

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



*Una Institución Adventista*

**Influencia de la adición de nanosílice ( $\text{SiO}_2$ ) y dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ )  
en las propiedades del concreto modificado con baja dosificación de  
nanopartículas**

**Autores:**

Bach. Jhonson Guzman Espinal Hinostroza

Bach. Gilberto Rimachi Araujo

**Asesor:**

Ing. Roberto Roland Yoctun Rios

Lima, setiembre de 2020

## ANEXO 07 DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

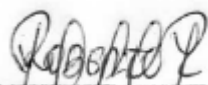
*Ing. Roberto Roland Yoctun Rios, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión*

### **DECLARO:**

Que el presente informe de investigación titulado: ***“Influencia de la adición de nanosilice (SiO<sub>2</sub>) y dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) en las propiedades del concreto modificado con baja dosificación de nanopartículas”*** constituye la memoria que presenta el Bachiller **Jhonson Guzman Espinal Hinostroza** y el Bachiller **Gilberto Rimachi Araujo** para aspirar al título de Profesional de Ingeniero civil de ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en *Lima*, a los *30 días de setiembre del año 2020*



---

Roberto Roland Yoctun Rios  
Asesor

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los **03** días día(s) del mes de **setiembre** del año 2020 siendo las **17:00** horas, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Leonel Chahuares Paucar**, el secretario: **Ing. Ferrer Canaza Rojas**... y los demás miembros: **Ing. Miguel Angel Galarreta Chávez e Ing. David Díaz Garamendi** ..... y el asesor **Ing. Roberto Roland Yoctún Rios**, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Influencia de la adición de nanosílice (SiO<sub>2</sub>) y dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) en las propiedades del concreto modificado con baja dosificación de nanopartículas".....

.....de el(los)/la(las) bachiller(es): a).....**JHONSON GUZMAN ESPINAL HINOSTROZA**.....

.....b) .....**GILBERTO RIMACHI ARAUJO**.....

.....conducente a la obtención del título profesional de

.....**INGENIERO CIVIL**.....  
(Nombre del Título Profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato (a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/a(la)(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): ..... **JHONSON GUZMAN ESPINAL HINOSTROZA** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	15.5	B -	CON NOMINACION DE BUENA	MUY BUENO

Candidato (b): ..... **GILBERTO RIMACHI ARAUJO** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	16	B	CON NOMINACION DE BUENA	MUY BUENO

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
Presidente  
Mg. Leonel Chahuares  
Paucar

  
\_\_\_\_\_  
Secretario  
Ing. Ferrer Canaza  
Rojas

\_\_\_\_\_  
Asesor  
Ing. Roberto Roland  
Yoctún Rios

\_\_\_\_\_  
Miembro  
Ing. Miguel Galarreta  
Chávez

\_\_\_\_\_  
Miembro  
Ing. David Díaz  
Garamendi

\_\_\_\_\_  
Candidato/a (a)

\_\_\_\_\_  
Candidato/a (b)

## **DEDICATORIA**

Con mucho aprecio, a mis padres Guzman  
Espinal Huamani y Yudith Hinostriza  
Espinal por su sacrificio y apoyo  
durante mi carrera profesional,  
y a mis amigos más cercanos.

*Jhonson*

Dedico esta investigación a Dios,  
por brindarme sabiduría y salud,  
a mi madre por su apoyo incondicional,  
por su amor, motivación y comprensión,  
y finalmente a mi asesor por la paciencia en  
todo el proceso desarrollado.

*Gilberto*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres: Guzman Espinal Huamani y Yudith Hinostroza Espinal, por su apoyo y confianza en todo momento para finalizar este trabajo de investigación.

A mi asesor, Ing. Roberto Roland Yoctun Rios, por su apoyo y dedicación para el desarrollo de esta investigación y por ayudarme a cumplir uno de mis objetivos.

A la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por haberme brindado el tiempo y espacio para el desarrollo de esta investigación.

Al Ing. Elías Felipe Tala Alca por su apoyo brindado en el Laboratorio de Concreto y Ensayo de Materiales de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

A la Ing. Fiorela Zapata Antesana por su apoyo brindado en el Laboratorio de concreto y ensayo de materiales.

A mis dictaminadores: Ing. Miguel Angel Galarreta Chavez y Ing. Reymundo Jaulis Palomino, por el tiempo brindado durante las revisiones de esta investigación

*Jhonson*

A mi madre, por sus consejos y palabras de aliento que me han ayudado a crecer como persona y luchar por lo que quiero gracias por enseñarme valores que me han llevado alcanzar una gran meta.

A mis amigos, gracias por su apoyo y por estar en los momentos más importantes de mi vida. Este logro también es de ustedes.

*Gilberto*

## ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I. EL PROBLEMA .....	3
1.1 Identificación del problema.....	3
1.2 Formulación del problema.....	4
1.3 Objetivos de la investigación .....	5
1.4 Delimitación del problema .....	6
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	7
2.1 Antecedentes .....	7
2.2 Base teórica científica .....	11
2.3 Definición de términos básicos.....	37
2.4 Hipótesis .....	40
2.5 Variables, operacionalización.....	40
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
3.1 Metodología .....	43
3.2 Población y muestra.....	43
3.3 Lugar de Ejecución .....	46
3.4 Materiales y Equipos .....	46
3.5 Metodología experimental .....	47
3.6 Diseño experimental .....	78
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	80
4.1 Propiedades físicas de los agregados.....	80
4.2 Propiedades del concreto en estado fresco.....	84

4.3	Propiedades del concreto en estado endurecido.....	88
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		104
5.1	Conclusiones .....	104
5.2	Recomendaciones .....	105
REFERENCIAS.....		106
ANEXOS.....		109

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Proporciones de los componentes del concreto (Pasquel, 2018) .....	12
<b>Tabla 2.</b> Índice de consumo interno de cemento (INEI, 2018).....	13
<b>Tabla 3.</b> Contenido de porcentaje típico de óxidos en el cemento (Pasquel, 2018) .....	15
<b>Tabla 4.</b> Composición química (Chinen, 2002) .....	16
<b>Tabla 5.</b> Clasificación por grupos de cemento .....	17
<b>Tabla 6.</b> Límites permisibles para el agua de mezcla y curado NTP 339.088 .....	18
<b>Tabla 7.</b> Requisitos granulométricos del agregado fino (Harmsen, 2005) .....	18
<b>Tabla 8.</b> Porcentaje que pasa por los tamices normalizados (NTP 400.037) .....	20
<b>Tabla 9.</b> Clasificación de aditivos (ASTM C 494) .....	21
<b>Tabla 10.</b> Materiales usados en la nanotecnología (López y Mamani, 2017) .....	27
<b>Tabla 11.</b> Asentamientos recomendados para estructuras .....	32
<b>Tabla 12.</b> Volumen de agua por m <sup>3</sup> agua en litros/m <sup>3</sup> para TMN de agregados y consistencia indicada.....	33
<b>Tabla 13.</b> Contenido de aire atrapado.....	33
<b>Tabla 14.</b> Contenido de aire incorporado.....	34
<b>Tabla 15.</b> Relación agua y cemento por resistencia, para f'cr .....	34
<b>Tabla 16.</b> Condiciones especiales de exposición.....	35
<b>Tabla 17.</b> Peso del agregado grueso por unidad de volumen de concreto (b/bo).....	36
<b>Tabla 18.</b> Valores de t con porcentajes (Pasquel, 1998).....	44
<b>Tabla 19.</b> Desviación estándar para diferentes grados de control (kg/cm <sup>2</sup> ) (Pasquel,1998) .....	44
<b>Tabla 20.</b> Coeficiente de variación para diferentes grados de control (%) .....	45

<b>Tabla 21.</b> Cantidad de muestras a elaborar .....	45
<b>Tabla 22.</b> Cantidad de muestras ensayo resistencia a la tracción.....	46
<b>Tabla 23.</b> Cantidad mínima de la muestra para determinar porcentaje de humedad ...	49
<b>Tabla 24.</b> Pesos requeridos según el T.M.N. del agregado grueso.....	52
<b>Tabla 25.</b> Tamices usados en el ensayo de granulometría .....	52
<b>Tabla 26.</b> Cálculo de análisis granulométrico por tamizado agregado grueso.....	53
<b>Tabla 27.</b> Curva granulométrica con los husos inferior y superior .....	54
<b>Tabla 28.</b> Tamices usados para el ensayo de granulometría .....	55
<b>Tabla 29.</b> Cálculo de análisis granulométrico por tamizado agregado fino.....	56
<b>Tabla 30.</b> Requisitos granulométricos del agregado fino (NTP 400.037) .....	56
<b>Tabla 31.</b> Volumen del recipiente de acuerdo al T.M.N.....	58
<b>Tabla 32.</b> Presentacion de datos de P.U.S. y P.U.C.del agregado fino.....	59
<b>Tabla 33.</b> Volumen del recipiente de acuerdo al T.M.N.....	60
<b>Tabla 34.</b> Volumen del recipiente de acuerdo al T.M.N.....	61
<b>Tabla 35.</b> Presentación de datos de P.U.S. y P.U.C. del agregado grueso.....	62
<b>Tabla 36.</b> Volumen del recipiente de acuerdo al T.M.N.....	63
<b>Tabla 37.</b> Presentación de datos de gravedad específica y absorción agregado fino ..	67
<b>Tabla 38.</b> Cantidad mínima de muestra .....	68
<b>Tabla 39.</b> Presentación de datos de gravedad específica y absorción agregado grueso.....	70
<b>Tabla 40.</b> Diseño de mezcla del concreto con nanoparticulas.....	71
<b>Tabla 41.</b> Dosificación de concreto por m <sup>3</sup> inc. nanopartículas .....	71

<b>Tabla 42.</b> Tamaño del recipiente en función al TMN del agregado .....	73
<b>Tabla 43.</b> Formato de presentación de datos de peso unitario del concreto fresco.....	75
<b>Tabla 44.</b> Esquema de la cantidad de muestras .....	79
<b>Tabla 45.</b> Resumen de cantidad de muestras para resistencia a la tracción.....	79
<b>Tabla 46.</b> Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso .....	80
<b>Tabla 47.</b> Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso .....	81
<b>Tabla 48.</b> Gravedad específica y absorción del agregado grueso.....	81
<b>Tabla 49.</b> Resumen de las Propiedades mecánicas del Agregado Grueso.....	82
<b>Tabla 50.</b> Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino .....	82
<b>Tabla 51.</b> Peso unitario suelto y compactado del agregado fino .....	83
<b>Tabla 52.</b> Gravedad específica y absorción del agregado fino.....	83
<b>Tabla 53.</b> Resumen de las Propiedades mecánicas del Agregado fino.....	83
<b>Tabla 54.</b> Valores del ensayo NTP 339.035 con adición de SiO <sub>2</sub> .....	84
<b>Tabla 55.</b> Valores del ensayo NTP 339.035 con adición de TiO <sub>2</sub> .....	85
<b>Tabla 56.</b> Valores del ensayo NTP 339.035 con adición de SiO <sub>2</sub> + TiO <sub>2</sub> .....	85
<b>Tabla 57.</b> Valores del ensayo NTP 339.046 con adición de SiO <sub>2</sub> .....	86
<b>Tabla 58.</b> Valores del ensayo NTP 339.046 con adición de TiO <sub>2</sub> .....	86
<b>Tabla 59.</b> Valores del ensayo NTP 339.046 con adición de SiO <sub>2</sub> + TiO <sub>2</sub> .....	87
<b>Tabla 60.</b> Resultados de la Resistencia a la compresión por cada adición de SiO <sub>2</sub> y según la edad del concreto.....	89
<b>Tabla 61.</b> Resumen de los promedios de la Resistencia a Compresión según la edad	89
<b>Tabla 62.</b> Resultados de la Resistencia a la compresión por cada adición de TiO <sub>2</sub> y según la edad del concreto.....	92

<b>Tabla 63.</b> Resumen de los promedios de la Resistencia a Compresión según la edad	92
<b>Tabla 64.</b> Resultados de la Resistencia a la compresión por cada adición de $\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2$ y según la edad del concreto .....	95
<b>Tabla 65.</b> Resumen de los promedios de la Resistencia a Compresión según la edad	95
<b>Tabla 66.</b> Resultados de la Resistencia a la tracción por cada adición de $\text{SiO}_2$ y según la edad del concreto .....	97
<b>Tabla 67.</b> Resumen de los promedios de la Resistencia a tracción según la edad .....	98
<b>Tabla 68.</b> Resultados de la Resistencia a la tracción por cada adición de $\text{TiO}_2$ y según la edad del concreto .....	99
<b>Tabla 69.</b> Resumen de los promedios de la Resistencia a tracción según la edad .....	99
<b>Tabla 70.</b> Resultados de la Resistencia a la tracción por cada adición de $\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2$ y según la edad del concreto .....	101
<b>Tabla 71.</b> Resumen de los promedios de la Resistencia a tracción según la edad ....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Componentes del concreto (Abanto, 2017) .....	11
<b>Figura 2.</b> Consumo interno del cemento (INEI, 2018).....	14
<b>Figura 3.</b> Influencia de la relación agua/cemento (Ottazi, 2004) .....	23
<b>Figura 4.</b> Influencia de la relación agua/cemento (Ottazzi, 2004) .....	24
<b>Figura 5.</b> Ensayo de compresión diametral (Ottazzi,2004) .....	25
<b>Figura 6.</b> Modelo físico simplificado de la hidratación del cemento Portland (Raki et al., 2010 y citado por Barón y Mercado, 2012).....	29
<b>Figura 7.</b> Diagrama de flujo de metodología experimental.....	48
<b>Figura 8.</b> Curva granulométrica del agregado fino .....	57
<b>Figura 11.</b> Peso unitario del concreto en estado fresco con adiciones de SiO <sub>2</sub> .....	86
<b>Figura 12.</b> Peso Unitario del Concreto en estado Fresco con adiciones de TiO <sub>2</sub> .....	87
<b>Figura 13.</b> Peso Unitario del Concreto en Estado Fresco con adiciones de SiO <sub>2</sub> + TiO <sub>2</sub> .....	87
<b>Figura 14.</b> Resumen del ensayo de resistencia a la compresión .....	90
<b>Figura 15.</b> Resumen de la resistencia a la compresión de las diferentes adiciones del SiO <sub>2</sub> .....	90
<b>Figura 16.</b> Resumen de la resistencia a la compresión de las diferentes adiciones del SiO <sub>2</sub> .....	91
<b>Figura 17.</b> Resumen del ensayo de resistencia a la compresión según sus edades ...	93
<b>Figura 18.</b> Resumen de la resistencia a la compresión de las diferentes adiciones del TiO <sub>2</sub> .....	93
<b>Figura 19.</b> Resumen de la resistencia a la compresión de las diferentes adiciones del TiO <sub>2</sub> .....	94

