25	234.534	420.00	0.78	2.57	232.681	420.00	0.86	2.83	231.763
440.00	0.89	2.95	242.161	440.00	0.85	2.79	244.406	440.00	1.05	3.48	245.702	440.00	0.85	2.80	243.761	440.00	0.96	3.16	242.799
460.00	0.95	3.14	253.168	460.00	0.95	3.12	255.515	460.00	1.14	3.78	256.870	460.00	0.95	3.13	254.841	460.00	1.05	3.46	253.836
480.00	1.01	3.34	264.176	480.00	1.04	3.41	266.624	480.00	1.23	4.08	268.039	480.00	1.04	3.43	265.921	480.00	1.13	3.72	264.872
500.00	1.09	3.61	275.183	500.00	1.14	3.74	277.734	500.00	1.33	4.41	279.207	500.00	1.16	3.82	277.001	500.00	1.25	4.12	275.908
520.00	1.20	3.97	286.190	520.00	1.29	4.24	288.843	520.00	1.46	4.84	290.375	520.00	1.28	4.22	288.081	520.00	1.36	4.48	286.945
540.00	1.28	4.24	297.198	540.00	1.45	4.76	299.952	540.00	1.60	5.30	301.544	540.00	1.38	4.55	299.161	540.00	1.49	4.91	297.981
560.00	1.38	4.57	308.205	560.00	1.58	5.19	311.062	560.00	1.80	5.96	312.712	560.00	1.55	5.11	310.241	560.00	1.68	5.54	309.017
585.60	1.68	5.56	322.294	581.50	1.92	6.30	323.004	579.80	1.95	6.46	323.768	585.60	1.79	5.90	324.424	586.90	1.88	6.19	323.861
560.00	1.97	6.52	308.205	560.00	2.18	7.16	311.062	560.00	2.14	7.09	312.712	550.00	2.10	6.92	304.701	560.00	2.17	7.15	309.017
530.00	2.19	7.25	291.694	535.00	2.34	7.68	297.175	540.00	2.29	7.59	301.544	520.00	2.33	7.68	288.081	540.00	2.29	7.55	297.981



EDAD  
**ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO**  
**MODULO DE ELASTICIDAD**

