



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“INFLUENCIA DEL TIEMPO DE VIBRADO INTERNO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE  $f'c=210 \text{ KG/CM}^2$ ”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

**Autor:**

Edgar Gianmarco Diaz Pretel

**Asesor:**

Ing. German Sagastegui Vásquez

Cajamarca - Perú

2021

## DEDICATORIA

A Dios que esta sobre todas las cosas

A mis padres Doris y Esgar por su apoyo, amor, compresión, motivación, esperanza.

A mis hermanos Fiorella, Joselyn y Bruno quienes me brindaron su apoyo cada vez que lo  
necesite.

A mi sobrina Bárbara quien se convirtió en un amor y motivación para poder obtener los  
objetivos y metas propuestas.

A las diferentes personas interesadas en el tema de investigación.

## AGRADECIMIENTO

A Dios por permitir compartir con mi familia, amigos, compañeros, seres queridos que son parte de mi vida.

Al Director de Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte, Ingeniero Orlando Aguilar por los consejos, orientación y apoyo a lo largo de mi vida universitaria.

A mi Asesor, Ingeniero German Sagastegui Vásquez por su predisposición y orientación en la investigación.

A mis compañeros y grandes amigos Pablito y Marlon que me apoyaron incondicionalmente en el proceso de la investigación.

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS.....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO II. MÉTODO.....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>45</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>47</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 1</b>	<i>Muestreo no probabilístico</i> .....	18
<b>Tabla N° 2</b>	<i>Operacionalización de variables</i> .....	19
<b>Tabla N° 3</b>	<i>Características físicas del agregado fino</i> .....	31
<b>Tabla N° 4</b>	<i>Características físicas del agregado grueso</i> .....	31
<b>Tabla N° 5</b>	<i>Variación de datos para un vibrado interno de 5 segundos</i> .....	32
<b>Tabla N° 6</b>	<i>Variación de datos para un vibrado interno de 15 segundos</i> .....	33
<b>Tabla N° 7</b>	<i>Variación de datos para un vibrado interno de 20 segundos</i> .....	34
<b>Tabla N° 8</b>	<i>Variación de datos para un vibrado interno de 25 segundos</i> .....	35
<b>Tabla N° 9</b>	<i>Comparación en porcentaje de la resistencia del concreto a 7 días de edad</i> .....	40
<b>Tabla N° 10</b>	<i>Comparación en porcentaje de la resistencia del concreto a 14 días de edad</i> .....	40
<b>Tabla N° 11</b>	<i>Comparación en porcentaje de la resistencia del concreto a 28 días de edad</i> .....	41
<b>Tabla N° 12</b>	<i>Matriz de Consistencia</i> .....	47
<b>Tabla N° 13</b>	<i>Contenido de humedad del agregado fino</i> .....	48
<b>Tabla N° 14</b>	<i>Contenido de humedad del agregado grueso</i> .....	49
<b>Tabla N° 15</b>	<i>Granulometría del agregado grueso</i> .....	49
<b>Tabla N° 16</b>	<i>Limites de graduación del agregado grueso</i> .....	50
<b>Tabla N° 17</b>	<i>Granulometría del agregado fino</i> .....	51
<b>Tabla N° 18</b>	<i>Limites de graduación del agregado grueso</i> .....	51
<b>Tabla N° 20</b>	<i>Peso específico del agregado fino</i> .....	53
<b>Tabla N° 21</b>	<i>Peso específico del agregado grueso</i> .....	54
<b>Tabla N° 22</b>	<i>Resistencia a la compresión del concreto con vibrado interno de 5 segundos</i> .....	56
<b>Tabla N° 23</b>	<i>Resistencia a la compresión del concreto con vibrado interno de 15 segundos</i> .....	57
<b>Tabla N° 24</b>	<i>Resistencia a la compresión del concreto con vibrado interno de 20 segundos</i> .....	58
<b>Tabla N° 25</b>	<i>Resistencia a la compresión del concreto con un tiempo de vibrado interno de 25 segundos</i> .	59

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1 <i>Esquema de experimento y variables</i> .....	17
Gráfico N° 2 <i>Observación Experimental</i> .....	20
Gráfico N° 3 <i>Comparación de la resistencia promedio del concreto con 7 días de edad</i> .....	36
Gráfico N° 4 <i>Comparación de la resistencia promedio del concreto con 14 días de edad</i> .....	37
Gráfico N° 5 <i>Comparación de la resistencia promedio del concreto con 28 días de edad</i> .....	38
Gráfico N° 6 <i>Resistencia alcanzada del concreto en cada tiempo de vibrado</i> .....	39
Gráfico N° 7 <i>Curva granulométrica del agregado grueso</i> .....	50
Gráfico N° 8 <i>Curva granulométrica del agregado fino</i> .....	52
Gráfico N° 9 <i>Diseño de mezclas usando el método de comité 211 ACI</i> .....	55
Gráfico N° 10 <i>Elección de cantera Roca Fuerte - Muestreo del agregado fino</i> .....	60
Gráfico N° 11 <i>Elección de cantera Roca Fuerte - Muestreo del agregado grueso</i> .....	60
Gráfico N° 12 <i>Ensayos Realizados - Contenido de humedad</i> .....	61
Gráfico N° 13 <i>Ensayos realizados - Granulometría</i> .....	61
Gráfico N° 14 <i>Ensayos realizados - Peso unitario volumétrico suelto y compactado del agregado grueso</i> .	62
Gráfico N° 15 <i>Ensayos realizados - Peso unitario volumétrico suelto y compactado del agregado fino</i> .....	62
Gráfico N° 16 <i>Ensayos realizados - Peso específico del agregado grueso</i> .....	63
Gráfico N° 17 <i>Ensayos realizados - Peso específico del agregado fino</i> .....	64
Gráfico N° 18 <i>Ensayos realizados - Elaboración de especímenes de concreto</i> .....	64
Gráfico N° 19 <i>Ensayos realizados - Curado de especímenes de concreto</i> .....	65
Gráfico N° 20 <i>Ensayos realizados – Ruptura a la compresión de especímenes de concreto</i> .....	65
Gráfico N° 21 <i>Ensayos realizados - Falla vertical de testigo P10-10”</i> .....	66

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación N° 1</b> <i>Contenido de Humedad</i> .....	26
<b>Ecuación N° 2</b> <i>Módulo de finura del agregado fino</i> .....	27
<b>Ecuación N° 3</b> <i>Peso específico de la masa (Pem)</i> .....	28
<b>Ecuación N° 4</b> <i>Peso específico de la masa saturada con superficie seca (PeSSS)</i> .....	28
<b>Ecuación N° 5</b> <i>Peso específico aparente (Pea)</i> .....	28
<b>Ecuación N° 6</b> <i>Peso específico aparente (Pea)</i> .....	28
<b>Ecuación N° 7</b> <i>Peso unitario</i> .....	29
<b>Ecuación N° 8</b> <i>Resistencia a la compresión</i> .....	29

## RESUMEN

En la presente investigación se buscó determinar la influencia del tiempo de vibrado interno en la resistencia a compresión de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando agregados de la Cantera Roca Fuerte que se encuentra ubicada en el Distrito de Baños del Inca. Se elaboraron 72 probetas de concreto, las cuales se compactaron vibrando internamente 5, 15, 20 y 25 segundos, con la finalidad de realizar la ruptura a compresión a los 7, 14 y 28 días de edad en cada una de las probetas o especímenes elaborados. Los resultados obtenidos de las probetas ensayadas a los 28 días de curado determinan que vibrando 5 segundos la resistencia promedio del concreto es  $216.73 \text{ kg/cm}^2$ , este resultado es considerado la muestra patrón con respecto a la compactación de vibrado interno en 15, 20 y 25 segundos donde la resistencia promedio a compresión fue de  $266.75 \text{ kg/cm}^2$ ,  $271.10 \text{ kg/cm}^2$  y  $234.74 \text{ kg/cm}^2$  representando el 23.08%, 25.09% y 8.31% respectivamente. La investigación concluye que la vibración interna del concreto con slump 2"-4" óptima a los 7, 14 y 28 días es 20 segundos ya que presenta mayor resistencia a la compresión.

**Palabras clave:** Concreto, vibrado, resistencia.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El concreto es el material artificial de construcción más utilizado en la ingeniería civil, es imposible exagerar la importancia del concreto en nuestra vida diaria. Se emplea en estructuras tales como pavimentos, túneles, edificios, puentes, presas; el concreto está compuesto por agregados, agua, cemento portland y en muchos casos aditivos. (Mamlouk & Zaniewski, Materiales para la ingeniería civil, 2009).

La mala compactación del concreto puede originar diversas patologías como cangrejeras, baja resistencia a la compresión, poca durabilidad e incluso escasa estética; esto genera que se realicen investigaciones científicas y tecnológicas acerca del vibrado de concreto en todo el planeta.

En la actualidad existen diversos modos de compactar la mezcla de concreto fresco, entre las más comunes se encuentra la vibración interna y vibración externa, la primera consta de una ajuga vibrante que se sumerge al interior de la mezcla del concreto fresco y en la segunda se utiliza un dispositivo vibrante acoplado a las caras del encofrado removiendo el concreto que se encuentra recién vaciado (Meza Cuadra, 2016).

Asimismo, en el proceso de vibración es fundamental el tiempo que se aplica el vibrado en la mezcla del concreto, ya que si la acción vibratoria es insuficiente no se logrará que las burbujas de aire atrapadas dentro de la mezcla asciendan hacia el exterior o superficie; si contrastamos y la acción vibratoria es exagerada ocasionaremos que las partículas del concreto no se distribuyan uniformemente.

En Europa, específicamente en España el ingeniero Freyssinet, (1917) fue uno de los primeros investigadores que realizaron experiencias sobre el concreto vibrado, empleando con éxito esta técnica en la construcción, vibrando el concreto mediante martillos neumáticos adosados en los encofrados y determinado que este uso hace

posible utilizar mezclas de concreto más secas que el chuzado manual no logra compactar, estas mezclas de concreto extremadamente consistentes o poco fluidas logran ser vibradas satisfactoriamente (Barceló, 1944).

Estudios realizados en Colombia especifican que cuando se vacía el concreto dentro del encofrado, se debe proceder a su compactación por medio de vibradores con el fin de asegurar su densificación y evitar hormigueos de piedra; como es sabido el uso de vibradores genera homogeneidad en la mezcla fresca de concreto y su adecuada ejecución es vital para cualquier tipo de proyecto (Palomino, 2014).

SENCICO (Servicio de Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción) investigo y llego a la conclusión que un vibrador consolida el concreto en un proceso de dos partes, en la primera las ondas licuifican el concreto de tal modo que fluye mejor; de igual forma las ondas hacen subir las burbujas de aire a la superficie. Un concreto vibrado o consolidado evitara la formación de cangrejas o nidos de piedra en el concreto (Oré, 2014).

### **1.1.1. Antecedentes internacionales**

Freyssinet fue unos de los primeros ingenieros que investigo e hizo experiencias sobre la vibración de concreto en el año mil novecientos diecisiete, empleando con éxito esta técnica de construcción vibrando el concreto externamente consistente mediante martillos neumáticos adosados a la cara de los encofrados (Barceló, 1944).

(Alvarez Paz, 2012) en su investigación “Control, vertido y curado de concreto pesado en el sin control” aplicado en la ciudad de Madrid, nos dice que la vibración para una mezcla de concreto con slump de 1”-3”, se debe introducir el vibrador entre 5 a 15 segundos, promediándolo en 10 segundos. Insistir con más tiempo de vibración pretendiendo remover la totalidad las burbujas de aire atrapadas, más allá de lo aceptable no resulta práctico, generando la disgregación del material. De todas

maneras, debe tenerse en cuenta que es menos perjudicial el exceso de vibración que la falta de la misma.

(Restrepo Echeverri, 2006) en su Tesis “Análisis vibracional de moto vibradores” desarrollada en la Ciudad de Medellín asevera que la frecuencia de vibración con mayor pico de fuerza dentro del rango de frecuencias típico (50-234 Hz) se encuentra alrededor de los 170 Hz, lo que lo hace ideal para excitar las partículas con granulometría entre 0.8 y 02 milímetros (Partículas medianas- finas), que resulta útil para operaciones de compactación con vibración interna del concreto fresco.