<b>Figura 20.</b> Resumen del ensayo de resistencia a la compresión según sus edades ....	96
<b>Figura 21.</b> Resumen de la resistencia a la compresión de las diferentes adiciones del SiO <sub>2</sub> + TiO <sub>2</sub> .....	96
<b>Figura 22.</b> Resumen de la resistencia a la compresión de las diferentes adiciones del SiO <sub>2</sub> + TiO <sub>2</sub> .....	97
<b>Figura 23.</b> Resumen del ensayo de resistencia de tracción según sus edades de la adición de SiO <sub>2</sub> .....	98
<b>Figura 24.</b> Resumen de la Resistencia de tracción de las diferentes adiciones del SiO <sub>2</sub> .....	98
<b>Figura 25.</b> Resumen de la Resistencia de tracción las diferentes adiciones del SiO <sub>2</sub> ..	99
<b>Figura 26.</b> Resumen del ensayo de resistencia de tracción según sus edades de la adición de TiO <sub>2</sub> .....	100
<b>Figura 27.</b> Resumen de la Resistencia de tracción de las diferentes adiciones del TiO <sub>2</sub> .....	100
<b>Figura 28.</b> Resumen de la Resistencia de tracción las diferentes adiciones del TiO <sub>2</sub>	101
<b>Figura 29.</b> Resumen del ensayo de resistencia de tracción según sus edades de la adición de SiO <sub>2</sub> + TiO <sub>2</sub> .....	102
<b>Figura 30.</b> Resumen de la Resistencia de tracción de las diferentes adiciones del SiO <sub>2</sub> +TiO <sub>2</sub> .....	102
<b>Figura 31.</b> Resumen de la Resistencia de tracción las diferentes adiciones del SiO <sub>2</sub> +TiO <sub>2</sub> .....	103

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Panel fotografico .....	109
<b>Anexo 2.</b> Ensayo de los agregados .....	109
<b>Anexo 3.</b> Diseño de mezclas por cada porcentaje de adición.....	109
<b>Anexo 4.</b> Resultados de los ensayos a compresión .....	109
<b>Anexo 5.</b> Resultados de compresión diametral.....	109

## SÍMBOLOS

**N.T.P.:** Norma técnica peruana

**A.C.I.:** American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto)

**ASTM.:** American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana de Prueba)

**a/c:** Relación agua: cemento

**n:** Tamaño de muestra

**SD:** Desviación estándar

**t:** Coeficiente de confiabilidad

**e:** Error definido por un especialista

**f'c=** Resistencia a la compresión

**f'cr=** Resistencia a la compresión por resistencia.

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación está enfocado en el estudio de la adición de diferentes tratamientos de nanopartículas de dióxido de silicio y titanio a porcentajes de (0.5%, 1.0% y 1.5%) respecto al peso del cemento, en base a un concreto patrón (CP) ambos concretos fueron diseñados con un aditivo superplastificante, la investigación se basa en determinar la influencia de la adición de estos nanomateriales en las propiedades en estado fresco y endurecido del concreto en base a un concreto patrón, los ensayos se realizaron a los 7, 14 y 28 días.

De los resultados obtenidos muestran que a los 14 días el concreto con una adición de 0.5% y 1.0% de dióxido de silicio alcanzo una resistencia  $f'c=384.06 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=377.21 \text{ kg/cm}^2$  y a los 28 días un  $f'c=393.84 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=394.85 \text{ kg/cm}^2$ , siendo un incremento con respecto al concreto patrón de un 4%, la resistencia a la compresión del concreto seguirá en aumento hasta los 90 días por tratarse de un concreto de alta resistencia. Se concluye que el porcentaje de adición es de 0.5% hubo aumento sus propiedades del concreto en su estado endurecido. La adición de dióxido de silicio influye de manera positiva en las propiedades en estado fresco como endurecido, siendo la adición 0.5% la más óptima ya que con estos valores tenemos más tendencia a acercarnos a la resistencia de diseño.

De los resultados obtenidos muestran que a los 7 días el concreto con una adición de 1.0% de dióxido de titanio alcanzo una resistencia  $f'c=308.31 \text{ kg/cm}^2$  y a los 28 días un  $f'c=407.16 \text{ kg/cm}^2$ , siendo un incremento en su resistencia a la compresión de 1% y 1.12% en la resistencia a la tracción. Se concluye que la adición óptima de dióxido de titanio es de 1.0%, asimismo al aplicar dióxido de titanio mejora su pigmentación blanca.

**Palabras clave:** Dióxido de silicio, dióxido de titanio, concreto patrón, propiedades



## ABSTRACT

The objective of this research is focused on the study of the addition of different treatments of silicon and titanium dioxide nanoparticles (0.5%, 1.0% and 1.5%) regarding the weight of the cement, based on a standard concrete (CP), both concretes were designed with a Superplasticizer additive, the research is based on determining the influence of the addition of these nanomaterials on the properties in the fresh and hardened state of the concrete based on a standard concrete, the tests were carried out at 7, 14 and 28 days.

From the results obtained they show that at 14 days the concrete with an addition of 0.5% and 1.0% of silicon dioxide reached a resistance  $f'c = 384.06 \text{ kg / cm}^2$  and  $f'c = 377.21 \text{ kg / cm}^2$  and at 28 days a  $f'c = 393.84 \text{ kg / cm}^2$  and  $f'c = 394.85 \text{ kg / cm}^2$ , being an increase with respect to the standard concrete of 4%, the compressive strength of the concrete will continue to increase until 90 days because it is a concrete high resistance. It is concluded that the addition percentage is 0.5%, there was an increase in its properties of the concrete in its hardened state. The addition of silicon dioxide positively influences the properties in the fresh as well as hardened state, the 0.5% addition being the most optimal since with these values we have a greater tendency to approach design resistance.

From the results obtained they show that after 7 days the concrete with an addition of 1.0% of titanium dioxide reached a resistance  $f'c = 308.31 \text{ kg / cm}^2$  and at 28 days an  $f'c = 407.16 \text{ kg / cm}^2$ , being an increase in its compressive strength of 1% and 1.12% in tensile strength. It is concluded that the optimal addition of titanium dioxide is 1.0%, also when applying titanium dioxide improves its white pigmentation.

**Key words:** Silicon dioxide, titanium dioxide, standard concrete, properties

## **CAPITULO I. EL PROBLEMA**

### **1.1 Identificación del problema**

El concreto, un material muy utilizado en la construcción alrededor del mundo, ha sido poco estudiado durante los últimos años y existen pocas referencias que describen los beneficios de la adición de nanoaditivos en su elaboración. Actualmente, se desea tener concretos con más resistencia mecánica para construir edificios altos en espacios más pequeños, especialmente en las grandes ciudades donde la presión del crecimiento poblacional es cada vez mayor (Márquez, 2018).

En las regiones alto andinas los ataques de carbonatación, cloruros, sulfatos y ciclos de congelamiento y deshielo, afectan a la mayoría de viviendas, lo cual tiene mucha importancia en la economía nacional en énfasis en estas zonas del país, en donde las estructuras de concreto no cumplen con su vida útil para la cual fueron diseñadas (López y Mamani, 2017).

Por otro lado, es necesario enfocar que, durante el diseño de mezclas, desde un punto de vista resistente sino también desde el punto de vista durable frente a los agentes medioambientales y agresivos a los que puedan estar sometidas. Asimismo, el concreto es el material más utilizado desde años anteriores en el sector construcción, el sector de la industria cementera es responsable de la emisión de 5 - 8% de dióxido de carbono (Mamani, 2017). Por esta razón una de las preocupaciones a la que enfrenta la industria cementera, se enfrenta a la mejora en sus procesos industriales o de sus materias primas (Linton, 2015). En la actualidad con la ayuda de la nanotecnología, se está trabajando a nivel molecular, átomo por átomo con el único fin de crear obras civiles desde un enfoque y una nueva organización molecular.

Sanjuan y Castro (2001) señalan las posibles causas sobre los problemas de durabilidad en elementos de concreto, los cuales se atribuyen que el 16,2% se debe a la calidad de los materiales, 38.5% errores de ejecución y más del 40% a errores de diseño. Dado que las

nanopartículas presentan propiedades físicas y químicas excepcionales, éstas han sido aplicadas para fabricar nuevos materiales

El concreto puede presentar deterioros por las condiciones ambientales en la que se encuentra, estos deterioros se pueden clasificar como: físico, químico, biológico y estructural. Asimismo, el tiempo, los distintos procedimientos que se realizaron durante la elaboración, la calidad de los materiales y la exposición al medio ambiente agresivo, por lo cual se han puesto en evidencia sus debilidades. Además, la durabilidad en las estructuras de concreto es un tema muy amplio, en donde la intervención del número de variables que mencionan (Sanjuan y castro, 2001). Por lo tanto, en los últimos años se ha puesto a discusión el estudio de la durabilidad del concreto, los estudios más recientes dan a conocer los procesos mecánicos asociados al cambio de volumen.

El objetivo de esta investigación fue determinar la influencia de la adición de nanosílice ( $\text{SiO}_2$ ) y dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) en las propiedades del concreto modificado con baja dosificación de nanopartículas en estado fresco y endurecido.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

**PG** ¿De qué manera influye la adición de nanosílice ( $\text{SiO}_2$ ) y dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) en las propiedades del concreto modificado con baja dosificación de nanopartículas?

### **1.2.2 Problemas específicos**

**PE1** ¿De qué manera influye la adición de nanosílice ( $\text{SiO}_2$ ) y dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) en las propiedades del concreto en estado fresco con baja dosificación de nanopartículas?

**PE2** ¿De qué manera influye la adición de nanosílice ( $\text{SiO}_2$ ) en las propiedades del concreto en estado endurecido con baja dosificación de nanopartículas?

**PE3** ¿De qué manera influye la adición de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) en las propiedades del concreto en estado endurecido con baja dosificación de nanopartículas?

**PE4** ¿De qué manera influye la adición de nanosílice ( $\text{SiO}_2$ ) y dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) en las propiedades del concreto en estado endurecido con baja dosificación de nanopartículas?

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general**

**OG** Determinar la influencia de la adición de nanosílice ( $\text{SiO}_2$ ) y dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) en las propiedades del concreto modificado con baja dosificación de nanopartículas.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

**OE1** Determinar la influencia de la adición de nanosílice ( $\text{SiO}_2$ ) y dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) en las propiedades del concreto en estado fresco con baja dosificación de nanopartículas.

**OE2** Determinar la influencia de la adición de nanosílice ( $\text{SiO}_2$ ) en las propiedades del concreto en estado endurecido con baja dosificación de nanopartículas.

**OE3** Determinar la influencia de la adición de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) en las propiedades del concreto en estado endurecido con baja dosificación de nanopartículas.

**OE4** Determinar la influencia de la adición de nanosílice ( $\text{SiO}_2$ ) y dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) en las propiedades del concreto en estado endurecido con baja dosificación de nanopartículas.

## **1.4 Delimitación del problema**

### **1.4.1 Espacial**

El proyecto de investigación se realizó en el Laboratorio de Ensayo de Materiales pertenecientes a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura (FIA) de la Universidad Peruana Unión (UPeU) (Km 19.5 Carretera Central, Ñaña-Lima).

- Se limita a la ciudad de Lima.
- Se limita al uso del cemento Portland Tipo I.
- Se limita al uso del agregado fino y grueso proveniente de la cantera Unicón.
- Se limita sólo a la verificación del Slump con el cono de abrams, más no a su control durante la elaboración del concreto  $f'c$  350  $kg/cm^2$  modificado mediante la incorporación de nanomateriales, 0.5%, 1.0% y 1.5%.
- Se limita a la elaboración y evaluación de probetas cilíndricas de dimensiones 15 cm de diámetro x 30 cm de altura, de una resistencia mínima de  $f'c$  350  $Kg/cm^2$  al ser adicionado con nanomateriales.
- Se limita a la evaluación de probetas en el ensayo de la resistencia a la compresión, a los 7, 14 y 28 días.