28 DÍAS  
323.47 kg/cm<sup>2</sup>  
269779.23 kg/cm<sup>2</sup>

VELOCIDAD DE APLICACIÓN				0.40-0.45Mpa/s(4.08-4.59 kg/cm <sup>2</sup> /s)				F' C DISEÑO				280 Kg/cm <sup>2</sup>							
M-31-280				M-32-280				M-33-280				M-34-280				M-35-280			
Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Carga(KN)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria(*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000
20.00	0.05	0.17	10.978	20.00	0.06	0.20	11.198	20.00	0.07	0.23	11.139	20.00	0.07	0.23	11.051	20.00	0.06	0.20	11.080
40.00	0.11	0.36	21.957	40.00	0.11	0.36	22.396	40.00	0.12	0.40	22.278	40.00	0.12	0.39	22.102	40.00	0.10	0.33	22.160
60.00	0.15	0.50	32.935	60.00	0.14	0.46	33.594	60.00	0.15	0.50	33.416	60.00	0.14	0.46	33.153	60.00	0.13	0.43	33.240
80.00	0.18	0.60	43.914	80.00	0.18	0.59	44.792	80.00	0.18	0.60	44.555	80.00	0.17	0.56	44.203	80.00	0.16	0.53	44.320
100.00	0.22	0.73	54.892	100.00	0.21	0.69	55.990	100.00	0.22	0.73	55.694	100.00	0.20	0.66	55.254	100.00	0.19	0.63	55.400
120.00	0.26	0.86	65.871	120.00	0.25	0.82	67.188	120.00	0.26	0.86	66.833	120.00	0.23	0.76	66.305	120.00	0.22	0.73	66.480
140.00	0.29	0.96	76.849	140.00	0.29	0.95	78.385	140.00	0.29	0.96	77.971	140.00	0.26	0.85	77.356	140.00	0.25	0.83	77.560
160.00	0.32	1.06	87.827	160.00	0.33	1.08	89.583	160.00	0.33	1.09	89.110	160.00	0.29	0.95	88.407	160.00	0.28	0.93	88.640
180.00	0.35	1.16	98.806	180.00	0.36	1.18	100.781	180.00	0.38	1.26	100.249	180.00	0.33	1.08	99.458	180.00	0.32	1.06	99.720
200.00	0.38	1.26	109.784	200.00	0.40	1.31	111.979	200.00	0.41	1.36	111.388	200.00	0.38	1.25	110.509	200.00	0.35	1.16	110.800
220.00	0.41	1.36	120.763	220.00	0.43	1.41	123.177	220.00	0.43	1.42	122.526	220.00	0.41	1.35	121.560	220.00	0.39	1.29	121.881
240.00	0.45	1.49	131.741	240.00	0.47	1.55	134.375	240.00	0.47	1.55	133.665	240.00	0.45	1.48	132.610	240.00	0.43	1.42	132.961
260.00	0.49	1.62	142.720	260.00	0.49	1.61	145.573	260.00	0.51	1.69	144.804	260.00	0.48	1.58	143.661	260.00	0.47	1.55	144.041
280.00	0.54	1.79	153.698	280.00	0.53	1.74	156.771	280.00	0.55	1.82	155.943	280.00	0.52	1.71	154.712	280.00	0.51	1.69	155.121
300.00	0.58	1.92	164.676	300.00	0.56	1.84	167.969	300.00	0.59	1.95	167.081	300.00	0.55	1.81	165.763	300.00	0.55	1.82	166.201
320.00	0.61	2.02	175.655	320.00	0.59	1.94	179.167	320.00	0.63	2.08	178.220	320.00	0.58	1.90	176.814	320.00	0.59	1.95	177.281
340.00	0.64	2.12	186.633	340.00	0.63	2.07	190.365	340.00	0.68	2.25	189.359	340.00	0.62	2.04	187.865	340.00	0.63	2.08	188.361
360.00	0.67	2.21	197.612	360.00	0.66	2.17	201.563	360.00	0.71	2.35	200.498	360.00	0.65	2.13	198.916	360.00	0.66	2.18	199.441
380.00	0.71	2.35	208.590	380.00	0.70	2.30	212.761	380.00	0.75	2.48	211.636	380.00	0.69	2.27	209.967	380.00	0.70	2.32	210.521
400.00	0.76	2.51	219.569	400.00	0.74	2.43	223.958	400.00	0.82	2.71	222.775	400.00	0.73	2.40	221.017	400.00	0.74	2.45	221.601
420.00	0.81	2.68	230.547	420.00	0.78	2.56	235.156	420.00	0.86	2.84	233.914	420.00	0.78	2.56	232.068	420.00	0.78	2.58	232.681
440.00	0.85	2.81	241.525	440.00	0.85	2.79	246.354	440.00	0.91	3.01	245.053	440.00	0.82	2.69	243.119	440.00	0.81	2.68	243.761
460.00	0.91	3.01	252.504	460.00	0.93	3.06	257.552	460.00	0.99	3.27	256.191	460.00	0.86	2.82	254.170	460.00	0.86	2.84	254.841
480.00	0.96	3.17	263.482	480.00	0.99	3.25	268.750	480.00	1.06	3.51	267.330	480.00	0.91	2.99	265.221	480.00	0.90	2.98	265.921
500.00	1.02	3.37	274.461	500.00	1.06	3.48	279.948	500.00	1.11	3.67	278.469	500.00	0.96	3.15	276.272	500.00	0.93	3.08	277.001
520.00	1.08	3.57	285.439	520.00	1.13	3.71	291.146	520.00	1.16	3.84	289.608	520.00	1.01	3.32	287.323	520.00	0.99	3.27	288.081
540.00	1.13	3.74	296.418	540.00	1.20	3.94	302.344	540.00	1.29	4.27	300.746	540.00	1.05	3.45	298.374	540.00	1.06	3.51	299.161
560.00	1.19	3.93	307.396	560.00	1.32	4.34	313.542	560.00	1.38	4.56	311.885	560.00	1.20	3.94	309.424	560.00	1.23	4.07	310.241
580.00	1.41	4.66	318.375	580.00	1.48	4.87	324.740	580.00	1.57	5.19	323.024	580.00	1.36	4.47	320.475	580.00	1.39	4.60	321.321
598.60	1.68	5.55	328.584	595.60	1.76	5.79	333.474	599.20	1.85	6.12	333.717	600.30	1.66	5.45	331.692	593.60	1.59	5.26	328.856
580.00	1.85	6.12	318.375	570.00	1.98	6.51	319.141	580.00	2.05	6.78	323.024	570.00	1.87	6.14	314.950	585.00	1.88	6.22	324.091
550.00	2.06	6.81	301.907	545.00	2.19	7.20	305.143	565.00	2.16	7.14	314.670	550.00	2.05	6.73	303.899	570.00	2.03	6.72	315.781