### **1.1.2. Antecedentes nacionales**

(Barahona Sánchez, 2015) en su tesis “Estudio comparativo de resistencia en probetas comparadas con los métodos por apisonado y por vibración para concretos agua/cemento = 0.60, 0.65 y 0.70. aplicada en la ciudad de Lima, realizo la verificación que tiene la frecuencia de vibración del cabezal del vibrado de concreto, adquirido para compactar las probetas, realizando el vaciado de probetas y vigas, el curado de especímenes al día siguiente, por último, determino las propiedades físicas del concreto en estado fresco y se ensayó los especímenes al estado endurecido determinando sus propiedades mecánicas. Concluye que el método de vibración la es mayor que por el método de apisonado, para 7 días de edad del concreto en la relación agua/cemento 0.60, 0.65 y 0.70 los factores de correlación son 100.60%, 102.10% y 101.60% respectivamente; para 14 días de edad del concreto la relación agua/cemento de 0.60, 0.65 y 0.70 los factores de correlación son 101.40%, 101.60% y 101.20% respectivamente; a los 28 días de edad del concreto en la relación agua/cemento 0.60, 0.65 y 0.70 los factores de correlación son 98.90%, 99.20% y 99.50% respectivamente.

(Oré, 2014) en la publicación “Manual de preparación, colocación y cuidados del concreto” realizado en la ciudad de Lima, afirma que un concreto vibrado o

consolidado evitara la formación de cangrejeras. La consolidación del concreto usando vibradores internos tipo aguja se realiza insertando verticalmente el vibrador en el concreto fresco, sin tocar el encofrado y tratando de introducir la aguja totalmente; en términos generales la distancia entre intersecciones deberá hacer aproximadamente 1.5 veces el radio de acción, el área de influencia afecta el traslape con el área adyacente unos cuantos centímetros.

### 1.1.3. Antecedentes locales

(Saldaña Saldaña, 2017) En su Tesis “ Resistencia a la compresión de un concreto compactado con rodillo en diferentes tiempos de vibrado” aplicada en la ciudad de Cajamarca nos dice que para el diseño de concreto mediante la metodología de combinación de agregados y con un diseño de mezclas de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  en una muestra patrón y muestras adicionales a tres tiempos diferentes de vibrado 5, 10 y 15 segundos, determina que para un tiempo de curado de 28 días y sin vibro-compactado la resistencia a compresión del concreto es de  $320.84 \text{ kg/cm}^2$ , con vibro-compactación de 5 segundos la resistencia a compresión alcanzada fue de  $337.15 \text{ kg/cm}^2$ , asimismo vibro-compactando 10 segundos la resistencia a compresión del concreto fue de  $343.94 \text{ kg/cm}^2$  y por último con un vibro-compactado de 15 segundos la resistencia a compresión alcanzada fue  $357.25 \text{ kg/cm}^2$ , Concluyendo que a mayor tiempo de vibrado aumenta la resistencia de compresión axial en 11.35% logrando superar la resistencia de la probeta patrón.

(Guevara Sanchez, 2019) en su Tesis “Resistencia a compresión del concreto  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  con distintos métodos de vibración: por apisonado, por mesa vibratoria o vibrador tipo aguja”, determina que la variación de la resistencia a compresión axial del concreto en probetas, compactadas y ensayadas a 28 días, alcanzado la resistencia promedio por el método de apisonado es de  $410.58 \text{ kg/cm}^2$  (Muestra patrón), Así

mismo los testigos compactados con vibrador de concreto tipo aguja tienen una resistencia promedio de  $455.46 \text{ kg/cm}^2$ , representando un 10.93% más que la muestra patrón, mientras que los testigos compactados con mesa vibratoria tienen una resistencia promedio de  $385.86 \text{ kg/cm}^2$  lo cual representa un 6.02% menos que la resistencia patrón. Concluyendo que el concreto compactado con vibrador de concreto tipo aguja presenta una mayor resistencia.

## 1.2. Marco Teórico

**Agregados:** Tanto el agregado grueso como el agregado fino son elementos de suma importancia para el concreto ya que no participan en las reacciones químicas entre el cemento y el agua, estos deben ser fuertes, limpios, libre de polvo, limo y materias orgánicas. **El agregado fino** no debe tener más de 5.00% de arcilla o limos, ni más del 1.50% de materias orgánicas; sus partículas deben tener un tamaño menor a  $1/4''$  y su gradación debe satisfacer los requisitos propuestos en la norma ASTM-C-33-99A (Harmsen, 2002). **El agregado Grueso** está constituido por rocas graníticas, dioríticas y sieníticas, puede usarse piedra partida en chancadora o grava zarandeada en los lechos de ríos o yacimientos naturales, es conveniente que el tamaño máximo del agregado grueso sea menor que  $1/5$  de la distancia entre las paredes del encofrado,  $3/4$  de la distancia entre armaduras y  $1/3$  entre el espesor de las losas; para un concreto ciclópeo se puede emplear piedra hasta 15 cm y 20 cm y al igual que el agregado fino su gradación debe satisfacer los requisitos propuestos en la norma ASTM-C-33-99A (Harmsen, 2002).

**Cemento:** se obtiene de la pulverización del clinker el cual es producido por la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos constituyéndose por los siguientes componentes: Silicato tricálcico, Silicato dicálcico, aluminato tricálcico, aluminio – ferrito tetracálcico, óxidos de magnesio, potasio,

sodio, manganeso y titanio. Asimismo, existen diversos tipos de cementos, los cuales están especificados en la Norma ASTM-C-150-99A, teniendo los siguientes, TIPO I que es de uso general y sin propiedades especiales, TIPO II es de moderado calor de hidratación y alguna resistencia al ataque de los sulfatos, TIPO III es de resistencia temprana y elevado calor de hidratación, TIPO V, de alta resistencia al ataque de sulfatos

**El concreto:** Es la combinación de cemento hidráulico Portland o cualquier otro cemento, aditivos, agregado grueso, agregado fino y agua (Norma E. 060 Concreto Armado, 2009); el cemento, el agua y la arena constituyen el mortero cuya función es unir las partículas del agregado grueso llenando los vacíos entre ellas; en teoría el volumen del mortero solo debería llenar el espacio entre partículas, en la práctica este volumen es mayor por la cantidad de mortero usado en el llenado de vacíos (Harmsen, 2002).

**Colocación de concreto:** el concreto se puede colocar manualmente con carretilla, transportado por bandas, lanzado por inyectores, el grado de exigencia dependerán de las especificaciones técnicas; es recomendable realizar una inspección visual antes de la colocación del concreto en busca de posibles elementos ajenos los refuerzos, anclajes que puedan quedar cubiertos por la mezcla del concreto generando vacíos perjudiciales dentro de los elementos estructurales, la colocación del concreto incluye su compactación especificando que “inmediatamente se coloque el concreto dentro del encofrado se debe proceder a su compactación por medio de vibradores con el fin de asegurar su densificación y evitar hormigueos” (Palomino, 2014).

**Vibración interna:** Los vibradores internos tienen una frecuencia de al menos 7000 vibraciones o ciclos por minuto mientras estén operando el concreto, el diámetro de un vibrador circular no deberá ser mayor a la cuarta parte del diámetro del molde

cilíndrico o ancho del molde prismático, los vibradores de otro tipo de sección deberán tener un perímetro equivalente a la circunferencia de vibrador de sección circular apropiado; el elemento vibrador deberá exceder por lo menos 75 mm de la profundidad máxima de la sección que está siendo vibrada (Norma Técnica Peruana 339.183, 2003).

**Curado de concreto:** El concreto normal debe mantenerse a una temperatura por encima de los  $10^{\circ}\text{C}$  y mantenerlo hidratado por lo menos durante los primeros 7 días contando luego de su vaciado; en el caso del concreto de alta resistencia se sigue los mismos estándares de calidad (Yépez & Guerra, 2016). Se cubre los testigos después del acabado para evitar la evaporación del agua del concreto sin endurecer y se mantiene en un ambiente que mantenga las condiciones de humedad de  $26.0^{\circ} \pm 2.0^{\circ}$  desde el momento del moldeo hasta el momento del ensayo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017).

### 1.3. Justificación del problema

(Oré, 2014) nos comenta que un concreto vibrado o consolidado evita patologías tales como la formación de cangrejeras y burbujas de aire atrapadas dentro de la mezcla de concreto, el fenómeno de vibración interna genera ondas que licuifican el concreto de tal forma que fluye mejor, sin embargo, no menciona los parámetros de tiempo de vibrado interno que la mezcla de concreto necesita para llegar a la consolidación de sus componentes.

Por otro lado no existe normativa alguna en el Reglamento nacional de edificaciones sobre la compactación del concreto con vibración interna, sin embargo el Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción en su manual de preparación y cuidados del concreto nos indica las especificaciones técnicas que tiene que tener el equipo de vibrado, la frecuencia, el radio de acción, la velocidad de

colocación y su aplicación; el presente proyecto nos permitirá conocer la influencia del tiempo de vibrado en la resistencia a compresión del concreto, aplicable en cualquier tipo de ejecución de obra que utilice un concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y tenga un Slump de 2”-4” ya que se determinara un parámetro de tiempo para el vibrado interno con la finalidad de evitar las burbujas de aire atrapadas dentro en la mezcla del concreto, asimismo evitar la segregación por el excesivo vibrado en la mezcla de concreto.

#### **1.4. Formulación del problema**

¿Cuál es la influencia del tiempo de vibrado interno en la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ?

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo general**

Determinar la influencia del tiempo de vibrado interno en la resistencia a compresión del concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

##### **1.5.2. Objetivos específicos**

**OE1.** Determinar las características Físico - mecánicas de los agregados obtenidos en la cantera Roca Fuerte necesarias en el Diseño de Mezclas.

**OE2.** Determinar la resistencia a compresión del concreto variando el tiempo de vibrado interno en 5 segundo, 15 segundos, 20 segundos, 25 segundos y evaluar sus resultados.

## CAPÍTULO II. MÉTODO

En la presente investigación incluye la información necesaria para que distintos investigadores interesados en el tiempo de vibrado interno de un concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  puedan replicar o reproducir el estudio; en este capítulo se explica el diseño, la muestra y el procedimiento que se siguió para la elaboración de la Tesis.

### 2.1. Tipo de la investigación

#### 2.1.1. Según el propósito de la investigación

Según el propósito de la investigación es aplicada porque no tenemos parámetros para el tiempo de vibrado interno de un concreto con slump 2”-4” y una resistencia a compresión de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , buscamos el tiempo adecuado de compactación para el concreto con las características mencionadas renglones arriba.

#### 2.1.2. Según el diseño de la investigación

Según el diseño de la investigación es experimental ya que manipulamos intencionalmente la variable independiente (El tiempo de vibrado) y analizásemos las consecuencias de las manipulaciones tienen sobre la variable dependiente (Resistencia a la compresión del concreto).

**Gráfico N° 1** *Esquema de experimento y variables*



#### 2.1.3. Según la naturaleza de datos de la investigación

Según la naturaleza de la investigación es cuantitativa ya que la investigación sigue una secuencia de procesos desde la obtención de los agregados, ensayos realizados para la determinar las propiedades de los agregados, el diseño de mezclas del concreto, la construcción de los testigos y la obtención de resultados, el orden es riguroso ya que

cada etapa precede a la siguiente y no se puede eludir pasos (Hernández Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2014).

## 2.2. Población y muestra

La población es el conjunto de sujetos o cosas que tienen una o más propiedades en común, se encuentran en un espacio o territorio específico, muchas veces es imposible tener contacto y observar a toda la población por eso suele trabajar con solo una parte, este sub conjunto es conocido con el nombre de muestra y el proceso de seleccionarla se lo conoce como muestreo (Vara Horna, 2012). En la presente investigación la población es setenta y dos probetas de concreto compactado con vibrado interno con resistencia a la compresión de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y slump de 2”-4”; la muestra se toma como muestreo no probabilístico en consecuencia la muestra es cada unidad de estudio.

**Tabla N° 1**

*Muestreo no Probabilístico*

<b>Slump 2”-4”</b>	<b>5 Segundos</b>	<b>15 Segundos</b>	<b>20 Segundos</b>	<b>25 Segundos</b>
<b>7 Días</b>	06 probetas	06 probetas	06 probetas	06 probetas
<b>14 Días</b>	06 probetas	06 probetas	06 probetas	06 probetas
<b>28 Días</b>	06 probetas	06 probetas	06 probetas	06 probetas
<b>TOTAL</b>	72 probetas de concreto			

## 2.3. Variables

### 2.3.1. Variable independiente

La variable independiente de la investigación es el tiempo de vibrado en el concreto con slump 2” - 4” ya que produce efectos en la variable dependiente.

### 2.3.2. Variable dependiente

En el presente trabajo de investigación la variable dependiente es la resistencia a compresión del concreto sienta la consecuencia de la variable independiente (Tiempo de vibrado en el concreto).