### **1.4.2 Temporal**

El desarrollo del proyecto de investigación se desarrolló durante los meses comprendidos entre octubre y diciembre del año 2019.

## **CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **2.1 Antecedentes**

#### **2.1.1 Antecedentes nacionales**

López y Mamani (2017), en su tesis titulada “Influencia del nanosilice y superplastificante en la durabilidad del concreto sometidos a ciclos de congelamiento y deshielo de la ciudad de Puno”, sustentada en la Universidad Nacional del Altiplano, Juliaca - Puno, Perú. Esta investigación tuvo como objetivo principal determinar la influencia del nanosilice y superplastificante (AQUA 206) en la durabilidad del concreto sometido a ciclos de congelamiento y deshielo; donde usaron cemento portland puzolánico tipo IP. La relación agua-cemento fue menor a 0.56, además se investigaron dos grupos de muestra de asignación aleatoria: un grupo de concreto patrón (CP), con relación agua cemento fue de 0.56 y el Slump de 6 a 7 pulgadas, y el otro grupo con adición en porcentajes de 0.5; 1.0 y 1.5% de nanosílice con respecto al peso del cemento. En base a los resultados, se demostró que a mayor adición de nanosílice disminuyó la porosidad del concreto y aumentó su resistencia a compresión, lo que evidenció su durabilidad. La adición óptima fue de 1.5% de nanosílice de 490.72 kg/cm<sup>2</sup> al tiempo de 28 días y 516.62 kg/cm<sup>2</sup> al tiempo de 56 días. En conclusión, el nanosílice mejoró las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, excepto en la trabajabilidad del concreto al 1.5%.

Larico (2019), en su tesis designada “Influencia del uso del nanosílice en la resistencia a la compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra, en la ciudad de Juliaca, 2018”, sustentada en la Universidad Peruana Unión, Juliaca, Puno, Perú. Tuvo como objetivo principal verificar la variación de la resistencia a la compresión de un concreto patrón y otro con nanosilice, y un concreto patrón simulando condiciones de curado en obra, se elaboró un concreto patrón y un concreto modificado con nanosilice a diferentes porcentajes (0.5%, 1.0% y 1.5%), para simular el curado en obra se roció 2 veces al día durante 7 días. Los resultados del concreto patrón fueron inferiores en un 25.19% a la resistencia de diseño, mientras que el

concreto modificado a los distintos porcentajes obtuvo una resistencia a la compresión superior a la de diseño en un 16.35%, 47.39% y 40.26%. La adición óptima fue de 0.5%.

Loaysa (2017), en su tesis designada “Influencia del nanosilice en el concreto con agregado angular y agregado redondeado”, sustentada en la Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. Esta investigación tuvo como objetivo principal analizar la influencia del nanosilice sobre las propiedades en estado fresco y estado endurecido del concreto con agregado angular y redondeado preparados con cemento Portland Tipo I, con una relación agua cemento de 0.40, con piedra de TMN de 1/2” para ambos tipos de agregados, el porcentaje de adición de nanosilice fue de 0.5, 1.0 y 1.2%. En las propiedades del concreto en estado fresco se trabajó con un slump de 7” para un concreto patrón, con el incremento del aditivo se obtuvo asentamientos superiores a 10”, la trabajabilidad aumento en un 57% su asentamiento para el concreto con agregado angular (CPA) y 46% para el concreto con agregado redondeado (CPR). La extensibilidad mejoro en ambos concretos el CPR con 47cm, el que tuvo un mejor comportamiento para una adición de 1.2%. La dosis óptima de 1.0% de aditivo, el aditivo de nanosilice pueden mejorar las propiedades en estado fresco o endurecido.

Escobedo (2014), en su tesis designada “Incidencia de la nanosilice en la resistencia mecánica de un concreto de alta resistencia con Cemento Portland tipo 1”, sustentada en la Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca - Perú. Tuvo como objetivo principal determinar la incidencia de nanosilice en la resistencia mecánica de un concreto de alta resistencia con cemento portland tipo I.; se estudió en la presente investigación estudia los concretos de alta resistencia preparados con diferentes adiciones de Nanosilice de (0.5, 1.5 y 3.0%), en base a un concreto patrón, diseñada con un aditivo superplastificante con una dosis del 1% en función del peso del cemento, los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días el concreto con una adición de 1.5% alcanzó la resistencia máxima de  $f'c=619.97\text{kg/cm}^2$  y a los 28 días un  $f'c=785.30\text{kg/cm}^2$  siendo un aumento en un 15% respecto al CP, asimismo Se concluye que la dosis óptima de Nanosilice es de 1.5%, ya que con el 0.5% no hubo aumento de la resistencia y con el 3.0%.

Ramírez (2018), en su tesis designada “Concreto liviano de alta resistencia empleando nanosílice y puzolana natural en el Perú”, sustentada en la Universidad Nacional Federico Villareal, Lima - Perú. Tuvo como objetivo principal determinar la dosificación de los materiales a fin de obtener concretos livianos de alta resistencia (satisfaciendo la denominación de liviana del ACI 211.2-98 y de alta resistencia del ACI 363.2R), a través de las recomendaciones técnicas ACI, ASTM y/o procesos nuevos; ha recurrido al empleo de un producto de nanotecnología, la nanosílice o nano SiO<sub>2</sub>. Se consiguió que a los 56 días de edad con una densidad de equilibrio de 1827 kg/m<sup>3</sup> y una densidad seca de 1776 kg/m<sup>3</sup>, una resistencia a la compresión de 891 kg/cm<sup>2</sup> para uno de los diseños propuestos y cuatro han alcanzado la denominación de alta resistencia y peso ligero a los 3 días.

Saavedra (2019), en su tesis designada “Análisis de la influencia de la nanosílice en la resistencia y costo de producción de concretos convencionales elaborados con cementos yura tipo I y IP en la ciudad de Arequipa - 2019”, sustentada en la Universidad Católica de Santa María, Perú. Tuvo como objetivo principal analizar la influencia de la adición de nanosílice en las propiedades en estado fresco y endurecido, así también se analizó el costo de producción de concretos convencionales elaborados con cemento Yura tipo I y IP, en la ciudad de Arequipa; en la investigación estudio la influencia del nanosílice en las propiedades del concreto fresco y endurecido de concretos convencionales de resistencia a la compresión de 420 kg/cm<sup>2</sup>, usando cemento Yura tipo I y Yura tipo IP y agregados de la cantera “La Poderosa”, con el fin de determinar si usando nanosílice en dosis de 0.5% y 0.7%. Se realizaron con relaciones de a/c de 0.65, 0.60 y 0.55, asimismo Saavedra menciona que la nanosílice si influye notablemente en las propiedades en estado fresco y endurecido del concreto. La resistencia a la compresión, tracción y abrasión se benefician con el cemento Yura tipo I, Con el cemento Yura tipo IP el incremento en la resistencia a la compresión fue de 12.70% respecto al patrón y se observó en un concreto con relación a/c 0.55 y dosis de nanosílice al 0.7%.

### 2.1.2 Antecedentes Internacionales

Alcaraz (s.f.), en su tesis designada “Microestructura del hormigón con adición de nano sílice”, sustentada en la Universidad Politécnica de Cartagena, España. Tuvo como objetivo principal dar a conocer cómo se desarrolla el hormigón a nivel microestructural, conociendo los pros y contras de las adiciones más usadas y cómo mejoran la microestructura del hormigón y la vida útil, asimismo la adición de nano sílice mejora el comportamiento mecánico de los cementos, morteros y hormigones estudiados, menciona que el contenido óptimo de la adición del NS es aún controversia, porque pueden depender de la relación agua cemento, la resistencia a compresión y a flexión de hormigones con nano sílice es mayor que el valor de diseño. Los estudios SEM muestran que las partículas de nano sílice no solo actúan como activadores de hidratación sino también como fillers, estos rellenan poros de tamaño nanométrico produciendo una densificación de la microestructura. Las propiedades como la trabajabilidad, viscosidad, tiempo inicial y final del fraguado disminuyen con el incremento de la cantidad de NS.

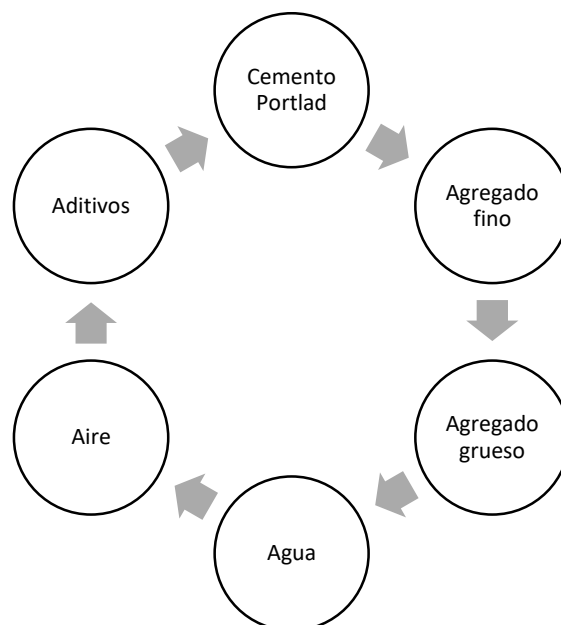
Jiménez y Moreno (2016), en su tesis designada “Efecto del reemplazo de cemento Portland por el dióxido de Titanio en las propiedades mecánicas del mortero”, sustentada en la Pontificia Universidad Javeriana en Cali, Colombia. Tuvo como objetivo principal evaluar el efecto de las propiedades del mortero con reemplazo del cemento Portland por  $\text{TiO}_2$ ; se realizó adiciones de 5, 7.5 y 8.5%. El mortero con una adición de 5% de  $\text{TiO}_2$  obtuvo un incremento en la resistencia a la compresión de hasta 6%. Los morteros de 7.5 y 8.5% disminuyeron en un 6%. Además, menciona que a mayor adición de  $\text{TiO}_2$  la mezcla tiende a ser menos manejable, se demostró que el mortero con 5% de  $\text{TiO}_2$  en reemplazo del cemento portland es un 3% más caro respecto al mortero tradicional.

## 2.2 Base teórica científica

### 2.2.1 Concreto

#### 2.2.1.1 Generalidades

El concreto es una estructura compuesta por cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, agua, aire y en algunos casos aditivos (Figura 1) (Abanto, 2017). Según el Manual de preparación y colocación del concreto (2014), el concreto es un producto artificial que posee un medio ligante, la mezcla del agua con cemento, donde se encuentran partículas de diferentes tamaños que son los agregados y que mediante proporciones adecuadas se puede obtener un elemento que cumpla propiedades de durabilidad y de resistencia a la compresión (Abanto, 2017).



**Figura 1. Componentes del concreto (Abanto, 2017)**

El medio ligante o pasta es generada por la combinación química del cemento con el agua, a esta fase se la conoce como fase continua del concreto y la fase discontinua es el agregado porque las partículas están separadas por la pasta endurecida, esta pasta influye de manera directa en el concreto endurecido, separando las partículas del agregado para llenar los vacíos que existen entre cada uno de ellos y lubricando la masa mientras se endurece (Guido, 2018).

Por otro lado, el Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma E-060 define a los tipos de concreto como:

- Concreto: es una mezcla de cemento Portland o cualquier otro con agregado fino, agregado grueso, agua y aditivos.
- Concreto estructural: concreto usado con un fin estructural, puede ser concreto simple o reforzado.
- Concreto armado o reforzado: concreto estructural reforzado que debe tener una cantidad mínima de acero.
- Concreto simple: concreto estructural con menos armadura de refuerzo que el especificado o sin armadura de refuerzo.

Asimismo, Pasquel (2018) indica que inicialmente el concreto posee una estructura moldeable y plástica y que posteriormente después de ser hidratado adquiere una consistencia rígida debido a la adhesión química de sus componentes. En la Tabla 1 se presentan las proporciones típicas de los componentes del concreto.

**Tabla 1.** Proporciones de los componentes del concreto (Pasquel, 2018)

<b>Componente</b>	<b>Volumen absoluto (%)</b>
Aire	1% - 3%
Cemento	7% - 15%
Agua	15% - 22%
Agregados	60% - 75%

### **2.2.1.2 Consumo interno y producción del cemento**

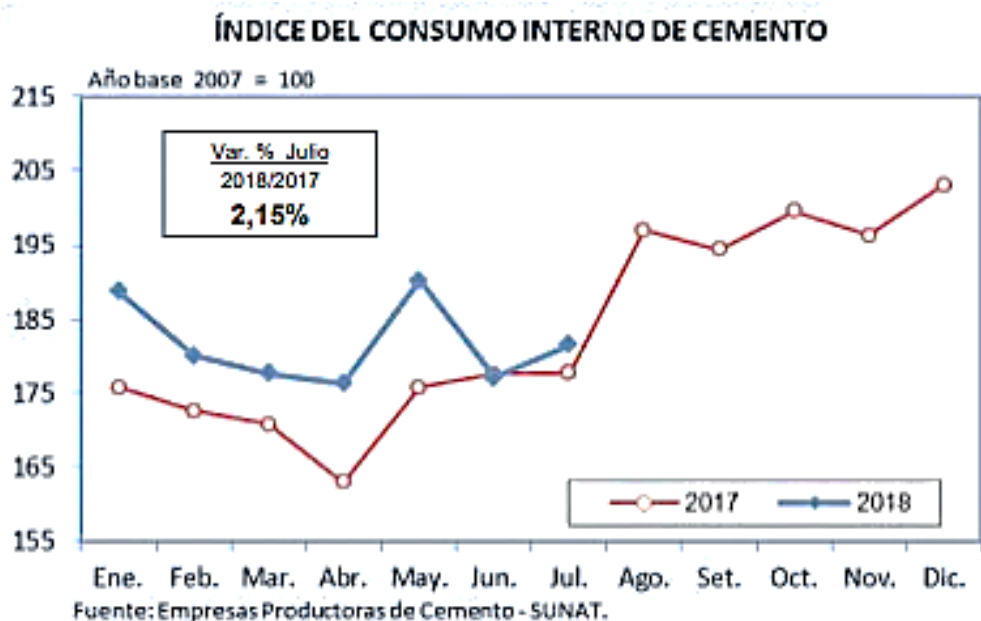
En los últimos años, en julio de 2018 el consumo interno de cemento se incrementó en 2.15% (Tabla 2), debido al aumento de obras de construcción en el sector privado. Se desarrollaron obras de construcción de edificios para oficinas, centros comerciales, condominios, edificios de

vivienda multifamiliar, entre otros. En la Figura 2 se observa el índice de consumo interno (Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2018).