EDAD  
**ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO**  
**MODULO DE ELASTICIDAD**

28 DÍAS  
331.26 kg/cm<sup>2</sup>  
273010.17 kg/cm<sup>2</sup>



# ANEXO N° 05: HOJA TECNICA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I



Pacasmayo

**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**  
Calle La Colonia No. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima  
Carretera Panamericana Norte Km. 066 Pacasmayo - La Libertad  
Teléfono 317 - 0000



G-CC-F-04  
Versión 04

Planta: Pacasmayo

## Cemento Pórtland Tipo I

13 de septiembre de  
2021

Periodo de despacho 01 de agosto de 2021 - 31 de agosto de 2021

### REQUISITOS NORMALIZADOS

NTP 334.009 Tablas 1 y 3

#### QUÍMICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
MgO (%)	6.0 máx.	2.5
SO <sub>3</sub> (%)	3.0 máx.	2.8
Pérdida por ignición (%)	3.5 máx.	2.9
Residuo insoluble (%)	1.5 máx.	0.4

#### FÍSICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
Contenido de aire del mortero (volumen %)	12 máx.	8
Superficie específica (cm <sup>2</sup> /g)	2600 mín.	4040
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.08
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	A	3.12
Resistencia a la compresión (MPa)		
1 día	A	14.5
3 días	12.0 mín.	28.4
7 días	19.0 mín.	35.6
28 días *	28.0 mín.	44.0
Tiempo de fraguado Vicat (minutos)		
Inicial	45 mín.	132
Final	375 máx.	260

A No especifica

\* Requisito opcional

El (a) RC 28 días corresponde al mes de julio del 2021

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo de envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.2016.

Ing. Dennis R. Rodas Lavado

Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por:

Distribuidora Norte Pacasmayo S. R. L.

Está prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S. A. A.

## ANEXO N° 06: CONSTANCIAS DEL LABORATORIO



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA.  
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS.  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.  
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS  
CEL. 939291809 / RUC: 20602101488  
TELF: 076-633319

### CONSTANCIA

**EL QUE SUSCRIBE: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA EMPRESA GUERSAN INGENIEROS S.R.L**

**HACE CONSTAR:**

Que el bachiller en Ingeniería Civil **APAÉSTEGUI BARBOZA, KEVIN WÍLINTON**, identificado con DNI N° 74157091, exalumno de la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, ha realizado y registrado durante el periodo de agosto-diciembre del año 2021, los ensayos necesarios para el desarrollo de su tesis titulada **"INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD DE APLICACIÓN DE CARGA EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO PARA UN F'C=210 KG/CM2 Y F'C=280 KG/CM2"**, con permiso de las autoridades de dicha facultad, las cuales han quedado registrados en este laboratorio.