### 2.4. Operacionalización de variables

**Tabla N° 2**

*Operacionalización de variables*

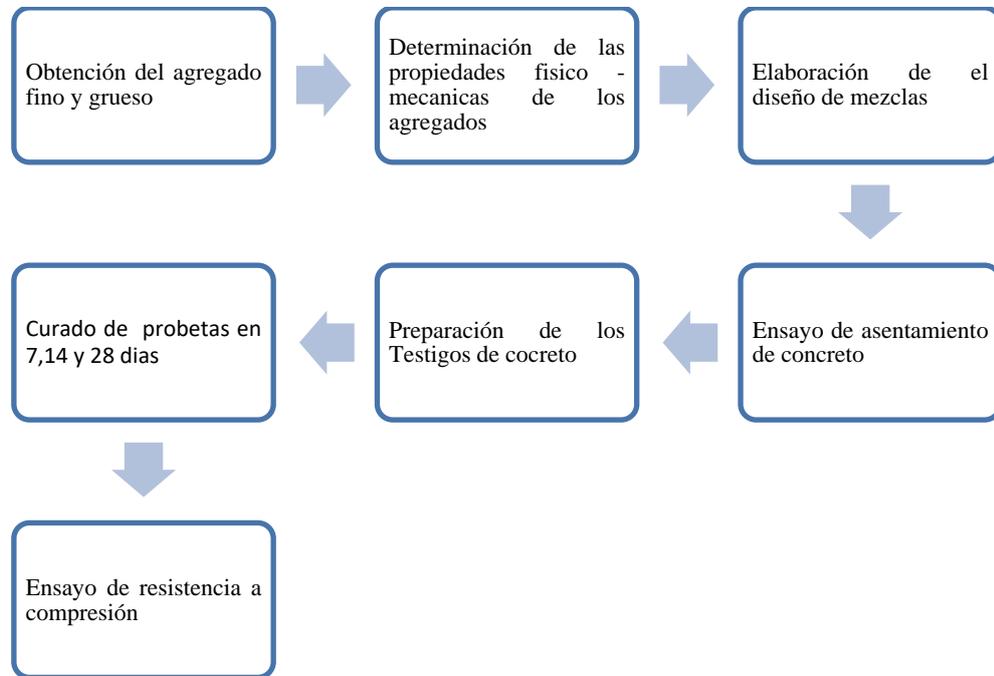
Variable Dependiente	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Formulas
<b>Resistencia a la compresión del concreto</b>	Son las características que presenta el concreto a las fuerzas externas que se le aplican. (Universidad de la Puna, 2017)	Resistencia a la compresión	Resistencia a compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	$F'c= P/A$ Donde P= Carga Axial. A= Área del recipiente o testigo.
Variable Independiente	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Normativa
<b>Tiempo de vibrado en el concreto</b>	Periodo óptimo de vibración para la máxima resistencia del concreto. (Oré, 2014)	Tiempo de vibrado	Tiempo de vibrado en 5, 15, 25 segundos.	Manual de ensayos de materiales RDN° 18-2016-MTC/14

### 2.5. Técnica

La presente investigación tiene como técnica de recolección de datos la observación experimental ya que se realizaron diversos ensayos con la finalidad de elaborar probetas cilíndricas de diseño de mezcla  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y someterlas a ruptura por carga máxima obteniendo la resistencia a compresión de los testigos cilíndricos, los

datos se obtuvieron en condiciones contraladas utilizando el laboratorio de concreto y protocolos de la Universidad Privada del Norte sede Cajamarca.

**Gráfico N° 2 Observación Experimental**



**2.6. Materiales**

**2.6.1. Concreto**

El concreto es una mezcla de cemento, agregado grueso o piedra, agregado fino o arena y agua. El cemento, el agua y la arena constituyen el mortero cuya función es unir diversas partículas del agregado grueso llenando los vacíos entre ellas (Harmsen, 2002).

**2.6.1.1. Cemento**

Es un insumo aglutinante que posee propiedades de cohesión y adherencia permitiendo la unión de gravas minerales, el cemento es la mezcla de materiales calcáreos y arcillosos u otros materiales que contienen sílice, alúmina u óxidos de hierro, procesados a altas temperaturas y mezclados con yeso. Este insumo tiene la característica de endurecer y fraguar en contacto con el agua (Ñiño Hernandez , 2010).

### **2.6.1.2. Agregados**

Los agregados finos y gruesos son sustancias sólidas o partículas agregadas conscientemente al concreto, de tal forma que, en combinación con esta, proporcionan resistencia mecánica, al mortero o concreto en estado endurecido y controlan los cambios volumétricos que normalmente tienen lugar durante el fraguado del cemento, así como los que se producen por las variaciones del contenido de humedad de las estructuras. La calidad de los agregados está determinada por el origen, por su distribución granulométrica, densidad, forma y superficie se han clasificado en agregado grueso y agregado fino fijado un valor en tamaño de 4.76 mm a 0.075 mm para el fino o arena y de 4,76 mm para el grueso (Ñiño Hernandez , 2010).

### **2.6.1.3. Agua para el concreto**

Es un ingrediente fundamental para la elaboración del concreto debido que desempeña una función importante en el estado y endurecido. Generalmente se hace referencia a su papel en cuanto a la cantidad para proveer la relación agua/cemento acorde a las necesidades de trabajabilidad y resistencia, se la emplea para lavar los agregados, elaboración de la mezcla del concreto o y también en el curado del concreto, no solamente su cantidad es trascendental, ya que igual de importante es su calidad física y química (Ñiño Hernandez , 2010).

## **2.7. Instrumentos**

### **2.7.1. Tamices de tamaño requerido**

Comprende al tamiz del tamaño requerido y lo necesario para soportarlo y agítalo por medios manuales o mecánicos; generalmente se prefiere que la agitación se realice mediante movimientos horizontales, siendo capaz de remover el agregado no deseable de forma rápida y eficiente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017).

### **2.7.2. Moldes cilíndricos reutilizables**

Los moldes para fabricación de muestras deben estar hechos de un metal de alta resistencia, el plano transversal del cilindro tiene que ser perpendicular al eje del cilindro, la tolerancia en la medida del diámetro exigido es  $\pm 2.00 \text{ mm}$  y en altura la tolerancia será de  $\pm 6,00 \text{ mm}$ , los moldes de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura deben estar de acuerdo a la especificación ASTM C-470 “Molds for forming concrete test cylinders vertically” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017).

### **2.7.3. Vibradores internos**

Pueden ser de eje rígido o flexible, preferiblemente accionados por motores eléctricos, la frecuencia de vibración debe ser de 7000 rpm o mayor, asimismo el diámetro del vibrador redondo no debe ser mayor a la cuarta parte del diámetro del cilindro (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017).

### **2.7.4. Mezcladora de concreto**

La mezcladora puede ser mecánica o manual, para concretos con asentamientos inferior a 25 mm es apropiado utilizar un recipiente mezclador que una mezcladora de tambor reciclable, asimismo, se recomienda reducir en ángulo de inclinación del tambor (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017).

### **2.7.5. Molde para asentamiento de Slump**

Este molde debe ser metálico, con espesor de lámina no inferior a 1.14 mm. Su forma interior debe ser la superficie lateral de un cono de 203 mm de diámetro en la base mayor, 102 mm de diámetro en la base menor y 305 mm de altura. Las bases deben ser abiertas, paralelas entre sí y perpendiculares al eje del cono.

### 2.7.6. Varilla compactadora

Debe ser de hierro liso, cilíndrica, de 16 mm de diámetro de longitud aproximada de 600 mm; el extremo compactador debe ser hemisférico con radio de 8 mm.

### 2.7.7. Máquina de ensayo para la resistencia a compresión de testigos

La máquina de ensayo debe tener suficiente capacidad de carga y debe reunir las condiciones de velocidad necesarias, se verifica la calibración de la máquina de acuerdo a la norma ASTM E-4 “Practica para la verificación de la carga en las máquinas de ensayo”. La máquina debe operar eléctricamente y aplicar la carga de manera continua y no en forma intermitente, sin choques. La precisión de la máquina de ensayo se debe verificar aplicando cinco cargas de ensayo en cuatro incrementos aproximadamente iguales en orden ascendente, la máquina de ensayo debe estar equipada con dos bloques de carga de acero de los cuales uno es un bloque con rotula en cual descansa sobre la superficie superior de la muestra y el otro bloque solido sobre el que se colocará el espécimen (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017). El indicador de carga de la máquina hidráulica usada en el ensayo a compresión de concreto se registra en un dial, éste debe tener una escala granulométrica que permia leer con precisión del 0,1 % de la carga total de la escala (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017).

## 2.8. Métodos

En esta investigación se determina la influencia en la resistencia a compresión del vibrado interno en 5, 15, 20 y 25 segundos para un diseño de mezclas de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y slump de 2”-4”; se hará el uso de los ensayos descritos en los párrafos posteriores.

### **2.8.1. Contenido de humedad**

El contenido de agua o humedad es la cantidad de agua contenida en un material, tal como el suelo, las rocas, la cerámica o la madera; medida en base a análisis volumétricos o gravimétricos. Se expresa como una proporción que puede ir de cero (Completamente seca) hasta cien (Completamente saturado). en el ensayo se realiza una medida científica en base a un análisis gravimétrico (Cachi Cerna, 2015); se emplea el método según la norma ASTM C70.

### **2.8.2. Análisis granulométrico**

Este ensayo permite determinar la calidad de los materiales que vayan a ser utilizados como agregados. Garantiza la distribución de tamaños de las partículas, cumple los requisitos aplicables y proporcionan los datos necesarios para controlar el material; los datos pueden ser útiles para desarrollar relaciones relativas a la porosidad y el grado de empaquetamiento (Mamlouk & Zaniewski, Materiales para la ingeniería civil, 2009), empleamos la norma ASTM C 136 “Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos”

### **2.8.3. Peso específico y absorción del agregado**

La gravedad específica en estado seco se utiliza para calcular el volumen ocupado por el agregado fino en mezclas que contengan agregados incluyendo el concreto de cemento portland, el concreto consta de materiales bituminosos y otras mezclas que se dosifican y analizan basándose en el volumen absoluto (Mamlouk & Zaniewski, Materiales para la ingeniería civil, 2009) y se aplica la norma ASTM C128 “Gravedad específica y absorción de agregado”.

### **2.8.4. Peso unitario compactado del agregado**

La densidad en seco de los agregados para establecer las proporciones en las mezclas del cemento portland; la densidad en seco también se puede utilizar para determinar

las relaciones masa/volumen para las conversiones en los acuerdos de diseño (Mamlouk & Zaniewski, Materiales para la ingeniería civil, 2009). En dicho ensayo se aplica la norma ASTM C29 “Densidad en seco o peso específico y huecos en los agregados”.

#### **2.8.5. Cono de Abrams**

Este ensayo mide la consistencia de la mezcla del concreto de cemento portland en estado fresco, en cierta medida esta prueba indica la facilidad con la que se puede colocar y compactar el concreto en estado fresco (Mamlouk & Zaniewski, Materiales para la ingeniería civil, 2009); se tiene en cuenta la norma ASTM C 143 Asentamiento del concreto de cemento portland.

#### **2.8.6. Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos**

El Propósito de este ensayo es determinar la resistencia a compresión de probetas de concreto, parámetro universal utilizado como medida de la calidad del concreto. (Mamlouk & Zaniewski, Materiales para la ingeniería civil, 2009) se utiliza la norma ASTM C39 Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto.

### **2.9. Procedimientos**

Para la presente investigación se realizaron procedimientos de recolección de datos con la finalidad de procesarlos y analizar los resultados; a continuación, se detalla los pasos a seguir.

#### **2.9.1. Obtención de los agregados**

Tanto el agregado fino y como el agregado grueso se obtuvieron de la cantera Roca Fuerte georreferenciada por el Norte: 9207557 y por el Sur: 779646; ubicada políticamente en el Distrito de Baños del Inca, Provincia y Departamento de Cajamarca.

### 2.9.2. Compra del cemento Portland tipo I

Este insumo se obtuvo de tienda comercial Sodimac ubicada en la cuadra 16 de la Vía de Evitamiento Sur de la ciudad de Cajamarca.

### 2.9.3. Determinación de las propiedades Físico – Mecánicas de los agregados

Se realizó con la guía de la norma ASTM indicadas específicamente para cada ensayo; se detallan los ensayos realizados a continuación.

#### 2.9.3.1. Contenido de humedad

Se determina la masa de la muestra en una balanza con precisión del 0.1%. Se seca la muestra en el recipiente o tara por medio de la fuente de calor elegida por un lapso de tiempo de 24 horas, teniendo cuidado con la pérdida de partículas. Se determina la masa de la muestra seca con una aproximación de 0.1%. Luego, se aplica la siguiente fórmula para determinar el contenido de humedad.

#### **Ecuación N° 1** *Contenido de Humedad*

$$W\% = 100 * \frac{(W - D)}{D}$$

Donde:

W%: Contenido total de humedad evaporable de la muestra (%).

W: Masa de la muestra húmeda original (gr).

D: Masa de la muestra seca (gr).

#### 2.9.3.2. Análisis granulométrico

Se seleccionan los tamaños adecuados de tamices para el agregado grueso y el agregado fino.