En el año 2019 el consumo nacional creció en 4.7% (11724 toneladas) frente a las 11201 toneladas consumidas en el 2018 (Figura 3). Por otro lado, la producción de cemento fue de 10574 toneladas, creciendo un 5.2% respecto al año anterior (Asociación de Productores de Cemento (Asocem), 2020).

**Tabla 2. Índice de consumo interno de cemento (INEI, 2018)**

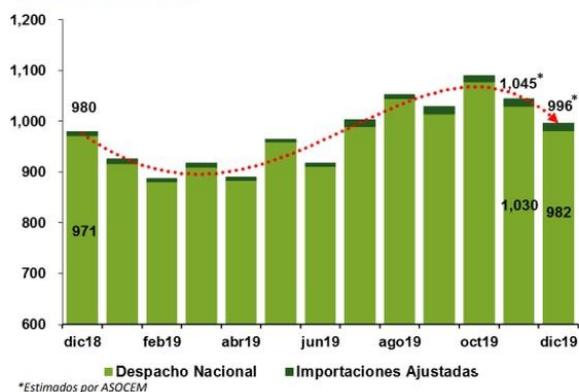
<b>Mes</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>Var. % 2018/2017</b>
Enero	188.7	175.7	188.7	7.41
Febrero	181.4	172.6	180.0	4.31
Marzo	181.3	170.7	177.7	4.08
Abril	179.6	162.9	176.2	8.17
Mayo	179.3	175.7	190.3	8.29
Junio	172.5	177.6	177.1	0.28
Julio	147.4	177.7	181.5	2.15
Agosto	190.1	197.0	-	-
Setiembre	186.3	194.4	-	-
Octubre	187.0	199.6	-	-
Noviembre	189.0	196.3	-	-
Diciembre	190.0	203.1	-	-
<b>Promedio</b>	<b>183.3</b>	<b>183.6</b>	<b>-</b>	<b>-</b>



**Figura 2. Consumo interno del cemento (INEI, 2018)**

## Consumo Nacional de Cemento

(En Miles de TM)



Consumo			
Mes	2019	2018	Var %
Enero	927	922	0.5%
Febrero	888	856	3.7%
Marzo	918	887	3.5%
Abril	890	873	2.0%
Mayo	965	897	7.7%
Junio	918	874	5.1%
Julio	1,004	904	11.0%
Agosto	1,053	989	6.4%
Septiembre	1,029	972	5.9%
Octubre	1,090	1,021	6.8%
(*) Noviembre	1,045	1,026	1.8%
(*) Diciembre	996	980	1.6%
<b>TOTAL (12 meses)</b>	<b>11,724</b>	<b>11,201</b>	<b>4.7%</b>

\*Estimado por ASOCEM debido a que las cifras del INEI solo están actualizadas hasta octubre.

- El Consumo Nacional es un estimado de **996 mil TM** en el mes de noviembre, logrando un avance de 1.6% con respecto al mismo mes del año anterior.
- En los últimos 12 meses, el Consumo Nacional de Cemento alcanzó un acumulado de 11,724 mil TM, 4.7% mayor al período enero 2018 a diciembre 2018.

**Figura 3. Consumo nacional de cemento en el 2019**

### 2.2.1.3 Materiales para la producción de concreto

A continuación, se mencionan cada uno de los materiales usados para la producción de concreto. Harmsen (2005) indica que es necesario que los materiales sean de buena calidad, se mezclen en proporciones correctas y también tener en cuenta el proceso de mezclado, transporte, vaciado y curado.

### 2.2.1.3.1 Cemento

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) (2009) el cemento es un material pulverizado que amasado con agua forma una pasta aglomerante que se endurece, tanto bajo el agua como en el aire y por lo general es el que tiene mayor costo unitario. Además, el cemento está hecho de minerales, que están formado por silicatos de calcio y aluminio (Tabla 3) y dentro de su composición química existen componentes principales como la cal y la sílice, y componentes secundarios como el anhídrido sulfúrico (Tabla 4) (Chinen, 2002).

**Tabla 3.** Contenido de porcentaje típico de óxidos en el cemento (Pasquel, 2018)

<b>Óxido Componente</b>	<b>Porcentaje Típico</b>	<b>Abreviatura</b>
CaO	61% - 71%	C
SiO <sub>2</sub>	20% - 27%	S
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4% - 7%	F
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2% - 4%	A
SO <sub>3</sub>	1% - 3%	-
MgO	1% - 5%	-
K <sub>2</sub> O y Na <sub>2</sub> O	0.25% - 1.5%	-

**Tabla 4.** Composición química (Chinen, 2002)

<b>Componentes principales</b>	
Cal (CaO)	Constituye 61% a 67% del cemento. Sirve para controlar los tiempos de fraguado.
Sílice (SiO <sub>2</sub> )	Constituye 17% a 25% en el cemento. Es resistente e insoluble en agua.
La Alúmina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Constituye 4% al 8% en el cemento. Alto contenido de alúmina y bajo de sílice, produce un cemento de fraguado rápido y también de alta resistencia.
<b>Componentes Secundarios</b>	
Pérdida por ignición:	Disminución de peso de una muestra de cemento que fue calentada al rojo vivo (900°C a 1000°C) hasta obtener un peso constante, máximo 3%.
Residuo insoluble:	Muestra parte arcillosa que no es soluble.
Anhídrido Sulfúrico (S <sub>3</sub> ):	El contenido del anhídrido sulfúrico permite realizar el cálculo del valor de calcio presente en el cemento, así como la cal combinada y también el contenido de azufre limitándose al 2.5% o 3%.
<b>Compuestos principales</b>	
Silicato Tricálcico (3CaO.SiO <sub>2</sub> =C <sub>3</sub> S) Alita	Factor principal del fraguado inicial.
Silicato Bicálcico (2CaO.SiO <sub>2</sub> =C <sub>2</sub> S) Belita	Responsable del incremento progresivo de la resistencia desde los 14 días.
Aluminato Tricálcico (3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =CaA):	Los cementos con bajos porcentajes hacen que sean resistentes a suelos y aguas que tengan sulfatos.

Dentro de los grupos de cemento se tienen 3 (Tabla 5), los cuales se detallan a continuación:

- Grupo I: Cemento Portland, éste resulta de pulverizar piedra caliza y arcilla, se cuece en hornos a 1400 – 1600°C y se muele mezclándolo con yeso. Se encuentran 5 tipos, estos son:
  - Tipo I: de uso normal, que no requiere de características especiales.
  - Tipo II: de moderado calor de hidratación y recomendado para concretos expuestos a sulfatos.
  - Tipo III: de alta resistencia inicial, baja resistencia a sulfatos y alto calor de hidratación.

- Tipo IV: de bajo calor de hidratación y desarrolla su resistencia a la compresión de manera lenta.
- Tipo V: de alta resistencia a los sulfatos y a la compresión.
- Grupo II: Cemento Puzolánico, se obtiene de la mezcla de la pulverización de Clinker con un material reactivo y se encuentran 2 tipos de cemento:
  - Tipo IP: cemento Portland Tipo con adición de puzolana entre 15 - 45% y es utilizado en obras con bajo calor de hidratación y altas resistencia a los sulfatos.
  - Tipo IPM: cemento portland Tipo I con adición de puzolana menor a 15%.
- Grupo III: Cemento Adicionado
  - Tipo IS: cemento portland Tipo I con adición de escorias de altos hornos molidas finamente entre 25 - 70%.
  - Tipo ISM: cemento portland Tipo I con adición de escorias de altos hornos molidas finamente hasta 15%.

**Tabla 5.** Clasificación por grupos de cemento

<b>Cemento Portland</b>	<b>Cemento Puzolánico</b>	<b>Cemento Adicionado</b>
Tipo I	Tipo IP (15% - 45%)	Tipo IS (25% - 70%)
Tipo II	Tipo IPM – 15%	Tipo ISM (Hasta 15%)
Tipo III	-	-
Tipo IV	-	-
Tipo V	-	-

### 2.2.1.3.2 Agua

El agua utilizada para la preparación de la mezcla debe ser limpia, libre de aceites, álcalis, ácidos, sales y materias orgánicas (NTP-339.088). Esta actúa como un catalizador del cemento que reacciona para formar el gel que permite que la masa adquiera propiedades que facilitan la

manipulación y colocación y que al estar endurecido se convierta en un producto de buenas propiedades y características. Harmsen (2005) menciona que se puede utilizar agua potable, pero que no todas las aguas son convenientes para realizar el mezclado porque existen limitaciones que se detallan en la Tabla 6.

**Tabla 6. Límites permisibles para el agua de mezcla y curado NTP 339.088**

<b>Descripción</b>	<b>Límites permisibles</b>		
Sólidos en suspensión	<b>5000</b>	<b>ppm</b>	<b>Máximo</b>
M. orgánica	<b>3</b>	<b>ppm</b>	<b>Máximo</b>
Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	<b>1000</b>	<b>ppm</b>	<b>Máximo</b>
Sulfatos	<b>600</b>	<b>ppm</b>	<b>Máximo</b>
Cloruros	<b>1000</b>	<b>ppm</b>	<b>Máximo</b>
PH	<b>5 - 8</b>	<b>ppm</b>	<b>Máximo</b>

\*ppm: partes por millón

### 2.2.1.3.3 Agregado fino

El agregado fino es un material constituyente del concreto, porque interviene en las reacciones químicas entre el agua y el cemento (Harmsen, 2005). Este material pasa por el tamiz 9.5 mm (3/8") y cumple con los límites establecidos en NTP 400.037 (Tabla 7). Asimismo, sus partículas son limpias, preferentemente de perfiles angulares, compactas, resistentes y duras; también debe ser fuerte, durable, y libre de material orgánico (Abanto, 2017).

**Tabla 7. Requisitos granulométricos del agregado fino (Harmsen, 2005)**

<b>Tamiz estándar</b>	<b>% peso de material que pasa el tamiz</b>
3/8"	100
#4	95 a 100
#8	80 a 100
#16	50 a 85
#30	25 a 60
#50	5 a 30 (ASTM 10 a 30)
#100	0 a 10 (ASTM 2 a 10)

#### **2.2.1.3.4 Agregado grueso**

El agregado grueso es definido por Abanto (2017) como un material que queda retenido en el tamiz NTP 4.75 mm (N° 4), proviene de la desintegración natural o mecánica de las rocas y cumple con los límites de la NTP 400.037. Asimismo, su granulometría trasciende en las propiedades que caracterizan al concreto en estado fresco y endurecido, y se consideran granulometrías apropiadas a las que permitan obtener mezclas más densas y que favorezcan su trabajabilidad. La NTP 400.37 incluye tablas de granulometría como la Tabla 8 que se usa para la arena y la piedra, pero la norma señala que se pueden autorizar otras gradaciones.