Se expide la presente constancia a petición del interesado para los fines pertinentes.

Cajamarca, 11 de febrero del 2022

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

  
LEINER GUERRERO GONZALES  
GERENTE GENERAL  
DNI N° 4697546



PERÚ

Presidencia  
del Consejo de Ministros

INDECOPI

# Registro de la Propiedad Industrial

## Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00102926

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 020280-2017/DSD - INDECOPI de fecha 29 de septiembre de 2017, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo : La denominación GUERSAN INGENIEROS SRL y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo adjunto

Distingue : Servicios científicos y tecnológicos, así como servicios de investigación y diseño en estos ámbitos; servicios de análisis e investigación industriales; diseño y desarrollo de equipos informáticos y de software

Clase : 42 de la Clasificación Internacional.

Solicitud : 0713930-2017

Titular : GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

País : Perú

Vigencia : 29 de septiembre de 2027

Tomo : 0515

Folio : 140

RAY MELONI GARCIA  
Director  
Dirección de Signos Distintivos  
INDECOPI



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LF - 168 - 2021***Área de Metrología**Laboratorio de Fuerza*

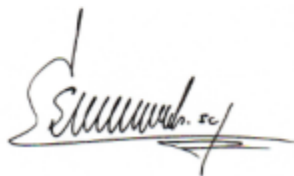
Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	<b>210486</b>	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>2. Solicitante</b>	<b>GUERSAN INGENIEROS S.R.L.</b>	
<b>3. Dirección</b>	Pj. Diego Ferre 295 Bar. San Martín de Porres, Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
<b>4. Equipo</b>	<b>PRENSA DE CONCRETO</b>	
<b>Capacidad</b>	2000 kN	
<b>Marca</b>	PYS	
<b>Modelo</b>	STYE-2000	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
<b>Número de Serie</b>	170253	
<b>Procedencia</b>	CHINA	
<b>Identificación</b>	NO INDICA	
<b>Indicación</b>	DIGITAL	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
<b>Marca</b>	MC	
<b>Modelo</b>	LM-02	
<b>Número de Serie</b>	NO INDICA	
<b>Resolución</b>	0,01 / 0,1 kN (*)	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
<b>5. Fecha de Calibración</b>	2021-08-14	

Fecha de Emisión

2021-09-22

Jefe del Laboratorio de Metrología

Firmado digitalmente por  
Eleazar Cesar Chavez Raraz  
Fecha: 2021.09.29 12:16:58  
-05'00'

Sello





## ANEXO N° 07: PANEL FOTOGRÁFICO.

**Figura 20**

*Toma de muestra del agregado fino de la cantera "Aguilar".*



**Figura 21**

*Toma de muestra del agregado grueso de la cantera "Aguilar".*



**Figura 22**

*Ensayo de análisis granulométrico del agregado fino*



**Figura 23**

*Ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso*





**Figura 24**

*Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino*



**Figura 25**

*Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.*



**Figura 26**

*Ensayo para la determinación del factor “f” del recipiente del agregado grueso.*



**Figura 27**

*Ensayo del peso unitario seco compactado del agregado fino*





**Figura 28**

*Ensayo del peso unitario seco suelto del agregado grueso.*



**Figura 29**

*Ensayo para la determinación del contenido de humedad del agregado grueso*



**Figura 30**

*Elaboración de probetas de concreto en el laboratorio GUERSAN.*



**Figura 31**

*Medición del slump o asentamiento por parte del tesista.*





**Figura 32**

*Probetas enrasadas listas para desencofrarlas*



**Figura 33**

*Desencofrado y codificación de las probetas.*



**Figura 34**

*Probetas colocadas al proceso de curado normal.*



**Figura 35**

*Mediciones respectivas de las probetas con Vernier.*





**Figura 36**

*Tipos de falla en los ensayos a compresión de las probetas de concreto*



**Figura 37**

*Asesor y tesista en los ensayos a compresión al concreto*