En el agregado grueso: Secamos la muestra en el horno por 24 horas, luego se ordena los tamices de mayor a menor (1 ½”, 1”, ¾”, ½”, ⅜”, N° 4 y cazoleta), se coloca el material en los tamices y agitamos; por último, pesamos el contenido de cada uno de los tamices.

En el agregado fino: se seca la muestra en el horno por 24 horas, luego se ordena los tamices de mayor a menor (3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, N° 200 y cazoleta), se coloca el material en los tamices y agitamos, pesamos el contenido retenido en cada uno de ellos.

Realizamos la curva granulométrica:

### **Ecuación N° 2 Módulo de finura del agregado fino**

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Ret. en los tamices } 3/8", N^{\circ} 4, N^{\circ} 8, N^{\circ} 16, N^{\circ} 30, N^{\circ} 50, N^{\circ} 100}{100}$$

#### **2.9.3.3. Peso específico y absorción del agregado**

**La absorción del agregado y peso específico del agregado fino:** Se ensaya pasando el agregado fino por el tamiz N° 4, pesamos 01.00 kg y lo colocamos en un depósito con agua que cubre todo el agregado seleccionado y lo dejamos reposar por 24 horas. Seguido decantamos el agua con sumo cuidado de evitar pérdidas del material, luego extendemos el material sobre una bandeja y secamos la superficie de las partículas. Ejecutamos el ensayo del cono, rellenando en 3 niveles con 25 chuzados por nivel hasta el desmoronamiento superficial del material, a este resultado se lo llama superficie seca.

Para finalizar elegimos 0.50 kg del agregado, pesamos en la fiola con 0.10 m<sup>3</sup> de agua, consecutivamente metemos el agregado a la fiola y removemos por 20 minutos, inmediatamente se pesa la fiola con agregado y agua, sacamos el material celosamente de la fiola, a continuación, colocamos en el horno por 24 horas y se pesa el agregado.

**Peso específico y absorción del agregado grueso:** Se lava el agregado para eliminar partículas pequeñas y se seca en el horno, después se sumerge el material y se deja reposar por 2 horas, se seca superficialmente, luego introducimos el agregado en la

canastilla metálica y determinamos el peso sumergido en el agua. Finalmente secamos la muestra por 24 horas en el horno y pesamos.

**Ecuación N° 3** *Peso específico de la masa (Pem)*

$$Pem = \frac{A}{(B - C)} * 100 \dots (III)$$

**Ecuación N° 4** *Peso específico de la masa saturada con superficie seca (PeSSS)*

$$PeSSS = \frac{B}{(B - C)} * 100 \dots (IV)$$

**Ecuación N° 5** *Peso específico aparente (Pea)*

$$Pea = \frac{A}{(A - C)} * 100 \dots (V)$$

**Ecuación N° 6** *Peso específico aparente (Pea)*

$$Ab (\%) = \frac{(B - A)}{A} * 100 \dots (VI)$$

Donde:

A: Peso de la muestra seca en el aire (gr).

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr).

C: Peso en el agua de la muestra saturada (gr).

#### 2.9.3.4. **Peso unitario compactado del agregado**

**Agregado compactado:** Se mide la tercera parte del recipiente, se introduce el material y se nivela el área. Se compacta la capa del agregado con la varilla metálica mediante 25 golpes distribuidos sobre la zona, se colma hasta las dos terceras partes

del recipiente y otra vez se compacta con 25 golpes; finalmente se llena el contenedor hasta rebosar y se golpea 25 veces con la varilla metálica, el agregado sobrante se elimina utilizando la barra compactadora como regla.

Se determina el peso del recipiente de medida, más su contenido y el peso del recipiente solo, registrando los pesos con una aproximación de 0.05 kg.

Agregado suelto: Se prueba el peso de la tara vacía, luego se llena en su totalidad, se nivela y se pesa. Se ejecuta 3 veces el ensayo tanto para el agregado grueso como el agregado fino y se promedia los resultados.

#### **Ecuación N° 7 *Peso unitario***

$$PUc = \frac{\text{Peso del agregado}}{V}$$

Donde:

PUc: Peso Unitario del agregado (Kg/m<sup>3</sup>)

V: Volumen de la medida (m<sup>3</sup>)

#### **2.9.3.5. Asentamiento del concreto**

Se coloca el cono en una superficie horizontal, se va rellenado con la mezcla de concreto en tres niveles, cada una de ellas será compactada con 25 golpes con la varilla de acero, luego se nivela con la varilla compactadora. Se retira inmediatamente el molde vertical y medimos el asentamiento del concreto fresco comparando la diferencia de alturas con el cono y el concreto.

#### **2.9.3.6. Resistencia a la compresión**

Las muestras el concreto son sometidas a la carga axial en la maquina compactadora.

#### **Ecuación N° 8 *Resistencia a la compresión***

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A}$$

Donde:

$\sigma$ : Resistencia a la compresión axial

Pmax: Carga de rotura

A: Área de sección de la probeta

## 2.10. Aspectos éticos

En cuanto los aspectos éticos de la investigación se revisó libros, artículos científicos, informes, Tesis, Sitios web constatando la veracidad y valides de la fuente, así también, se respeta las citas correspondientes y se aporta a la Norma Técnica 339.033-2009, Norma para la elaboración y curado de espécimenes de concreto en campo.

Para la determinación de las propiedades físico-mecánicas de los agregados, elaboración, curado y rupturas de testigos de concreto se utilizaron las normas American Society for Testing and Materials (ASTM) o Sociedad americana para Pruebas de Materiales, las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y el manual, el Manual de Ensayo de Materiales aprobado por la Resolución Directoral N° 18 – 2016 – MTC/14; Así mismo la investigación se redactó bajo la norma APA séptima edición. El código de ética del Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) en su Artículo N° 15 nos menciona que los ingenieros deben promover y defender la integridad, el honor y la dignidad de profesión.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

En el presente capítulo se muestran los resultados obtenidos de cada ensayo realizado en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte sede Cajamarca, así mismo se explica los valores obtenidos en cada uno de ellos.

**Tabla N° 3**

*Características físicas del agregado fino*

<b>Característica</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>Absorción</b>	=	3.39	%
<b>Humedad</b>	=	7.63	%
<b>Peso Seco Compactado</b>	=	1827.78	Kg/cm <sup>3</sup>
<b>Peso Especifico</b>	=	2.79	Gr/cm <sup>3</sup>
<b>Módulo de Finura</b>	=	2.68	-

Nota: En la tabla N° 3 se exhibe el resumen de las propiedades físico-mecánicas del agregado fino que serán utilizados en el Diseño de Mezclas.

En la tabla N° 3 se puede apreciar los resultados obtenidos del agregado fino el cual será utilizados en el diseño de mezcla para el concreto, así mismo cumple dentro de los parámetros establecidos.

**Tabla N° 4**

*Características físico-mecánica del agregado grueso*

<b>Característica</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>T.M.N</b>	=	1	pulg
<b>Peso Especifico</b>	=	2.50	gr/cm <sup>3</sup>
<b>Peso Unitario Compactado</b>	=	1557.35	Kg/m <sup>3</sup>
<b>Humedad</b>	=	0.96	%
<b>Absorción</b>	=	1.21	%

Nota: En la tabla N° 4 Se presenta el resumen de las propiedades físicas del agregado grueso que serán utilizados en el Diseño de Mezclas.

En la tabla N° 4 se puede apreciar los resultados obtenidos del agregado grueso el cual será utilizados en el diseño de mezcla para el concreto, así mismo cumplen dentro de los parámetros establecidos.

**Tabla N° 5**

*Variación de datos para un vibrado interno de 5 segundos*

<b>Tiempo de Curado</b>	<b>Probeta</b>	<b>Resistencia kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Promedio Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Desviación Estándar kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Variación %</b>
<b>7 Días</b>	P01/05”	200.24	191.50	8.64	4.51
	P02/05”	201.43			
	P03/05”	195.65			
	P04/05”	186.02			
	P05/05”	182.88			
	P06/05”	182.75			
<b>14 Días</b>	P07/05”	211.40	205.92	7.89	3.83
	P8/05”	197.86			
	P9/05”	202.79			
	P10/05”	212.52			
	P11/05”	196.44			
	P12/05”	214.48			
<b>28 Días</b>	P13/05”	210.90	216.73	7.66	3.54
	P14/05”	207.69			
	P15/05”	223.27			
	P16/05”	222.78			
	P17/05”	224.80			
	P18/05”	210.94			

Nota: la tabla N° 5 exhibe los resultados del promedio de la carga ultima, porcentaje de variación y desviación estándar de cada testigo ensayado, compactado con vibrador interno en 5 segundos.

En la tabla N° 5 se aprecia los 5 segundos de vibrado interno para un tiempo de curado de 7, 14 y 28 días en los que se observa que en los 7 primeros días alcanza una resistencia promedio a la compresión de  $191.50 \text{ kg/cm}^2$ , para los 14 días de curado

tiene una resistencia promedio de  $205.92 \text{ kg/cm}^2$  y para los 28 días de curado alcanza una resistencia promedio  $216.73 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla N° 6**

*Variación de datos para un vibrado interno de 15 segundos*

Tiempo de Curado	Testigo	Resistencia $\text{kg/cm}^2$	Promedio $\text{Kg/cm}^2$	Desviación Estándar $\text{kg/cm}^2$	Variación %
7 Días	P01/15”	212.69	249.69	6.38	3.11
	P02/15”	204.61			
	P03/15”	210.98			
	P04/15”	195.63			
	P05/15”	205.37			
	P06/15”	200.45			
14 Días	P07/15”	242.58	249.63	6.95	2.78
	P08/15”	253.33			
	P09/15”	259.18			
	P10/15”	248.67			
	P11/15”	253.01			
	P12/15”	241.01			
28 Días	P13/15”	256.39	266.75	7.11	2.67
	P14/15”	268.59			
	P15/15”	272.43			
	P16/15”	265.77			
	P17/15”	261.52			
	P18/15”	275.79			

Nota: La tabla N° 6 figuran los resultados promedio de la carga última, porcentaje de variación y desviación estándar de cada testigo ensayado que fue compactado con vibración interna en 15 segundos. En la tabla N° 6 se aprecia los 15 segundos de vibrado interno para un tiempo de curado de 7, 14 y 28 días en los que se observa para los 7 primeros días de curado una resistencia promedio de  $249.69 \text{ kg/cm}^2$ , para los 14 días posee una resistencia promedio de  $249.63 \text{ kg/cm}^2$  y para los 28 días alcanza una resistencia promedio  $266.75 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla N° 7**

*Variación de datos para un vibrado interno de 20 segundos*

<b>Tiempo de Curado</b>	<b>Testigo</b>	<b>Resistencia kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Promedio Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Desviación Estándar kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Variación %</b>
<b>7 Días</b>	P01/20"	217.20			
	P02/20"	228.40			
	P03/20"	211.8	215.65	7.76	3.60
	P04/20"	219.66			
	P05/20"	208.70			
	P06/20"	208.13			
<b>14 Días</b>	P07/20"	257.34			
	P08/20"	261.06			
	P09/20"	276.49	267.91	8.01	2.99
	P10/20"	277.21			
	P11/20"	268.63			
	P12-20"	266.70			
<b>28 Días</b>	P13/20"	267.30			
	P14/20"	279.47			
	P15/20"	264.08	271.10	8.15	3.01
	P16/20"	265.99			
	P17/20"	283.35			
	P18/20"	266.42			

Nota: La tabla N° 7 Simboliza los resultados del promedio de la carga ultima, porcentaje de variación y desviación estándar de cada testigo ensayado, y compactado con vibrador interno en 20 segundos.

En la tabla N° 7 se aprecia los 20 segundos de vibrado interno para un tiempo de curado de 7, 14 y 28 días en los que se verifica para los 7 primeros días tiene una resistencia promedio de 215.65 kg/cm<sup>2</sup>, en los 14 días alcanza una resistencia promedio de 267.91 kg/cm<sup>2</sup> y para los 28 días tiene una resistencia promedio 271.10 kg/cm<sup>2</sup>.