**Tabla 8. Porcentaje que pasa por los tamices normalizados (NTP 400.037)**

PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS															
HUSO	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	100 mm (4 pulg)	90 mm (3 1/2 pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 1/2 pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 1/2 pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (3/4 pulg)	12,5 mm (1/2 pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	4,75 μm (No. 50)
1	90 mm a 37,5mm (3 1/2 a 1 1/2 pulg)														
2	63 mm a 37,5 mm (2 1/2 a 1 1/2 pulg)	---	---	100	90-100	35-70	0-15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
3	50 mm a 25,0 mm (2 a 1 pulg)	---	---	---	100	90-100	35-70	0 a 15	---	0-5	---	---	---	---	---
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	---	---	---	100	95-100	---	35 a 70	---	0-30	---	0-5	---	---	---
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 1/2 a 3/4 pulg)	---	---	---	---	100	90-100	20-55	0-5	---	0-5	---	---	---	---
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 1/2 pulg a No. 4)	---	---	---	---	100	95-100	---	35-70	---	10-30	0-5	---	---	---
5	25,0 mm a 12,5 mm (1 a 1/2 pulg)	---	---	---	---	---	100	90-100	20-55	0-10	0-5	---	---	---	---
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 a 3/8 pulg)	---	---	---	---	---	100	90-100	40-85	10-40	0-15	0-5	---	---	---
57	25,0 mm a 4,75 mm (1 pulg a No. 4)	---	---	---	---	---	100	95 a 100	---	25-60	---	0-10	0-5	---	---
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4 a 3/8 pulg)	---	---	---	---	---	---	100	90-100	20-55	0-15	0-5	---	---	---
67	19,0 mm a 4,75 mm (3/4 pulg a No. 4)	---	---	---	---	---	---	100	90-100	---	20-55	0-10	0-5	---	---
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg a No. 4)	---	---	---	---	---	---	---	100	90-100	40-70	0-15	0-5	---	---
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg a No. 8)	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85-100	10-30	0-10	0-5	---
89	9,5 mm a 1,18 mm (3/8 pulg a No. 16)	---	---	---	---	---	---	---	---	100	90-100	20-35	5-30	0-10	0-5
9	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85-100	10-40	0-10	0-5

### 2.2.1.3.5 Aditivos

Se define como aditivo a las sustancias que se añaden a los componentes principales del concreto para modificar sus propiedades (Abanto, 2017). Este material es distinto del agua y de los demás componentes, y se añade al concreto antes o durante el mezclado para modificar sus propiedades (RNE, 2008). Según su influencia, los aditivos se pueden clasificar de acuerdo a los requerimientos de la ASTM C494/C494M (2017), como se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9. Clasificación de aditivos (ASTM C 494)**

Tipo	Descripción
A	Reductores de agua
B	Retardantes de fragua
C	Acelerantes
D	Reductores de agua y retardantes de agua
E	Reductores de agua y acelerantes
F	Super reductores de agua
G	Super reductores de agua y acelerantes

## 2.2.2 Características químicas del concreto

Las propiedades físicas y químicas del concreto dependen de la calidad de los materiales y el grado en que el cemento se hidrate.

## 2.2.3 Propiedades en estado fresco

### 2.2.3.1 Trabajabilidad

Se define como la propiedad que determina la cualidad de ser mezclado, manipulado, transportado, colocado para que el producto final acabado no presente segregación.

### 2.2.3.2 Contenido de aire

De acuerdo a la NTP 339.046 (), el contenido de aire es todo lo que indica la cantidad de vacíos que tiene el concreto al interior de su masa, además su presencia en las mezclas reduce

la resistencia del concreto por incremento con la porosidad del mismo, esto se aprecia principalmente en mezclas ricas, donde la reducción de la resistencia puede llegar a 5% por cada 1% de aire incorporado (Quispe y Tintaya, 2019).

### **2.2.3.3 *Peso unitario***

De acuerdo a la NTP 339.046 el peso unitario del concreto es la relación entre el peso compactado de una muestra de concreto y el volumen del recipiente que lo contiene, además las variaciones en las propiedades de los agregados afectan el peso unitario, por lo que los concretos se pueden clasificar en: livianos, normales y pesados.

## **2.2.4 *Propiedades en estado endurecido***

### **2.2.4.1 *Ensayo de compresión NTP. 339.034***

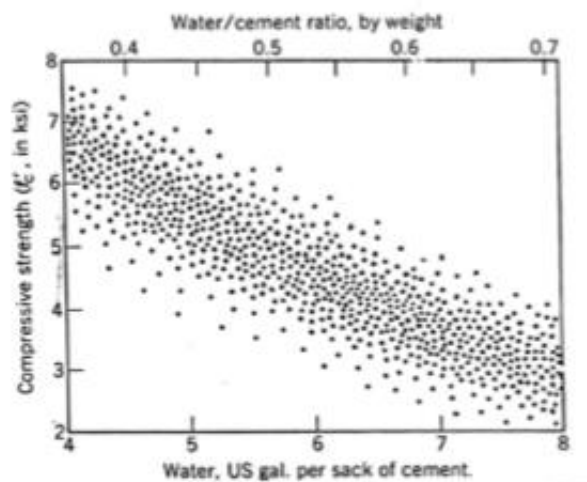
La resistencia mecánica del concreto frecuentemente se identifica con la resistencia a la compresión, porque ésta representa la condición de carga en que el concreto exhibe mayor capacidad para soportar esfuerzos, de modo que la mayoría de las veces los elementos estructurales se diseñan con el fin de utilizar esta propiedad del concreto. Debido a que el concreto tiene como propósito tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a y se utiliza como índice de su calidad.

La resistencia a la compresión se determina mediante ensayos de laboratorio en probetas cilíndricas, este ensayo se encuentra regulado por las normas ASTM y se especifica que:

- La confección de las probetas es 6"x12".
- El curado de las probetas en laboratorio o en obra para las probetas curadas bajo condiciones reales de obra, las últimas permiten determinar la efectividad de los procesos, los plazos de desencofrado y la puesta en servicio de la estructura.
- El ensayo de las probetas.

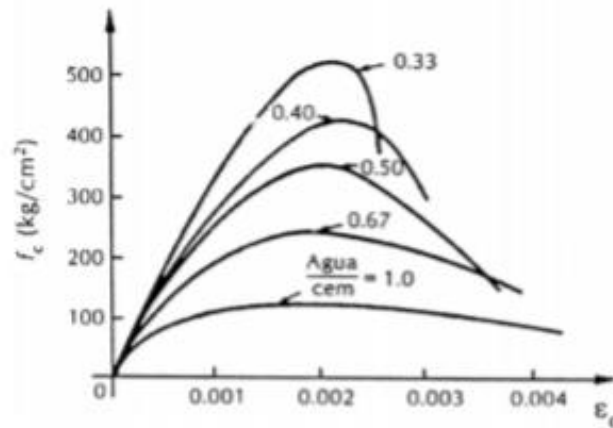
#### 2.2.4.2 Factores que afectan la resistencia $f'c$

- a) La resistencia del agregado es mayor a los demás componentes en los concretos de buena calidad.
- b) La relación agua/cemento (a/c): si se tiene una relación baja se reduce la porosidad de la pasta de cemento o matriz y aumenta la resistencia. Pero si la relación es alta aumenta la porosidad de la matriz y también la zona de transición entre la matriz y los agregados, por lo que reduce la resistencia como se observa en la Figura 3 (Ottazzi,2004).



**Figura 4.** Influencia de la relación agua/cemento (Ottazi, 2004)

En la Figura 3 se muestra la influencia de la relación agua/cemento en la resistencia a la compresión de un grupo de mezclas de concreto sin incorporación de aire después de 28 días. Así también, se observa que para una relación agua/cemento de 0.45 el rango de resistencia se encuentra entre 350 y 450 kg/cm<sup>2</sup> e, mientras que para una relación de 0.65 el rango de variación varía entre 175 y los 280 kg/cm<sup>2</sup> (Ottazi, 2004).



**Figura 5.** Influencia de la relación agua/cemento (Ottazzi, 2004)

Ottazzi (2004) muestra que la relación agua/cemento influye en la resistencia y en la forma de la deformación del concreto, además a medida que se reduce la relación la resistencia aumenta y también el módulo de elasticidad.

#### **2.2.4.3 Ensayo de tracción diametral del concreto**

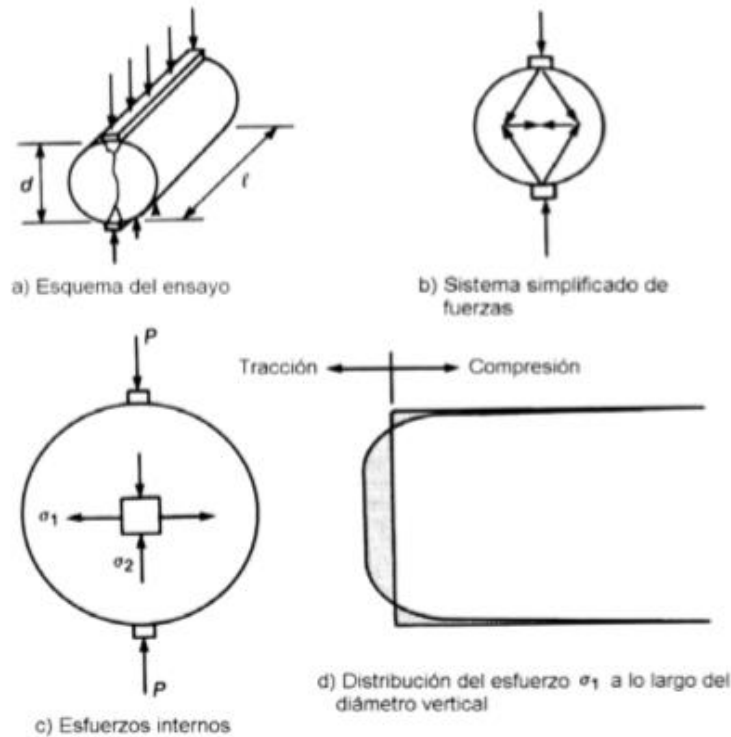
Ottazzi (2004) señala que la tracción del concreto por flexión es una magnitud muy variable que va entre 8% a 15%. Este ensayo no es simple de ejecutar debido al tamaño de la probeta, la baja resistencia, la fragilidad y la dificultad de aplicar cargas que distorsionen los resultados.

Los principales ensayos utilizados para determinar la tracción de manera directa son: módulo de rotura, ensayo brasilero o ensayo de compresión diametral. El método de tracción diametral consiste en romper una probeta de 6"x12" (Figura 5), que se calcula con la siguiente fórmula:

$$f_{sp} = \frac{2P}{\pi ld}$$

El ajuste de un gran número de resultados experimentales, arroja un promedio (con mucha dispersión) de:

$$f_{sp} \approx 1.7 \sqrt{f'c}$$



**Figura 6.** Ensayo de compresión diametral (Ottazzi,2004)

$$f_r > f_{sp} > f_t$$

El CEB (Jiménez Montoya) admite las siguientes relaciones entre los resultados de los ensayos:

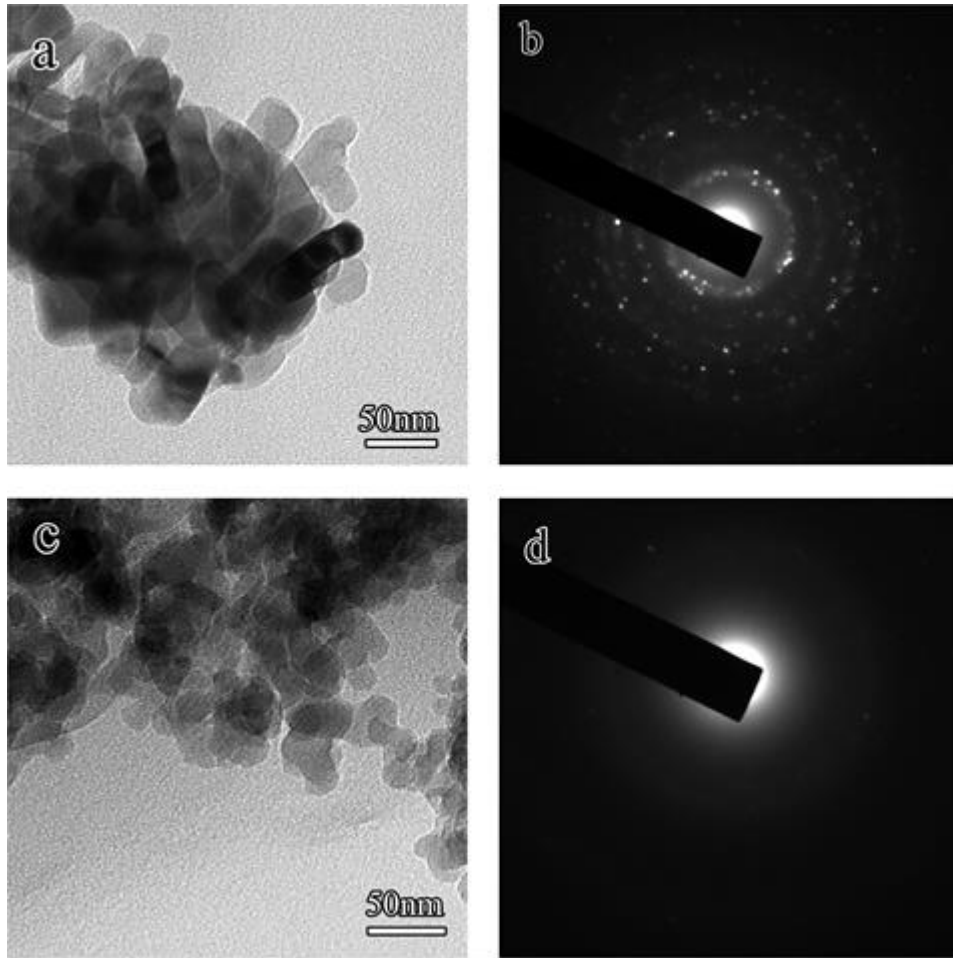
$$f_t \approx 0.9 f_{sp}$$

$$f_t \approx 0.5 f_r$$

## 2.2.5 Nanopartículas

### 2.2.5.1 Generalidades

La palabra nanopartícula, formada por el prefijo “nano” que significa la millonésima parte de algo, equivaliendo 1 nanómetro = 1nm =  $10^{-9}$  m (Henche, 2011). Holister (2002) y citado por Alcaraz (s.f.) menciona que la nanotecnología es el entendimiento y manipulación de los materiales a escala manométrica, sus propiedades están definidas por mecánicas cuánticas y esto influye en tener mejores propiedades del material (Figura 2).