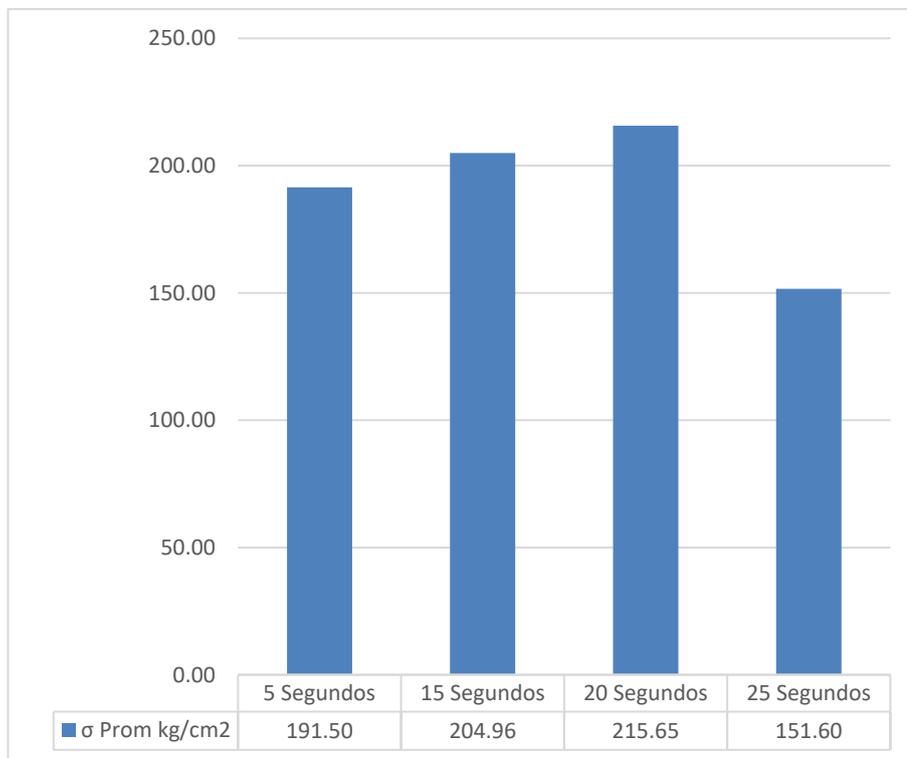
**Tabla N° 8**

*Variación de datos para un vibrado interno de 25 segundos*

<b>Tiempo de Curado</b>	<b>Testigo</b>	<b>Resistencia kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Promedio kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Desviación Estándar kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Variación %</b>
<b>7 Días</b>	P1/25"	147.99	151.60	6.12	4.03
	P2/25"	141.76			
	P3/25"	159.78			
	P4/25"	152.78			
	P5/25"	154.12			
	P6/25"	153.17			
<b>14 Días</b>	P7/25"	221.65	221.27	8.93	4.04
	P8/25"	219.54			
	P9/25"	231.76			
	P10/25"	210.01			
	P11/25"	231.16			
	P12/25"	213.47			
<b>28 Días</b>	P13/25"	243.76	243.74	4.73	1.94
	P14/25"	246.40			
	P15/25"	244.59			
	P16/25"	247.59			
	P17/25"	245.60			
	P18/25"	234.47			

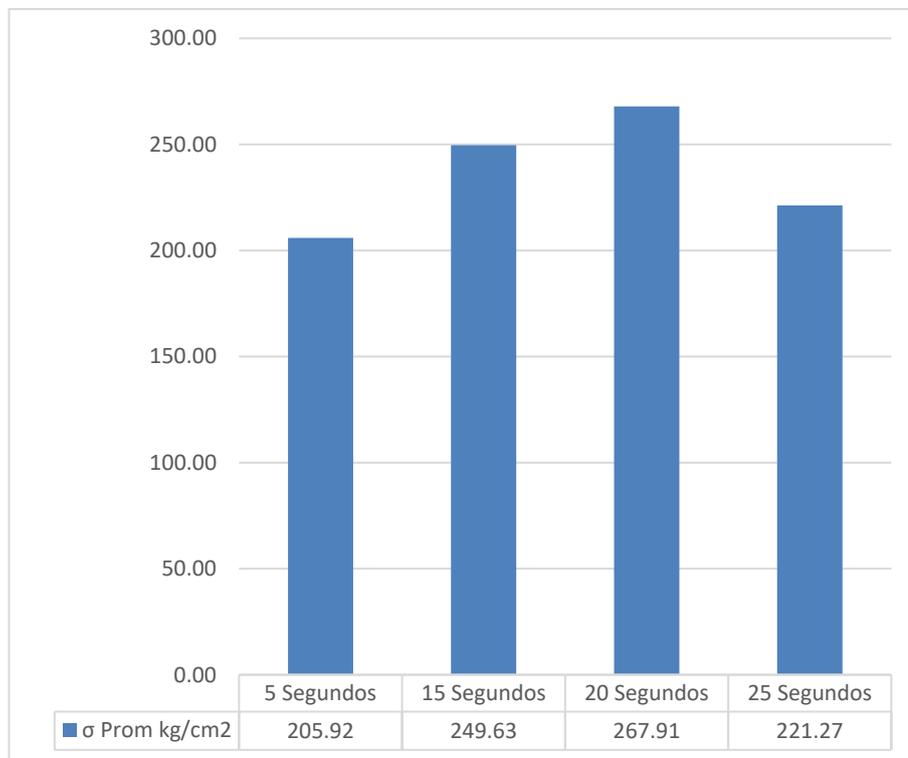
Nota: la tabla N° 8 nos muestra los resultados del promedio de la carga última, desviación estándar, porcentaje de variación de cada testigo ensayado y compactado con un vibrado interno de 25 segundos. En la tabla N° 8 se aprecia los 25 segundos de vibrado interno para un tiempo de curado de 7, 14 y 28 días en los que se observa para los 7 primeros días tiene una resistencia promedio de 151.60 kg/cm<sup>2</sup>, para los 14 días tiene una resistencia promedio de 221.27 kg/cm<sup>2</sup> y para los 28 días tiene una resistencia promedio 243.74 kg/cm<sup>2</sup>.

**Gráfico N° 3** Comparación de la resistencia promedio del concreto con 7 días de edad.



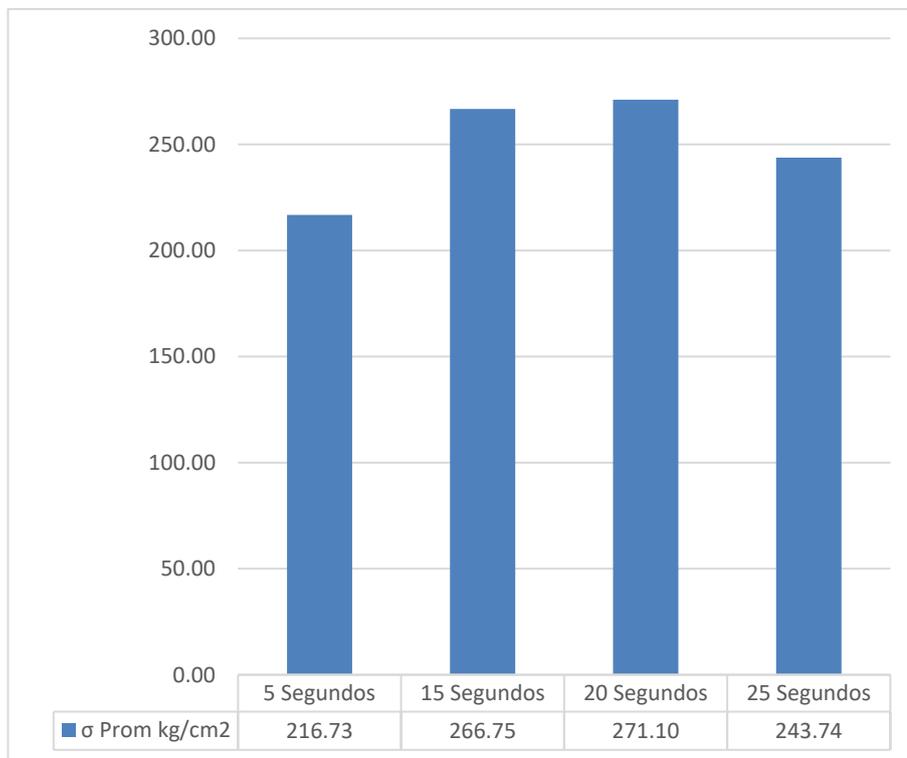
Nota: En el grafico N° 2 comparamos la resistencia promedio del concreto de 7 días de edad con tiempos de vibrado de 5 segundos, 15 segundos, 20 segundos y 25 segundos; interpretando el valor más alto es el concreto compactado con vibrador interno por el tiempo de 20 segundos.

**Gráfico N° 4** Comparación de la resistencia promedio del concreto con 14 días de edad



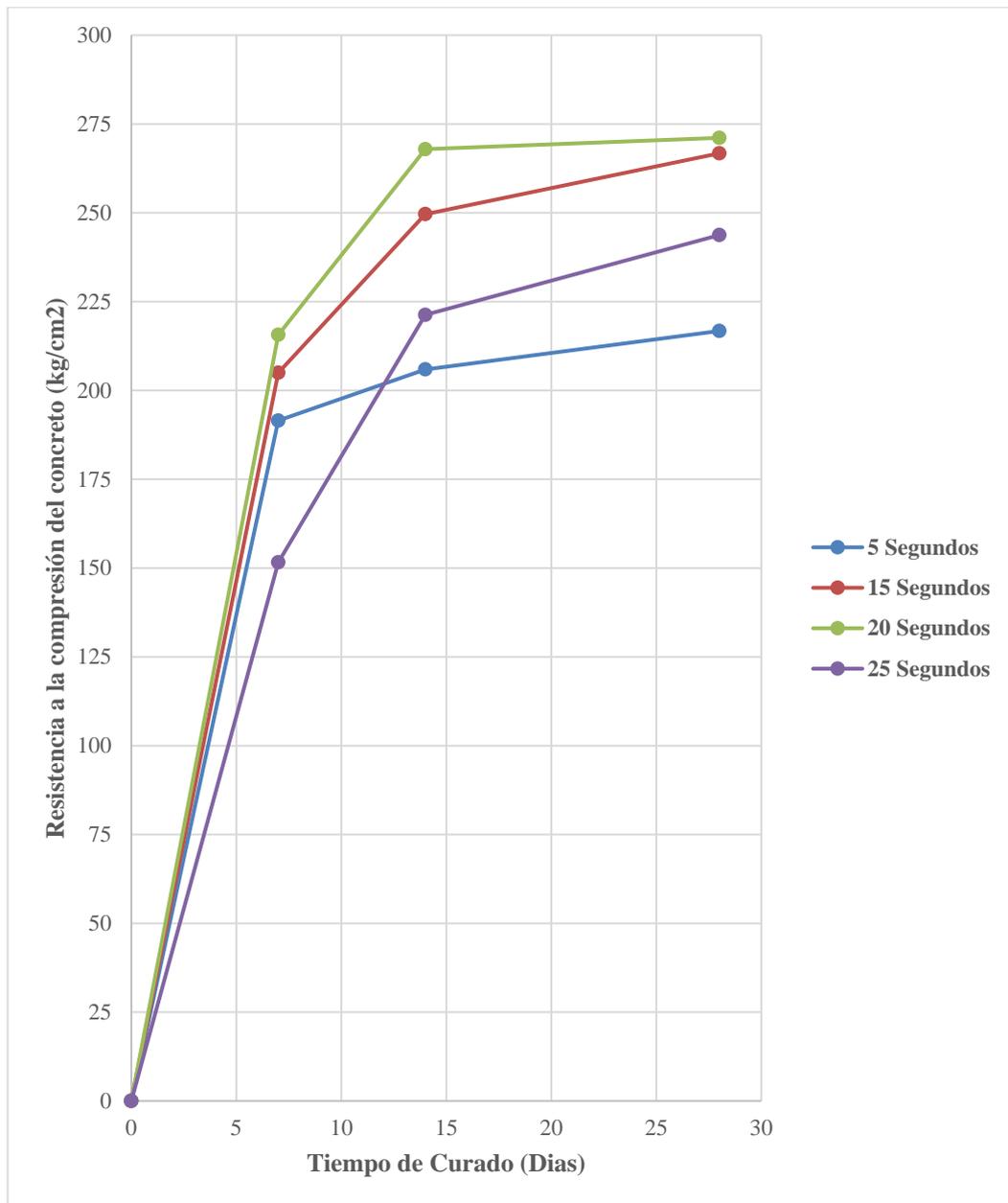
Nota: En el grafico N° 3 comparamos el promedio de la resistencia del concreto de 14 días de edad con tiempos de vibrado de 5 segundos, 15 segundos, 20 segundos y 25 segundos; interpretando el valor más alto es el concreto compactado con vibrador interno por el tiempo de 20 segundos.

**Gráfico N° 5** Comparación de la resistencia promedio del concreto con 28 días de edad



Nota: En el grafico N° 4 comparamos la resistencia promedio del concreto de 14 días de edad con tiempos de vibrado de 5 segundos, 15 segundos, 20 segundos y 25 segundos; interpretando el valor más alto es el concreto compactado con vibrador interno por el tiempo de 20 segundos.

**Gráfico N° 6** Resistencia alcanzada del concreto en cada tiempo de vibrado



Nota: En el Grafico N° 5 se observa la resistencia a la compresión del concreto promedio a la edad de 7, 14 y 28 días de las probetas de concreto compactadas con vibrador interno en 5 segundos, 15 segundos, 20 segundos y 25 segundos.

### Tabla N° 9

*Comparación en porcentaje de la resistencia del concreto a 7 días de edad*

<b>Tiempo de vibrado</b>	<b>Resistencia <math>\text{kg/cm}^2</math></b>	<b>Comparativo %</b>
<b>5 Segundos</b>	191.50	100.00%
<b>15 Segundos</b>	204.96	107.03%
<b>20 Segundos</b>	215.65	112.61%
<b>25 Segundos</b>	151.60	79.16%

Nota: La tabla N° 9 se comparan los porcentajes de la resistencia del concreto con respecto a las probetas de tiempo de vibrado 5 segundos, consideradas como muestra patrón.

En la Tabla N° 9 se efectúa una comparación en porcentajes de la resistencia promedio del concreto a los 7 días, obteniendo el tiempo de vibrado de 5 segundos un comparativo de 100%, para 15 segundos un comparativo de 107.03%, para 20 segundos un comparativo de 112.61% y para los 25 segundos. un comparativo de 79.16%.

### Tabla N° 10

*Comparación en porcentaje de la resistencia del concreto a 14 días de edad*

<b>Tiempo de vibrado</b>	<b>Resistencia <math>\text{kg/cm}^2</math></b>	<b>Comparativo %</b>
<b>5 Segundos</b>	205.92	100.00%
<b>15 Segundos</b>	249.63	121.23%
<b>20 Segundos</b>	267.91	130.10%
<b>25 Segundos</b>	221.27	107.45%

Nota: La tabla N° 10 se comparan los porcentajes de la resistencia del concreto con respecto a las probetas de tiempo de vibrado 5 segundos, consideradas como muestra patrón.

En la Tabla N° 10 se realiza una comparación en porcentajes de la resistencia del concreto a los 14 días, obteniendo para los tiempos de vibrado de 5 segundos un comparativo de 100%, para 15 segundos un comparativo de 121.23%, para 20 segundos un comparativo de 130.10% y para los 25 segundos un comparativo de 107.45%

**Tabla N° 11**

*Comparación en porcentaje de la resistencia del concreto a 28 días de edad*

<b>Tiempo de vibrado</b>	<b>Resistencia <math>\text{kg/cm}^2</math></b>	<b>Comparativo %</b>
<b>5 Segundos</b>	216.73	100%
<b>15 Segundos</b>	266.75	123.08%
<b>20 Segundos</b>	271.10	125.09%
<b>25 Segundos</b>	234.74	108.31%

Nota: La tabla N° 11 se comparan los porcentajes de la resistencia del concreto con respecto a las probetas de tiempo de vibrado 5 segundos, consideradas como muestra patrón.

En la Tabla N° 11 se realiza una comparación en porcentajes de la resistencia del concreto a los 28 días, obteniendo para los tiempos de vibrado de 5 segundos un comparativo de 100%, para 15 segundos un comparativo de 123.08%, para 20 segundos un comparativo de 125.09% y para los 25 segundos un comparativo de 234.74%

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

#### 4.1.1. Interpretación comparativa

José Saldaña en el año 2017 indica que a mayor tiempo de vibrado aumenta la resistencia de compresión axial, la cual para una edad de 28 días de curado, la resistencia se incrementa 11.35% en comparación a su muestra patrón (Sin vibrado); sus resultados se asemejan a los de esta investigación ya que la resistencia del concreto comparada a la muestra patrón (Vibrado interno de 5 segundos) aumenta un 23.08 % en 15 segundos, 25.09 % en 20 segundos y 8.31 % en 25 segundos, como nos indica la Tabla N° 11.

Ghelenn Guevara en el año 2019 señala que el concreto compactado con vibrador interno tipo aguja a los 28 días de curado resiste un 10.93% más en comparación al concreto compactado por el método de apisonado y un 16.95% más en comparación al método de mesa vibratoria, estos valores tienen correlación con los resultados obtenidos en esta investigación ya que vibrando internamente 20 segundos obtenemos 25.09 % más en comparación a la resistencia a compresión del concreto vibrado internamente 5 segundos.

Manuel Álvarez en el año 2012 revela que al insistir con más tiempo de vibrado pretendiendo remover en su totalidad de aire atrapado dentro de la mezcla de concreto puede causar efectos nocivos como la disgregación de los materiales que componen el concreto, sin embargo, la acción es menos perjudicial que la falta de vibración. Esta afirmación tiene similitud a los resultados obtenidos en la presente investigación, ya que al comparar la resistencia a compresión a los 28 días de curado de las probetas vibradas 25 segundos resiste un 8.31% más que la muestra patrón (5 segundos de virado interno).

#### 4.1.2. Implicancias

El máximo alcance Normativo en torno a la vibración interna en la mezcla de concreto es la Norma Técnica Peruana 339.033-2009 establecida con la finalidad de realizar la elaboración

y curado de especímenes de concreto, esta Norma nos indica que al compactar el concreto con el método de vibración interna, la frecuencia del equipo vibrador debe ser 7000 vibraciones por minuto mientras está en contacto con la mezcla; no obstante la N.T.P 399.033-2009 no menciona del tiempo necesario o requerido del contacto que debe tener el equipo vibrador y la mezcla del concreto.

En la tabla N° 9 se comparan los resultados en porcentaje de la influencia del tiempo de vibrado en la resistencia a compresión de las probetas de concreto con 7 días de curado, aumentando en un 07.03 %, 12.61% para 15 y 20 segundos y disminuyendo un 20.84% para 25 segundos respecto a la muestra patrón (probetas compactadas con 5 segundos de vibrado interno).

En la tabla N° 10 se coteja la influencia del vibrado interno en la resistencia a compresión para las probetas de 14 días de edad, obteniendo que la resistencia del concreto aumenta en 21.23 %, 30.10% y 07.45% para 15 segundos, 20 segundos y 25 segundos respectivamente.

En la tabla N° 11 se compara la influencia del tiempo de vibrado en 5 segundos, 15 segundos, 20 segundos y 25 segundos, de los especímenes cilíndricos de concreto con 28 días de edad, teniendo como efecto el aumento de resistencia en 23.08%, 25.09% y 08.31% respectivamente, en comparación a la muestra Patrón (Vibrando 5 segundos).

En las tablas N°6, N°7 y N° 8 se observa la resistencia del concreto de las setenta y dos probetas cilíndricas ejecutadas, ensayadas y se verifico que variación de la carga máxima no supera el 10%.

#### **4.1.3. Limitaciones**

La investigación se limita a 5 segundos, 15 segundos, 20 segundos y 25 segundos, estableciendo la influencia del tiempo de vibrado en la resistencia a compresión de testigos de concreto; sin embargo, no se tomó en cuenta la elaboración de probetas sin vibrado o tiempo de vibrado 0 segundos, este añadido daría un horizonte más amplio en los resultados

obtenidos con respecto a la influencia del tiempo de vibrado interno en la resistencia a compresión del concreto con slump de 2”-4”.

Si bien es cierto la investigación trata sobre la influencia del tiempo vibrado interno para un concreto con asentamiento slump de 2”-4”, se puede profundizar el tema en investigaciones futuras utilizando equipos de definición de análisis de partículas, con la finalidad de observar el comportamiento de los testigos de concreto al momento de fallar por carga máxima.

#### **4.2. Conclusiones**

Se cumple parcialmente la hipótesis planteada, es decir, la resistencia a compresión del concreto aumenta progresivamente hasta los 20 segundos de vibrado interno y disminuye al vibrar internamente 25 segundos.

Al evaluar los resultados de las propiedades físico-mecánicas del agregado fino y del agregado grueso extraídos de la cantera Roca Fuerte se concluye que cumplen con los porcentajes indicados por las normas ASTM, con la finalidad de realizar el diseño de mezclas utilizado en la presente investigación.

En los resultados obtenidos se puede observar que a los 28 días edad, las probetas vibradas en 20 segundos alcanzan una resistencia a compresión promedio de  $271.10 \text{ kg/cm}^2$ , superando a las probetas que fueron compactadas con un tiempo de vibrado de 5 segundos, 15 segundos y 25 segundos.

Se determina que el tiempo de vibrado interno adecuado para alcanzar la resistencia óptima del concreto en 7, 14 y 28 días de curado es 20 segundos; influyendo en 25.09%, 30.10% y 12.61% en comparación con la muestra patrón (Vibrado interno de 5 segundos).

Por lo tanto, se concluye que compactando el concreto por el método de vibrado interno, el tiempo adecuado de vibrado para un concreto con slump 2” - 4” es 20 segundos.

## REFERENCIAS

- Alvarez Paz, M. (2012). *Control, Vertido y curado del concreto pesado en el sin control*. Madrid.
- Barahona Sánchez, R. (2015). *Estudio comparativo de resistencia en probetas compactadas con los métodos por apisonado y por vibración para concretos a/c= 0.60, 0.65 y 0.70*. Lima.
- Barceló, G. (1944). *Hormigon vibrado. Obras publicas*.
- Cachi Cerna, G. (2015). *Materiales de construcción*. Cajamarca.
- Guevara Sanchez, G. (2019). *Resistencia a la compresión del concreto  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  con distintos metodos de vibración: por apisonado, por mesa vibratoria o vibrado tipo aguja*. Cajamarca: Univeridad Privada del Norte.
- Harmsen, T. (2002). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima: PUCP.
- Hernández Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D,F: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Mamlouk, M., & Zaniewski, J. (2009). *Materiales para la ingenieria civil*. Madrid: Pearson educación S.A.
- Meza Cuadra, J. (22 de Setiembre de 2016). *Constructivo*. Obtenido de <http://www.constructivo.com/cn/d/novedad.php?id=131>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2017). *Manual de ensayos de materiales* . Lima.
- Norma E. 060 Concreto Armado. (2009). *Reglamento nacional de edificaciones*. Lima.
- (2003). *Norma Tecnica Peruana 339.183*. Lima.
- Ñiño Hernadez , J. R. (2010). *Tecnologia del concreto - tomo I*. Bogota.
- Oré, J. (2014). *Manual de preparación, colocación y cuidados del concreto* . Lima: Castolan editores SRL.
- Palomino, J. (2014). *Guía para supervisión técnica de estructuras de concreto reforzado*. Cartajena.
- Restrepo Echeverri, A. (2006). *Análisis vibracional de moto vibradores*. Colombia.
- Saldaña Saldaña, A. (2017). *Resistencia a la compresión de un concreto compactado con rodillo en diferentes tiempos de vibrado*. Cajamarca.

-Universidad de la Puna. (2017). *Propiedades mecánicas del concreto*. Obtenido de Tecnologías digitales:

[http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/educaciontecnologia/propiedades\\_mecnicas.html](http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/educaciontecnologia/propiedades_mecnicas.html)

-Vara Horna, A. (2012). *Siete pasos para una tesis exitosa*. Lima.

-Yépez, M., & Guerra, M. (2016). *Guía práctica para el diseño de estructuras de hormigón armado de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Quito: Activa.

## ANEXOS

### Anexo N° 1 Matriz de consistencia

**Tabla N° 12**

*Matriz de consistencia*

Planteamiento del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores	Muestra	Diseño
Pregunta general	Objetivo General	Hipótesis General	Variable 1	Población	Método
¿Cuál es la influencia del tiempo de vibrado interno en la resistencia a compresión del concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ?	Determinar la influencia del tiempo de vibrado interno en la resistencia a compresión del concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	La influencia de 5, 15, 20 y 25 segundos de vibrado interno en la resistencia a compresión del concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ es positiva, pues a mayor tiempo de vibrado, mayor resistencia a compresión.	Variable independiente: Tiempo de vibrado en el concreto	72 probetas de concreto con Diseño de mezclas $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Experimental
	Objetivos Específicos		Variable 2	Muestra	
	- Determinar las características Físico mecánicas de los agregados obtenidos en la cantera Roca Fuerte necesarias en el Diseño de Mezclas		Variable dependiente: Resistencia a la compresión del concreto	Cada unidad de probetas de concreto	
	-Determinar la resistencia a compresión del concreto variando el tiempo de vibrado interno en 5 segundos, 15 segundos, 20 segundos, 25 segundos y evaluar los resultados				

**Anexo N° 2** *Propiedades físicas de los agregados*

**Tabla N° 13**

*Contenido de humedad del agregado fino*

<b>ID</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>A</b>	Identificación de la tara		T-1	T-2	T-3
<b>B</b>	Peso de la tara	gr	41.20	39.60	41.70
<b>C</b>	Tara + suelo húmedo	gr	450.10	420.00	391.10
<b>D</b>	Recipiente + suelo seco	gr	422.30	393.90	364.50
<b>E</b>	Peso del suelo húmedo (Ww) C-B	gr	408.90	380.40	349.40
<b>F</b>	Peso Suelo Seco (Ws) D-B	gr	381.10	354.30	322.80
<b>W%</b>	Porcentaje de humedad ((E-F)/F)*100	%	7.29	7.37	8.24
<b>G</b>	Promedio porcentaje de humedad	%		7.63	