**Figura 2.** TEM imágenes y sus correspondientes patrones SAED de a), b) nano  $\text{TiO}_2$  y c), d) nano  $\text{SiO}_2$  (Shujuan et al., 2017)

## 2.2.6 Nanotecnología en la industria de la construcción

### 2.2.6.1 Materiales formadores

López y Mamani (2017) indican que existen diferentes nano partículas de  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{FeO}_2$ ,  $\text{AlO}_2$  y  $\text{SiO}_2$ . (Tabla 10). El tipo de nano partículas que se utilizan en la dosificación del concreto dependen de las características físicas y químicas, ya que se tienen que elegir el tipo de adición, por lo que depende de lo que se quiera mejorar al concreto.

**Tabla 10.** Materiales usados en la nanotecnología (López y Mamani, 2017)

<b>Composiciones químicas</b>	<b>Descripción</b>
TiO <sub>2</sub>	<b>Dióxido de titanio</b>
FeO <sub>2</sub>	<b>Peróxido de hierro</b>
AlO <sub>2</sub>	<b>Oxido de aluminio</b>
SiO <sub>2</sub>	<b>Oxido de silicio</b>

## **2.2.7 Nanosílice en el cemento**

### **2.2.7.1 Estructura química y mineralógica del cemento**

Durante la fabricación del cemento se utilizan varios componentes minerales como: la cal (60% - 70%), sílice (17%-25%), alúmina (3%-8%) y óxidos de hierro (1%-6%), los cuales interactúan con la formación de cristales durante la conformación del clinker de cemento Portland generando productos químicos o fases minerales (Barón y Mercado, 2012).

Pasquel (2018) señala que después de la formación del Clinker y posterior a la molienda final, se obtienen los siguientes compuestos detallados a continuación. Además, Le Chatelier en 1852 define por primera vez el comportamiento del cemento hidratado y lo cual detallaremos la fórmula química.

- **Silicato tricálcico (3CaOSiO<sub>2</sub> - C<sub>3</sub>S - Alita)**

Define la resistencia inicial en la primera semana y es importante el calor de hidratación.

- **Silicato dicálcico (2CaOSiO<sub>2</sub> - C<sub>2</sub>S - Belita)**

Define la resistencia a largo plazo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación.

- **Aluminato tricálcico (3CaOAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - C<sub>3</sub>A)**

No tiene trascendencia en la resistencia, pero los silicatos condicionan el fraguado en donde actúa como catalizador, ante ello es necesario tener el control aumentando yeso de 3%-6% durante el proceso. Este elemento es responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos,

porque al reaccionar forma sulfoaluminatos con propiedades expansivas y se debe limitar su contenido.

- **Aluminato ferrito tetracalsico ( $4\text{CaOAl}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{C}_4\text{AF}$ —Celita)**

Define en la velocidad de hidratación y posteriormente en el calor de hidratación.

- **Oxido de magnesio (MgO)**

Pese a tener en su contenido solo un 5% trae problemas de expansión en la pasta hidratada.

- **Óxidos de potasio y sodio ( $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  – Alcalis)**

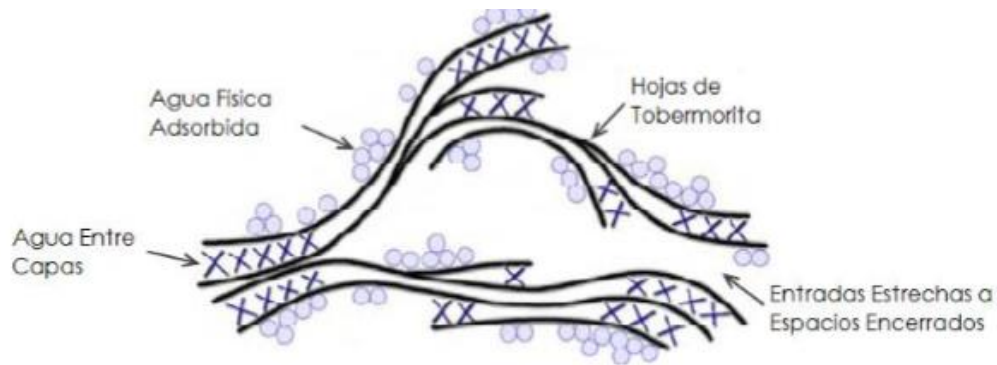
Solo definen casos especiales de reacciones químicas con ciertos agregados y con aquellos que son solubles al agua.

- **Óxidos de manganeso y titanio ( $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ )**

El óxido de manganeso no influye en las propiedades del cemento, salvo en el color marrón si su porcentaje supera el 3%, por lo que su resistencia a largo plazo se reduce, si supera el 5%.

#### **2.2.7.2 Nanosílice en la pasta del cemento**

Barón y Mercado (2012) menciona que la posible aplicación de la nanotecnología para el concreto consiste en la caracterización y aplicación de nanopartículas. La nanosílice corresponde tiene un tamaño que oscila entre 1nm a 100 nm, amorfas e insolubles en agua, con área superficial específica (200 – 230)  $\text{m}^2/\text{g}$ . Además, el silicato de calcio hidratado (C-S-H) el producto principal de la hidratación del cemento portland (CP) (Figura 6) con una conformación cercana a un 60% el volumen de la pasta de cemento, el resolver la estructura de este material a escala nanométrica es una parte esencial para conocer su comportamiento.



**Figura 7. Modelo físico simplificado de la hidratación del cemento Portland (Raki et al., 2010 y citado por Barón y Mercado, 2012)**

### **2.2.7.3 Reacción de nanosílice en cementos adicionados**

Según los estudios sobre el uso de nanopartículas en el cemento han sido encaminados a la inclusión de los minerales como complemento cementante tales como: escorias, cenizas de alto horno, filler calcáreo, entre otros. Las adiciones puzolánicas con contenidos importantes de sílice y aluminio facilitan el retardo de la velocidad de fraguado del cemento al tener una reacción de hidratación con una liberación menor de calor. Además, su contribución más importante es sobre la durabilidad y permeabilidad en donde se reduce el impacto de la reacción de hidróxidos de calcio con sulfatos y cloruros (Duda, 1977 y citado por Barón y Mercado, 2012).

### **2.2.8 Efecto de la inclusión de nanosílice en las propiedades del concreto**

El uso de adiciones de nanoóxidos a mezclas de concretos ha aumentado la resistencia a la compresión, en este caso de nano-SiO<sub>2</sub>. Al igual que en mezclas de morteros han sido realizadas mezclas contando con variables como el tipo de cemento, características de los agregados, adiciones minerales, contenido de agua en las mezclas y en algunos casos agentes fluidificantes para mantener la manejabilidad. Por otro lado, los estudios que se realizaron fueron: calor de hidratación, asentamientos, propiedades mecánicas y permeabilidad.

## **2.2.9 Dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) en el cemento**

### **2.2.9.1 Dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) en la pasta del cemento**

Maggos (2013) y citado por Jiménez, D. y Moreno J. (2016) menciona que el estudio de semiconductores como el TiO<sub>2</sub>, en las mezclas de concreto tienen el objetivo de eliminar contaminantes en las superficies expuestas al medio ambiente. Además, la adición superior al 10% de dióxido de titanio genera que la pasta del concreto fuera menos consistente ya que se aceleró su proceso de fraguado.

### **2.2.9.2 Reacción de Dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) en cementos adicionados**

El fotocatalizador dióxido de titanio es por lo general mezclado con el polvo de cemento antes de añadir el agua para la hidratación, cuando el cemento se endurece está presente en todas partes de la estructura de cemento formada. Es un óxido muy estable, e inerte y no reacciona con ninguna fase del cemento y no se implica en ninguna reacción de la hidratación. (Li, Z. 2011 y citado por Vásquez M., 2016).

### **2.2.10 Efecto de la inclusión de Dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) en las propiedades del concreto**

De acuerdo al estudio de Vásquez (2016) el aumento de porcentajes de dióxido de titanio disminuye la resistencia a la compresión. Además, el tratamiento óptimo para la ejecución real es el tratamiento que está entre los rangos de 3% TiO<sub>2</sub> – 6% TiO<sub>2</sub> pues es un concreto que estadísticamente pertenece al mismo grupo que el concreto solicitado en cuanto a la resistencia a la compresión, es fotocatalítico y autolimpiable, además el precio de fabricación no es muy elevado.

## 2.2.11 Nanodosificación

### 2.2.11.1 Generalidades

La nanodosificación consiste en la adición de material nano al diseño de mezclas, buscando que el concreto reúna las siguientes características primordiales: trabajabilidad, consistencia, resistencia y durabilidad (Chinen, 2002).

## 2.2.12 Métodos de dosificación

### 2.2.12.1 Método del Comité 211 del ACI

- Resistencia de diseño

Selección de la resistencia requerida  $f'_{cr}$  (Diseño de concreto).

$$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de seguridad}$$

Una prueba: resultado del promedio de dos ensayos realizados

$$f'_{cr} = 1/2 \times (f'_{c1} + f'_{c2})$$

Cuando no se conocen las propiedades estadísticas (Factor de seguridad) de la resistencia del concreto, el American Concrete Institute (ACI) recomienda que pueden tomar los valores siguientes:

Si		$f'_c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_c + 70 \text{ kg/cm}^2$
Si	$210 \text{ kg/cm}^2 <$	$f'_c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_c + 85 \text{ kg/cm}^2$
Si		$f'_c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = 1.1 * f'_c + 50 \text{ kg/cm}^2$

Los valores anteriores están formulados en el Reglamento nacional de edificaciones (RNE) E-0.60 y ACI 301.

Asimismo, se debe tener presente que la distribución de los resultados a compresión de las probetas sigue siendo una tendencia similar a la forma Gausiana, por lo que se obtiene parámetros de  $f'_{cr}$ , también haciendo uso de las propiedades estadísticas.

De acuerdo a estas fórmulas que están en función de la desviación estándar de la probabilidad de falla requerida para una resistencia dada:

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34 * D_s$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33 * D_s - 35$$

\*  $D_s$  es Desviación Estándar y se posee un registro de 30 ensayos consecutivos.

En caso de que se disponga de un riesgo de 15 a 29 ensayos consecutivos, la desviación estándar es amplificada por los factores de corrección que se dan a continuación:

Para: 15 ensayos:  $s = s'(1.16)$                       20 ensayos:  $s = s'(1.08)$

25 ensayos:  $s = s'(1.03)$                       30 ensayos:  $s = s'(1.00)$

- **Diseño de mezclas de concreto**

El siguiente procedimiento corresponde a ACI-211, incluyen las tablas. Los “PASOS” corresponden a los indicados en dicha norma.

- **Paso 1:** Selección del asentamiento como se muestra en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Asentamientos recomendados para estructuras

Tipo de estructura	Slump Max.	Slump Min.
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples para	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	1
Muros y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

- **Paso 2:** Selección del Tamaño Máximo Nominal (TMN) del agregado.

El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, angulares, semi angular, duras, compactas, resistentes y rugosa.

El TMN del agregado grueso no deberá ser mayor de:

- a. 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados
  - b. 1/3 del peralte de las losas
  - c. 3/4 del espacio libre mínimo entre las barras individuales de refuerzo
- **Paso 3:** Selección del contenido de agua Tabla 12 y seleccionar el contenido de aire atrapado Tabla 13.

**Tabla 12.** Volumen de agua por m<sup>3</sup> agua en litros/m<sup>3</sup> para TMN de agregados y consistencia indicada

Asentamiento (1" =25mm)	Tamaño máximo del agregado grueso							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	218	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

**Tabla 13.** Contenido de aire atrapado

TMN Agregado grueso	Aire atrapado %	
3/8"	9.5 mm	3.0
1/2"	12.5 mm	2.5
3/4"	19.0 mm	2.0
1"	25.0 mm	1.5
1 1/2"	37.5 mm	1.0
2"	50.0 mm	0.5
3"	75.0 mm	0.3
6"	150.0 mm	0.2

**Tabla 14.** Contenido de aire incorporado

Tamaño Máximo Nominal	Contenido de aire total, en %		
	Exposición suave	Exposición moderada	Exposición severa
3/8"	4.5	6.0	7.5
1/2"	4.0	5.5	7.0
3/4"	3.5	5.0	6.0
1"	3.0	4.5	6.0
1 1/2"	2.5	4.5	5.5
2"	2.0	4.0	5.0
3"	1.5	3.5	4.5
6"	1.0	3.0	4.0

- **Paso 4:** Selección de la relación agua/cemento por resistencia a compresión como se muestra en la Tabla 16.
- **Tabla 15** y por durabilidad en la Tabla 16.

**Tabla 15.** Relación agua y cemento por resistencia, para  $f'_{cr}$ 

$f'_{c}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
420	0.41	-
450	0.38	-

**Tabla 16.** Condiciones especiales de exposición

Condiciones de exposición	Relación a/c máxima en concretos con agregado de peso normal	Resistencia a la compresión mínima en concretos con agregado liviano
Concretos con baja permeabilidad		
(a) Expuestos a agua dulce	0.50	-
(b) Expuestos a agua de mar o aguas solubles	0.45	260
(c) Expuesto a la acción de aguas cloacales	0.45	-
Concretos expuestos a congelación y deshielo en condición húmeda		
	-	300
(a) Sardinales, cunetas, secciones delgadas.	0.45	-
(b) Otros elementos	0.50	-
Protección contra la corrosión del concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres, neblina o rocío de estas aguas		
	0.40	-
		300
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15mm	0.45	

La resistencia  $f'c$  no deberá ser menor de 245 kg/cm<sup>2</sup> por razones de durabilidad.

- **Paso 5:** Cálculo del contenido de cemento: Paso 3/ Paso 4

Dividiendo entre 42.5 se obtiene el número de bolsas de cemento por m<sup>3</sup> de concreto.

- **Paso 6:** Seleccionar el peso del agregado grueso (Tabla17) proporciona el valor de  $b/b_0$ , donde  $b_0$  y  $b$  son los pesos unitarios secos con o sin compactar respectivamente del agregado grueso.

Se halla mediante la siguiente formula ( $b/b_0$ ) se interpola en Tabla 17.

$$\text{Piedra} = b/b_0 \times (\text{Peso Unitario Compactado de la piedra})$$

**Tabla 17.** Peso del agregado grueso por unidad de volumen de concreto (b/bo)

TMN Tamaño Máximo nominal Agregado grueso	Módulo de finura del agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

- **Paso 7:** Cálculo del volumen de agregado fino

Se usan los siguientes métodos para hallar la cantidad de arena:

- Volumen absoluto
- Primera estimación del concreto peso según diseño

**a. Método del volumen absoluto**

Haciendo un reencuentro con los materiales y pesos ya hallados son los siguientes:

Materiales	Peso seco kg	Peso específico kg/m <sup>3</sup>	Vol. Absoluto m <sup>3</sup>
Cemento	P. cemento	/ P.E. cemento	= Vol. del cemento
Agua	P. agua	/ P. E. agua	= Vol. del cemento
Arena	P. Arena = P.E. Arena x Vol. arena		
Piedra	P. piedra	/ P. E. piedra	= Vol. del cemento
Agua	P. agua	/ P. E. agua	= Vol. del cemento

- **Paso 8:** Ajustes por humedad de agregado
  - Cálculo del peso en estado fresco del agregado
  - Presentación del diseño en estado fresco

- c) Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados.
- d) Presentación del diseño en estado húmedo
- **Paso 9:** Ajustes con mezclas de prueba
  - a) Los datos teóricos no siempre concuerdan con los de la fabricación, se tiene que probar el diseño,
  - b) Es responsabilidad del diseño de concreto, los valores hallados.

### 2.3 Definición de términos básicos

- Aditivo

Según el American Concrete Institute (ACI), un aditivo es todo compuesto químico que modifica las propiedades de concreto en su estado sólido o líquido. Puede usarse en cualquier parte del proceso de fabricación del concreto acompañado de una reducción del agua de diseño y en base a una proporción adecuada obtenida por resultados experimentales.

- Adición

Una adición es un compuesto químico que también modifica alguna de las propiedades del concreto pero que a diferencia de los aditivos produce dichos efectos como consecuencia de alguna reacción previa en la pasta y/o agregados. La adición depende de las propiedades del concreto para que dichos efectos se dan a reacción secundaria de los componentes del mismo, las modificaciones producen la resistencia o durabilidad del concreto.

- Agua

El agua utilizada para la preparación de la mezcla debe ser limpia, libre de aceites, álcalis, ácidos, sales y materias orgánicas (NTP-339.088). Esta actúa como un catalizador del cemento que reacciona para formar el gel que permite que la masa adquiera propiedades que facilitan la manipulación y colocación y que al estar endurecido se convierta en un producto de buenas propiedades y características. Harmsen (2005) menciona que se puede utilizar agua potable.

- Agregado fino

El agregado fino es un material constituyente del concreto, porque interviene en las reacciones químicas entre el agua y el cemento (Harmsen, 2005). Este material pasa por el tamiz 9.5 mm (3/8") y cumple con los límites establecidos en NTP 400.037 (Tabla 7). Asimismo, sus partículas son limpias, preferentemente de perfiles angulares, compactas, resistentes y duras; también debe ser fuerte, durable, y libre de material orgánico (Abanto, 2017).

- Agregado grueso

El agregado grueso es definido por Abanto (2017) como un material que queda retenido en el tamiz NTP 4.75 mm (N° 4), proviene de la desintegración natural o mecánica de las rocas y cumple con los límites de la NTP 400.037. Asimismo, su granulometría trasciende en las propiedades que caracterizan al concreto en estado fresco y endurecido, y se consideran granulometrías apropiadas a las que permitan obtener mezclas más densas y que favorezcan su trabajabilidad.

- Cemento Portland

Según el American Society for Testing and Materials (ASTM), se define como el producto obtenido de la pulverización del Clinker Portland con la adición eventual de sulfato de Calcio (yeso).

Los cementos portland se clasifican según su composición y uso. Existen los cementos Portland puro y los cementos Portland Adicionados. Dentro del primer grupo se tienen los tipos I, II, III, IV y V, asimismo en el Perú solo se fabrican 3 tipos de cemento I, II y V y dentro de los cementos adicionados tenemos a los cementos con puzolanas, escorias, filler calizo entre otros.

- Concreto

El concreto es un material estructural de amplio uso en la construcción, compuesto por una combinación uniforme de mortero y agregado grueso. Es un material muy

versátil en su estado fresco y dependiendo de la dosificación, aumenta la rigidez a causa de la hidratación del cemento.

- Consistencia

La consistencia consiste se mide a partir de las proporciones y características de los componentes del concreto, está relacionada con la trabajabilidad de la mezcla. El concreto adquiere las propiedades necesarias para su aplicación en cualquier obra.

- Diseño

Consiste en determinar la proporción adecuada de los materiales que conforman el concreto, con el fin de obtener las características deseadas tanto en su estado fresco como en su estado endurecido.

- Dosificación

Es la selección de las cantidades adecuadas de los componentes del concreto, a partir del conocimiento de las propiedades físicas de los materiales, el método de la dosificación empleado y el número de tandas de prueba. Asimismo, se cuenta con diversos métodos del diseño tales como el Método ACI, agregado global, Walker y Fuller, entre otros.

- Mezclado

Se realiza con el fin de obtener una mezcla homogénea de los componentes que conforman el concreto haciendo uso de la mezcladora.

- Relación agua – cemento

Es la relación entre los pesos de agua y cemento usados en el diseño. Influye en la trabajabilidad y consistencia del concreto en su estado fresco y constituye un indicador muy importante en la dosificación del concreto a través de datos estadísticos que la asocian con la resistencia requerida.

## **2.4 Hipótesis**

### **2.4.1 Hipótesis general**

La incorporación de nanosílice ( $\text{SiO}_2$ ) y dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) tiene una influencia significativa en las propiedades del concreto con baja dosificación de nanopartículas.

### **2.4.2 Hipótesis específicas**

- La incorporación de nanosílice ( $\text{SiO}_2$ ) y dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), tiene una influencia significativa en las propiedades del concreto en estado fresco, con baja dosificación de nanopartículas.
- La incorporación de nanosílice ( $\text{SiO}_2$ ) tiene una influencia significativa en las propiedades del concreto en estado endurecido, con baja dosificación de nanopartículas.
- La incorporación de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) tiene una influencia significativa en las propiedades del concreto en estado endurecido, con baja dosificación de nanopartículas.
- La incorporación de nanosílice ( $\text{SiO}_2$ ) y dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), tiene una influencia significativa en las propiedades del concreto en estado endurecido, con baja dosificación de nanopartículas.

## **2.5 Variables, operacionalización**

### **2.5.1 Definición conceptual de las variables**

#### **Variable independiente**

Porcentaje de adición de nanopartículas:

#### **Indicadores:**

- Porcentaje de adición de dióxido de silicio y titanio.

#### **Variable dependiente**

## Propiedades del concreto con adición de nanopartículas

### **Indicadores:**

- Asentamiento
- Peso unitario
- Contenido de aire
- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la tracción

## 2.5.2 Operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Factor a medir
<b>Variable independiente</b> Porcentaje de adición de nanopartículas	Holister (2002) y citado por Alcaraz (s.f.), menciona que la nanotecnología, se refiere al entendimiento y manipulación de los materiales a escala manométrica (<100 nm), las propiedades de las sustancias están definidas por mecánicas cuánticas		Porcentaje de nanopartículas en el diseño de mezclas	El porcentaje de dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> ) y (TiO <sub>2</sub> ) del peso de cemento.	0.0% 0.5% 1.0% 1.5%
<b>Variable dependiente</b> Propiedades del concreto	El análisis de las propiedades del concreto es importante recordar que estas propiedades están asociadas por sus características y proporciones relativas de los materiales integrantes; que la calidad, cantidad y densidad de la pasta es determinante en las propiedades del concreto.	Las propiedades en estado fresco son: Trabajabilidad, consistencia, fluidez, cohesividad, contenido de aire, segregación, exudación y peso unitario, asimismo el tiempo de fraguado. El concreto en estado endurecido incluyen las resistencias mecánicas, durabilidad y propiedades elásticas.	Propiedades en estado fresco	Asentamiento del concreto (slump)	NTP 339.035 AATHO T 1197 ASTM C-143
				Peso unitario	NTP 339.046
				Contenido de aire	NTP 339.083
				Exudación del concreto	NTP 339.077
			Propiedades en estado endurecido	Resistencia a compresión	NTP 339.034 Ensayos a 7, 14 y 28 días
				Resistencia a Tracción	NTP 339.084 Ensayos a 7, 14 y 28 días

## CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Metodología

#### 3.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación de acuerdo al fin que se persigue, es una investigación aplicada. Los proyectos de ingeniería están ubicados dentro de este tipo de investigación, siempre y cuando se solucionen alguna problemática (Borja, 2012).

#### 3.1.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación es explicativo, porque va más allá de la descripción de conceptos o de las relaciones entre variables y su interés se centra en explicar por qué ocurre el fenómeno y en qué condiciones se da o porqué se relaciona entre más variables.

#### 3.1.3 Diseño de investigación

El diseño de investigación es experimental, donde la hipótesis se verifica mediante la manipulación “deliberada” por el investigador de las variables.

### 3.2 Población y muestra

#### 3.2.1 Población

Es el conjunto de todos los elementos que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación. La población de interés está conformada por el concreto convencional y el concreto modificado con distintos porcentajes con dióxido de silicio y titanio.

#### 3.2.2 Muestra

Se define como una parte o fragmento representativo de la población. Se caracteriza por ser objetiva y reflejo de la población, de manera que los resultados obtenidos en la muestra se puedan generalizar a toda la población.

Para determinar la cantidad de la muestra se utilizó la ecuación de población infinita:

$$n = \frac{t^2 * SD^2}{e^2}$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra

SD: Desviación estándar

t: Coeficiente de confiabilidad (Nivel de significancia)

e: Error definido por un especialista

**Tabla 18.** Valores de t con porcentajes (Pasquel, 1998)

<b>% de pruebas dentro de los límites <math>\mu \pm tDs</math></b>	<b>Probabilidad de ocurrencia por debajo del límite inferior</b>	<b>t</b>
40.00	3 en 10	0.52
50.00	2.5 en 10	0.67
60.00	2 en 10	0.84
68.27	1 en 6.3	1.00
70.00	1.5 en 10	1.04
80.00	1 en 10	1.28
90.00	1 en 20	1.65
95.00	1 en 40	1.98
95.45	1 en 44	2.00
98.00	1 en 100	2.33
99.00	1 en 200	2.58
99.73	1 en 341	3.00

**Tabla 19.** Desviación estándar para diferentes grados de control (kg/cm<sup>2</sup>) (Pasquel, 1998)

<b>Clase de operación</b>	<b>Desviación estándar para diferentes grados de control</b>				
	<b>Excelente</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Suficiente</b>	<b>Deficiente</b>
Concreto en obra	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> a 49.2
Concreto en laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.7	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	>24.6

**Tabla 20.** Coeficiente de variación para diferentes grados de control (%)

Clase de operación	Desviación estándar para diferentes grados de control				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> a 6.0
Concreto en laboratorio	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	>5.0

Se consideró la muestra en un 95% de confiabilidad para un concreto hecho en laboratorio.

$$n = \frac{1.98^2 * 14,1^2}{6^2} = 5.63$$

Luego de haber realizado el cálculo por muestreo probabilístico se tiene una muestra de 6 probetas por cada diseño. Además, las muestras elaboradas para la siguiente investigación se realizaron de acuerdo a las siguientes especificaciones.

- El diseño de mezclas fue para concreto  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$
- Las muestras de concreto fueron probetas de 6"x12"
- Agregados de la Cantera Unión
- Se ensayarán 216 probetas de resistencia a la compresión.

**Tabla 21.** Cantidad de muestras a elaborar

	SiO <sub>2</sub>			TiO <sub>2</sub>			SiO <sub>2</sub> +TiO <sub>2</sub>			
	7	14	28	7	14	28	7	14	28	
M1 0.0%	6	6	6	6	6	6	6	6	6	54
M2 0.5%	6	6	6	6	6	6	6	6	6	54
M3 1.0%	6	6	6	6	6	6	6	6	6	54
M4 1.5%	6	6	6	6	6	6	6	6	6	54
Total			24			24			24	216

**Tabla 22.** Cantidad de muestras ensayo resistencia a la tracción

	SiO <sub>2</sub>			TiO <sub>2</sub>			SiO <sub>2</sub> +TiO <sub>2</sub>			
	7	14	28	7	14	28	7	14	28	
M1 0.0%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27
M2 0.5%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27
M3 1.0%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27
M4 1.5%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27
Total			12			12			12	108

### 3.3 Lugar de Ejecución

El presente proyecto de investigación, se realizó en el Laboratorio de Ensayo de Materiales pertenecientes a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura (FIA) de la Universidad Peruana Unión (UPeU) (Km 19.5 Carretera Central, Ñaña-Lima).