**Tabla N° 14**
*Contenido de humedad del agregado grueso*

ID	Descripción	Und	1	2	3
A	Identificación de la tara		T-1	T-2	T-3
B	Peso de la tara	gr	39.70	41.00	84.80
C	Tara + suelo húmedo	gr	567.00	514.30	1358.10
D	Recipiente + suelo seco	gr	561.40	510.50	1345.70
E	Peso del suelo húmedo (Ww) C-B	gr	527.30	473.30	1273.30
F	Peso Suelo Seco (Ws) D-B	gr	521.70	469.50	1260.90
W%	Porcentaje de humedad ((E-F)/F)*100	%	1.07	0.81	0.98
G	Promedio porcentaje de humedad	%		0.96	

**Tabla N° 15**
*Granulometría del agregado grueso*

<b>Muestra 7967.90</b>						
Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido	Peso Compensado	% Retenido	% Acumulado	% Que pasa
1 ½"	37.50	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.00	3700.10	3700.63	46.44	46.44	53.56
½"	12.70	2.722.00	2722.53	34.17	80.61	19.39
3/8"	9.50	1184.30	1184.83	14.87	95.48	4.52
N° 4	4.75	344.10	344.63	4.33	99.81	0.19
Cazoleta	-	15.30	15.30	0.19	100	0.00

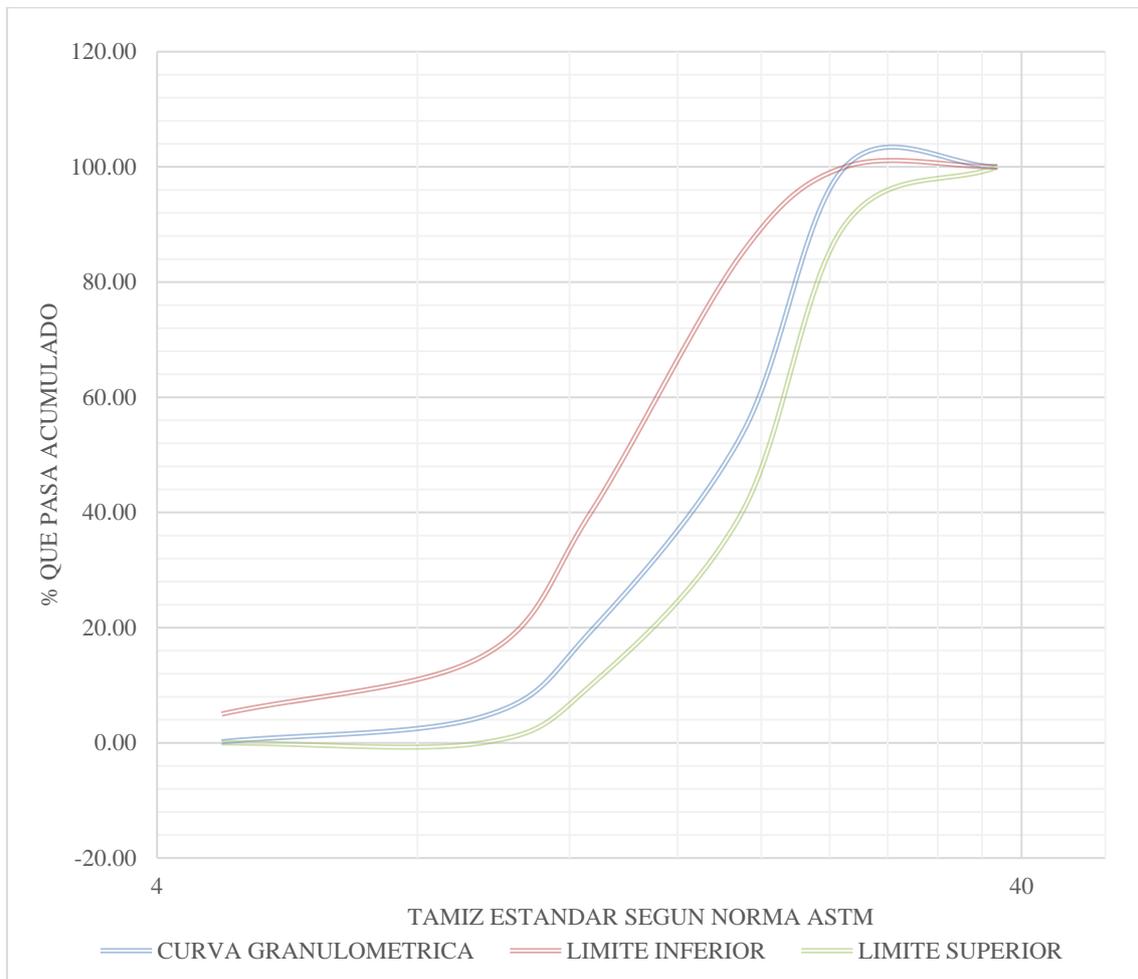
**Tabla N° 16**

*Límites de graduación del agregado grueso*

Tamiz	Abertura	Límite inferior	Límite superior
1 ½"	37.50 mm	100.00%	100.00%
1"	25.00 mm	90.00%	100.00%
¾"	19.00 mm	40.00%	85.00%
½"	12.70 mm	10.00%	40.00%
⅜"	9.50 mm	0.00%	15.00%
N° 4	4.75 mm	0.00%	5.00%

Fuente NTP 400.012

**Gráfico N° 7** Curva granulométrica del agregado grueso



**Tabla N° 17**
*Granulometría del agregado fino*

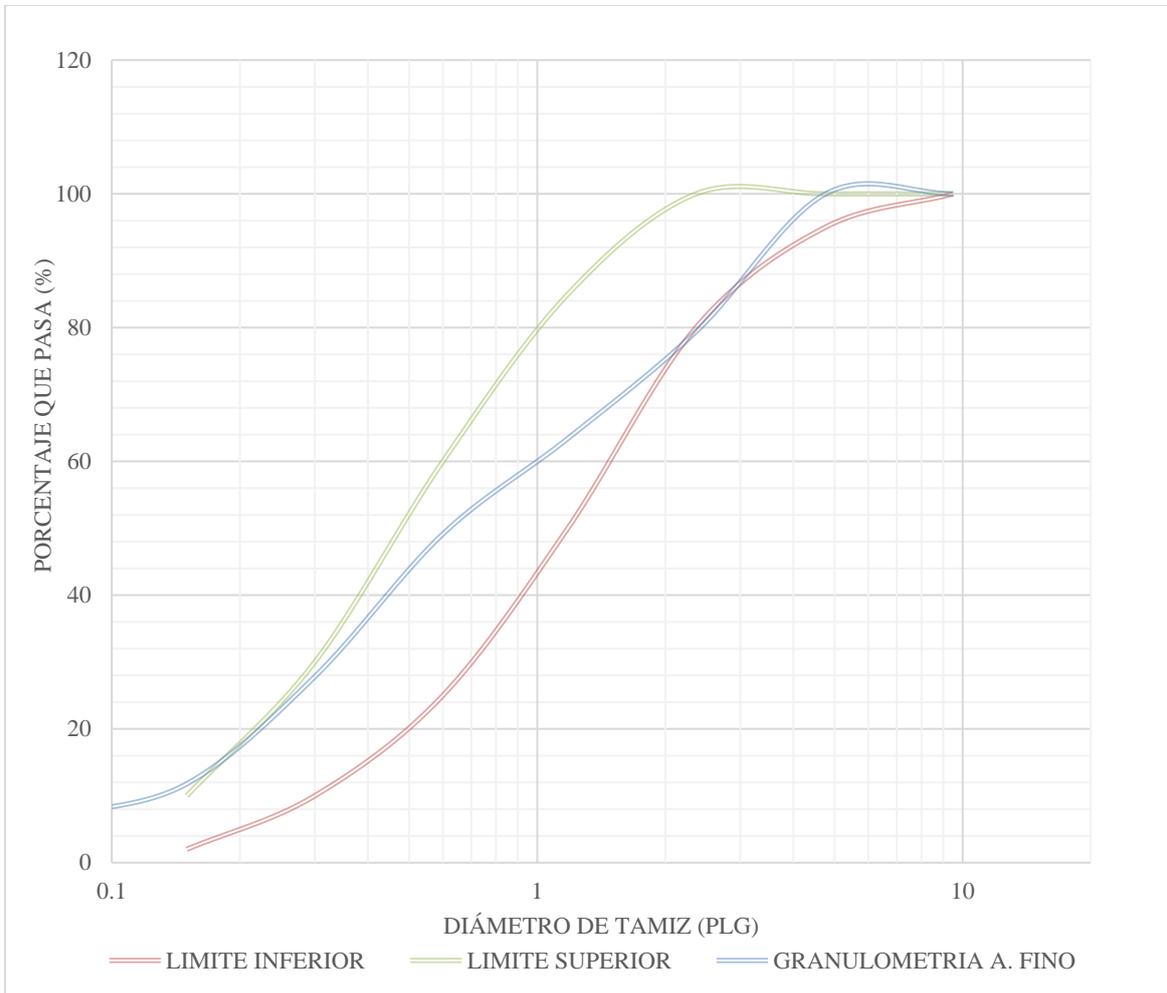
<b>Muestra 1500.00</b>						
<b>Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso retenido</b>	<b>Peso Compensado</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Acumulado</b>	<b>% Que pasa</b>
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N°4	4.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N°8	2.38	305.90	306.17	20.39	20.39	79.61
N°16	1.18	242.70	242.97	16.18	36.57	63.43
N°30	0.60	214.20	214.47	14.28	50.85	49.15
N°50	0.30	320.20	320.47	21.35	72.20	27.80
N°100	0.15	240.20	240.47	16.01	88.21	11.79
N°200	0.075	73.20	73.47	4.88	93.09	6.91
Cazoleta	-	101.70	101.97	6.78	99.87	0.13

**Tabla N° 18**
*Límites de graduación del agregado grueso*

<b>Tamiz</b>	<b>Abertura</b>	<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>
3/8"	9.50 mm	100.00%	100.00%
N°4	4.76 mm	95.00%	100.00%
N°8	2.38 mm	80.00%	100.00%
N°16	1.18 mm	50.00%	85.00%
N°30	0.60 mm	25.00%	60.00%
N°50	0.30 mm	10.00%	30.00%
N°100	0.15 mm	2.00%	10.00%

Fuente NTP 400.012

**Gráfico N° 8** Curva granulométrica del agregado fino



**Tabla N° 19**

*Peso específico del agregado fino*

ID	Descripción	Und	T-1	T-2	T-3	Resultado promedio
A	Peso saturado superficialmente seco del suelo (Pss)	gr	500	500	500	
B	Peso de la tara + agua hasta marca de 500 ml	gr	1300.10	1300.70	1300.40	
C	Peso de la tara + agua +Pss $C=A+B$	gr	1800.10	1800.70	1800.40	
D	Peso de la tara +Pss + agua hasta la marca de 500 ml	gr	1610.50	1610.90	1610.70	
E	Volumen de masa + volumen de vacío $E=C-D$	cm <sup>3</sup>	189.60	189.80	189.70	
F	Peso seco del suelo (Secado en estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ )	gr	484.60	483.40	482.80	
G	Volumen de masa $G=E-(A-F)$	cm <sup>3</sup>	174.20	173.20	172.50	
H	Peso específico (Base seca) $H=F/E$	gr/cm <sup>3</sup>	2.56	2.55	2.55	2.55
I	Peso específico (Base saturada) $I=A/E$	gr/cm <sup>3</sup>	2.63	2.63	2.64	2.64
J	Peso específico aparente (Base seca) $J=F/G$	gr/cm <sup>3</sup>	2.78	2.79	2.80	2.79
K	Absorción $K=((A-F)/F)*100$	%	3.19	3.43	3.56	3.90

**Tabla N° 20**

*Peso específico del agregado grueso*

ID	Descripción	Und	T-1	T-2	T-3	Resultado promedio
A	Peso saturado superficialmente seco del suelo en aire	gr	3027.90	3081.80	3011.30	
B	Peso saturado superficialmente seco del suelo en agua	gr	1784.20	1833.30	1795.80	
C	Volumen de masa + volumen de vacío $C=A-B$	gr	1243.70	1248.50	1215.50	
D	Peso seco del suelo (Secado en estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ )	gr	2992.20	3045.00	2974.60	
E	Volumen de masa, $E=C-(A-D)$	$\text{cm}^3$	1208.00	1211.70	1178.80	
F	Peso específico bulk (Base seca) $F=D/C$	gr	2.41	2.44	2.45	2.43
G	Peso específico (Base saturada) $G=A/C$	$\text{cm}^3$	2.43	2.47	2.48	2.46
H	Peso específico aparente (base seca) $H=D/E$	$\text{gr/cm}^3$	2.48	2.51	2.52	2.50
I	Absorción $K=(A-D)*100$	$\text{gr/cm}^3$	1.19	1.21	1.23	1.21

Anexo N° 3 *Diseño de mezclas*

Gráfico N° 9 *Diseño de mezclas usando el método de comité 211 ACI*

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A USAR PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO			
<b>CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO</b>			
Resistencia a la compresión especificada del Concreto	210	kg / cm <sup>2</sup>	
Resistencia promedio a la compresión del Concreto	294	kg / cm <sup>2</sup>	
<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES</b>			
<b>AGREGADO FINO</b>		<b>AGREGADO GRUESO</b>	
Peso específico de masa	2.79	Tamaño máximo nominal (Pulg)	1 "
Absorción (%)	3.39	Peso seco compactado (kg / m <sup>3</sup> )	1557.35
Contenido de Humedad (%)	7.63	Peso específico de masa	2.50
Módulo de finura	2.68	Absorción (%)	1.21
Peso seco compactado (kg / m <sup>3</sup> )	1827.78	Contenido de Humedad (%)	0.96
<b>CEMENTO</b>			
Tipo de Cemento Portland a usar	Tipo 1 "Pacasmayo"		
Peso Específico	3.10		
<b>DISEÑO DE MEZCLA</b>			
Selección del Asentamiento	Tipo de consistencia	Medía	
	Asentamiento	3" - 4"	
Tipo de Concreto a diseñar	Concreto sin aire incorporado		
Volumen unitario de Agua	205.00	lt / m <sup>3</sup>	
Contenido de aire total	2.00	%	
Relación Agua / Cemento	0.5584		
Factor cemento	Factor Cemento	367.00	Kg / m <sup>3</sup>
	Factor Cemento	8.6	Bolsas / m <sup>3</sup>
Contenido de Agregado Grueso	Agregado Grueso Seco Compactado por	0.632	m <sup>3</sup>
	Unidad de Volumen del Concreto		
	Peso del Agregado Grueso	984.2452	Kg / m <sup>3</sup>
Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los materiales	Cemento	0.118	m <sup>3</sup>
	Agua	0.205	m <sup>3</sup>
	Aire	0.020	m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso	0.394	m <sup>3</sup>
	Suma de Volúmenes	0.737	m <sup>3</sup>
Contenido de Agregado Fino	Volumen Absoluto de Agregado Fino	0.263	m <sup>3</sup>
	Peso del Agregado Fino seco	734	Kg / m <sup>3</sup>
Cantidad de materiales a ser empleados como valores de diseño por m <sup>3</sup>	Cemento	367.00	Kg / m <sup>3</sup>
	Agua de diseño	205.00	lt / m <sup>3</sup>
	Agregado Fino seco	734.00	Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso seco	984.00	Kg / m <sup>3</sup>
	Cemento	1.00	
Proporción en peso de los materiales sin ser corregidos por Humedad del Agregado	Agregado fino seco	2.00	
	Agregado grueso seco	2.68	
	Agua de Diseño	23.74	lt / bolsa
Cantidad de materiales a ser empleados como valores de diseño por m <sup>3</sup> (Materiales corregidos)	Cemento	367.00	Kg / m <sup>3</sup>
	Agua de diseño	176.34	lt / m <sup>3</sup>
	Agregado Fino seco	734.00	Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso seco	984.00	Kg / m <sup>3</sup>
Proporción en peso de los materiales corregidos	Cemento	1.00	
	Agregado fino seco	2.00	
	Agregado grueso seco	2.68	
	Agua de Diseño (efectiva)	20.42	lt / bolsa
Cantidad de materiales en peso seco corregido que se necesitan en una tanda de una bolsa de Cemento.	Cemento	42.50	Kg / bolsa
	Agregado Fino seco	85.00	Kg / bolsa
	Agregado Grueso seco	113.95	Kg / bolsa
	Agua de diseño	20.42	lt / bolsa
Número de tandas por m <sup>3</sup>	0.11 m <sup>3</sup>		
Rendimiento de una tanda de bolsa	9.16 bolsas		
factor cemento de la unidad cubica	Cemento	389.50	Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado Fino seco	779.01	Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso seco	1044.34	Kg / m <sup>3</sup>
	Agua de diseño	187.15	lt / m <sup>3</sup>
Peso para 3 probeta de laboratorio	Cemento	6.19	Kg
	Agregado Fino seco	12.39	Kg
	Agregado Grueso seco	16.60	Kg
	Agua de diseño	2.98	lt
Porcentaje adicional de material por desperdicios	Cemento	6.50	Kg
	Agregado Fino seco	13.01	Kg
	Agregado Grueso seco	17.44	Kg
	Agua de diseño	3.12	lt

**Anexo N° 4 Resistencia a la compresión del concreto con diferentes tiempos de vibrado**
**Tabla N° 21**
*Resistencia a la compresión del concreto con vibrado interno de 5 segundos*

<b>Tiempo de Curado</b>	<b>Probeta</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Área cm<sup>2</sup></b>	<b>Carga máx. kg</b>	<b>Resistencia kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Promedio kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Resistencia %</b>	<b>Resistencia en % Promedio</b>
<b>7 Días</b>	P01/05"	15.10	179.08	35858.98	200.24	191.50	95.35%	91.19%
	P02/05"	15.20	181.46	36551.49	201.43		95.92%	
	P03/05"	15.15	180.27	35269.83	195.65		93.17%	
	P04/05"	15.25	182.65	33976.55	186.02		88.58%	
	P05/05"	15.20	181.46	33185.40	182.88		87.09%	
	P06/05"	15.10	179.08	32726.87	182.75		87.02%	
<b>14 Días</b>	P07/05"	15.10	179.08	37857.51	211.4	205.92	100.67%	98.05%
	P08/05"	15.20	181.46	35903.68	197.86		94.22%	
	P09/05"	15.15	180.27	36556.95	202.79		96.57%	
	P10/05"	15.25	182.65	38816.78	212.52		101.20%	
	P11/05"	15.20	181.46	35646.00	196.44		93.54%	
	P12/05"	15.10	179.08	38409.08	214.48		102.13%	
<b>28 Días</b>	P13/05"	15.25	182.65	38520.89	210.9	216.73	100.43%	103.20%
	P14/05"	15.20	181.46	37687.43	207.69		98.90%	
	P15/05"	15.10	179.08	39983.19	223.27		106.32%	
	P16/05"	15.25	182.65	40690.77	222.78		106.09%	
	P17/05"	15.20	181.46	40792.21	224.8		107.05%	
	P18/05"	15.25	182.65	38528.19	210.94		100.45%	

**Tabla N° 22**
*Resistencia a la compresión del concreto con vibrado interno de 15 segundos*

Tiempo de Curado	Probeta	Diámetro cm	Área cm <sup>2</sup>	Carga máx. kg	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Promedio kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia %	Resistencia en % Promedio
<b>7 Días</b>	P01/15"	15.25	182.65	38847.83	212.69		101.28%	97.60%
	P02/15"	15.20	181.46	37128.53	204.61		97.43%	
	P03/15"	15.20	181.46	38284.43	210.98	204.96	100.47%	
	P04/15"	15.25	182.65	35731.82	195.63		93.16%	
	P05/15"	15.30	183.85	37757.27	205.37		97.80%	
	P06/15"	15.20	181.46	36373.66	200.45		95.45%	
<b>14 Días</b>	P07/15"	15.20	181.46	44018.57	242.58		115.51%	118.87%
	P08/15"	15.20	181.46	45969.26	253.33		120.63%	
	P09/15"	15.25	182.65	47339.23	259.18	249.63	123.42%	
	P10/15"	15.20	181.46	45123.66	248.67		118.41%	
	P11/15"	15.25	182.65	46212.28	253.01		120.48%	
	P12/15"	15.35	185.06	44601.31	241.01		114.77%	
<b>28 Días</b>	P13/15"	15.25	182.65	46829.63	256.39		122.09%	127.02%
	P14/15"	15.20	181.46	48738.34	268.59		127.90%	
	P15/15"	15.20	181.46	49435.15	272.43	266.75	129.73%	
	P16/15"	15.20	181.46	48226.62	265.77		126.56%	
	P17/15"	15.25	182.65	47766.63	261.52		124.53%	
	P18/15"	15.25	182.65	50373.04	275.79		131.33%	

**Tabla N° 23**
*Resistencia a la compresión del concreto con vibrado interno de 20 segundos*

Tiempo de Curado	Probeta	Diámetro cm	Área cm <sup>2</sup>	Carga máx. kg	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Promedio kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia %	Resistencia en % Promedio
<b>7 Días</b>	P01/20"	15.20	181.46	39413.11	217.20	215.65	103.43%	102.69%
	P02/20"	15.20	181.46	41445.46	228.40		108.76%	
	P03/20"	15.20	181.46	38433.23	211.80		100.86%	
	P04/20"	15.15	180.27	39598.11	219.66		104.60%	
	P05/20"	15.25	182.65	38119.06	208.70		99.38%	
	P06/20"	15.25	182.65	38014.94	208.13		99.11%	
<b>14 Días</b>	P07/20"	15.25	182.65	47003.15	257.34	267.91	122.54%	127.57%
	P08/20"	15.20	181.46	47371.95	261.06		124.31%	
	P09/20"	15.25	182.65	50500.90	276.49		131.66%	
	P10/20"	15.20	181.46	50302.53	277.21		132.00%	
	P11/20"	15.15	180.27	48425.93	268.63		127.92%	
	P12/20"	15.25	182.65	48712.76	266.70		127.00%	
<b>28 Días</b>	P13/20"	15.20	181.46	48504.26	267.30	271.10	127.29%	129.10%
	P14/20"	15.20	181.46	50712.63	279.47		133.08%	
	P15/20"	15.20	181.46	47919.96	264.08		125.75%	
	P16/20"	15.20	181.46	48266.55	265.99		126.66%	
	P17/20"	15.15	180.27	51079.50	283.35		134.93%	
	P18/20"	15.25	182.65	48661.61	266.42		126.87%	

**Tabla N° 24**
*Resistencia a la compresión del concreto con un tiempo de vibrado interno de 25 segundos*

<b>Tiempo de Curado</b>	<b>Probeta</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Área cm<sup>2</sup></b>	<b>Carga máx. kg</b>	<b>Resistencia kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Promedio kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Resistencia %</b>	<b>Resistencia en % Promedio</b>
<b>7 Días</b>	P01/25"	15.25	182.65	27030.37	147.99	151.60	70.47%	72.19%
	P02/25"	15.30	183.85	26062.58	141.76		67.50%	
	P03/25"	15.20	181.46	28993.68	159.78		76.09%	
	P04/25"	15.25	182.65	27905.27	152.78		72.75%	
	P05/25"	15.25	182.65	28150.02	154.12		73.39%	
	P06/25"	15.30	183.85	28160.30	153.17		72.94%	
<b>14 Días</b>	P07/25"	15.25	182.65	40484.37	221.65	221.27	105.55%	105.36%
	P08/25"	15.20	181.46	39837.73	219.54		104.54%	
	P09/25"	15.25	182.65	42330.96	231.76		110.36%	
	P10/25"	15.20	181.46	38108.41	210.01		100.00%	
	P11/25"	15.25	182.65	42221.37	231.16		110.08%	
	P12/25"	15.30	183.85	39246.46	213.47		101.65%	
<b>28 Días</b>	P13/25"	15.25	182.65	44522.76	243.76	243.74	116.08%	116.06%
	P14/25"	15.30	183.85	45300.64	246.4		117.33%	
	P15/25"	15.20	181.46	44383.30	244.59		116.47%	
	P16/25"	15.20	181.46	44927.68	247.59		117.90%	
	P17/25"	15.25	182.65	44858.84	245.6		116.95%	
	P18/25"	15.30	183.85	43107.31	234.47		111.65%	

**Anexo N° 5** *Fotográficas del procedimiento para el desarrollo de la investigación*

**Gráfico N° 10** *Elección de cantera Roca Fuerte - Muestreo del agregado fino*



**Gráfico N° 11** *Elección de cantera Roca Fuerte - Muestreo del agregado grueso*



**Gráfico N° 12** *Ensayos Realizados - Contenido de humedad*



**Gráfico N° 13** *Ensayos realizados - Granulometría*



**Gráfico N° 14** *Ensayos realizados - Peso unitario volumétrico suelto y compactado del agregado grueso*



**Gráfico N° 15** *Ensayos realizados - Peso unitario volumétrico suelto y compactado del agregado fino*



**Gráfico N° 16** *Ensayos realizados - Peso específico del agregado grueso*



**Gráfico N° 17** *Ensayos realizados - Peso específico del agregado fino*



**Gráfico N° 18** *Ensayos realizados - Elaboración de especímenes de concreto*



**Gráfico N° 19** *Ensayos realizados - Curado de especímenes de concreto*



**Gráfico N° 20** *Ensayos realizados – Ruptura a la compresión de especímenes de concreto*



**Gráfico N° 21** Ensayos realizados - *Falla vertical de testigo P10-10*”