### 3.4 Materiales y Equipos

#### 3.4.1 Materiales

- Cemento Portland tipo I (Marca: SOL)
- Piedra chancada 1/2" para concreto (Marca: UNICON)
- Arena gruesa para concreto (Marca: UNICON)
- Dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>)
- Dióxido de Titanio (TiO<sub>2</sub>)
- Aditivo superplastificante (Marca: SIKA)
- Agua

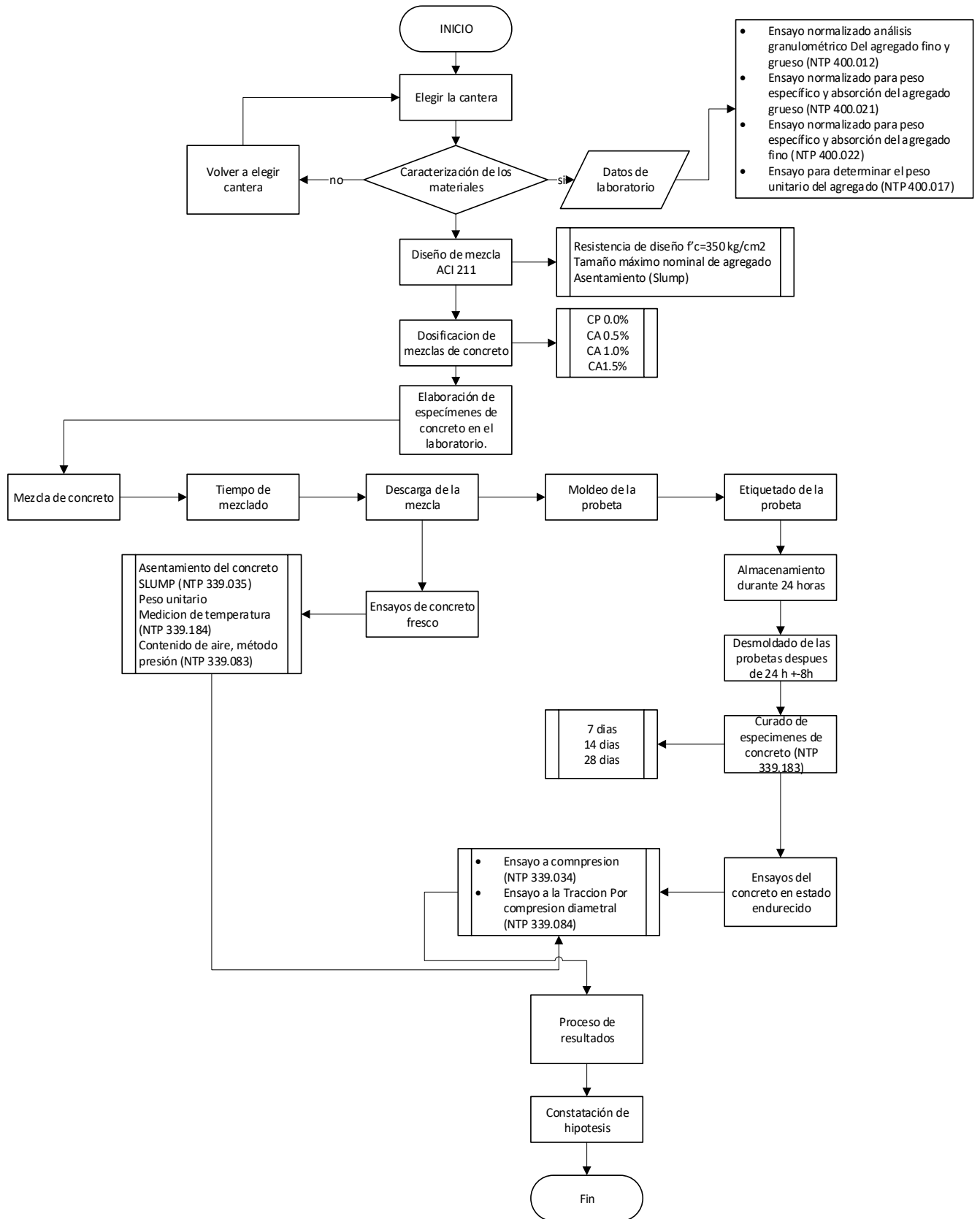
#### 3.4.2 Equipos

- Prensa de concreto (Marca: FORNEY, Modelo: F-1100 KN-VFD-AUTO, Serie: 14189)
- Balanza analítica (Marca: OHAUS, Modelo: V41XWE15T)
- Cono de abrams

- Recipiente cilindro metálico de tamaños normalizados
- Trompo mezclador de concreto
- Varilla compactadora de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud
- Pozo de curado
- Probetas cilíndricas
- Probeta plástica
- Mazo de goma
- Lampa o cucharón metálico.

### **3.5 Metodología experimental**

La metodología empleada en la presente investigación, se llevó a cabo de acuerdo al diagrama de flujo que se presenta a continuación.



**Figura 8.** Diagrama de flujo de metodología experimental

### 3.5.1 Características de los materiales empleados

#### 3.5.1.1 Contenido de humedad del agregado grueso

Se determinó el porcentaje de humedad del agregado grueso de acuerdo a la NTP 339.015, con el objetivo de obtener la cantidad de agua que se encuentra dentro del agregado grueso.

- **EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

- Balanza de 0.1 g de precisión.
- Horno de temperatura constante de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Recipiente metálico (taras).
- Cucharón o espátula.
- Cuarteadora.
- Lampa.

- **PROCEDIMIENTO**

- Se seleccionó una muestra representativa de acuerdo a la Tabla 23.

**Tabla 23. Cantidad mínima de la muestra para determinar porcentaje de humedad**

TMN de agregado	Cantidad mínima de ensayo (kg)
N° 4	0.5
3/8"	1.5
1/2"	2
3/4"	3
1"	4
1 1/2"	6

- Se tomó un recipiente, se anotó el código de identificación y se determinó el peso.
- Se pesó la muestra húmeda y se colocó a una temperatura constante de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas.

- Se retiró la muestra del horno y se dejó enfriar hasta alcanzar temperatura ambiente.
- Se pesó la muestra seca más el recipiente y se anotó el peso.

- **CÁLCULOS**

Se calculó el contenido de humedad en porcentaje del agregado grueso con la siguiente ecuación:

$$H(\%) = \frac{(w_h - w_s)}{w_s} \times 100$$

Donde:

H (%): Porcentaje de humedad del agregado ensayado

$W_h$ : Peso del agregado en estado húmedo (kg)

$W_s$ : Volumen del agregado en estado seco (kg)

### **3.5.1.2 Contenido de humedad del agregado fino**

Se determinó el contenido de humedad que se encuentra dentro del agregado fino, expresado en porcentaje.

- **EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

- Balanza de 0.1 g de precisión.
- Horno de temperatura constante de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .
- Recipiente metálico (taras).
- Cucharón o espátula.
- Cuarteadora.
- Lampa.

- **PROCEDIMIENTO**

- Se seleccionó una muestra representativa, siendo la cantidad mínima 0.5 kg.
- Se tomó un recipiente, se anotó su identificación y se determinó su peso.

- Se pesó la muestra húmeda más el recipiente.
- Se colocó en el horno la muestra húmeda a una temperatura constante de 110°C por 24 horas.
- Se retiró la muestra del horno y se dejó enfriar hasta que alcance la temperatura ambiente.
- Se pesó la muestra seca más el recipiente y se anotó su peso.

- **CÁLCULOS**

Se calculó el contenido de humedad en porcentaje del agregado grueso con la siguiente ecuación:

$$H(\%) = \frac{(w_h - w_s)}{w_s} \times 100$$

Donde:

H(%): Porcentaje de humedad del agregado ensayado

W<sub>h</sub>: Peso del agregado en estado húmedo (kg)

W<sub>s</sub>: Volumen del agregado en estado seco (kg)

### **3.5.1.3 Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso**

Según la NTP 400.012 (2013) la muestra de agregado seco se separó a través de una serie de tamices que van desde una abertura mayor a una menor.

- **EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

- Balanza con aproximación de 0.1 g y exacta a 0.1 g o 0.1 % de la masa de muestra.
- Juego de tamices de 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8" para agregado grueso.
- Agitador mecánico de tamices
- Horno de 110 °C ± 5 °C.
- Recipientes metálicos (taras).
- Cepillo y brocha

- Bandejas

- **PROCEDIMIENTO**

- Se secó la muestra a peso de acuerdo a la temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Pesarse la muestra con una aproximación al 0.1% en masa de acuerdo a lo indicado en la tabla 28.

**Tabla 24.** Pesos requeridos según el T.M.N. del agregado grueso

Tamiz	Peso aprox. de la muestra (kg)
3/8"	1
1/2"	2
3/4"	5
1"	10
1 1/2"	15
2"	20
2 1/2"	35
3"	60
3 1/2"	100

- Se armaron las mallas según la NTP 400.012 para introducir el espécimen de ensayo.

**Tabla 25.** Tamices usados en el ensayo de granulometría

Agregado	Tamices
Grueso	3"
	2 1/2"
	2"
	1 1/2"
	1"
	3/4"
	1/2"
	3/8"

- Se procede a colocar la muestra en la malla superior y mediante la máquina vibradora se tamiza, por un tiempo entre uno o dos minutos (No se debe forzar el paso de una partícula con la mano).

- Se procede a retirar cada tamiz y pesar el material retenido, verificar si la suma total equivale al peso inicial.
- Si existe una diferencia entre el peso obtenido luego del zarandeo, se procede a corregir dicho peso distribuyendo equitativamente en cada tamiz.

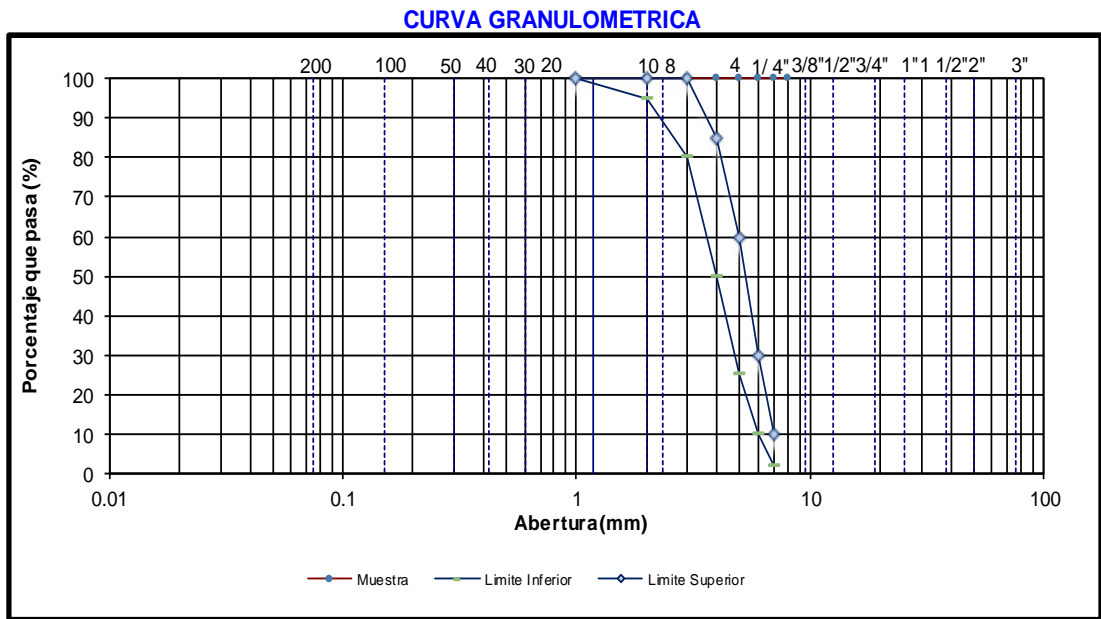
• **CÁLCULOS**

El cálculo respectivo se muestra en la Tabla 30, se procede a obtener los porcentajes retenidos acumulados con una precisión de 1.0%. Por otro lado, el M.F. se presenta con una precisión de 0.01u.

**Tabla 26.** Cálculo de análisis granulométrico por tamizado agregado grueso

Tamiz	Peso retenido	Porcentaje retenido	Retenido acumulado	Porcentaje que pasa	Huso	
					Límite inferior	Límite superior
3"	-	-	-	-	100.0	100.0
2"	-	-	-	-	100.0	100.0
1 1/2"	-	-	-	-	100.0	100.0
1"	-	-	-	-	90.0	100.0
3/4"	48.2	2.7	2.7	97.3	40.0	85.0
1/2"	581.2	32.3	35.0	65.0	10.0	40.0
3/8"	371.6	20.7	55.7	44.3	0.0	15.0
Nº 4	771.6	42.9	98.7	1.3	-	-
FONDO	24.0	1.3	100	0.0	-	-
	1,796.6	100	M.F.	6.57		

La norma 400.037 establece gradaciones específicas para los agregados fino y grueso. Por lo tanto, se debe verificar si los resultados se encuentran dentro del huso correspondiente al tamaño del agregado y reportar la curva granulométrica obtenida.



**Tabla 27.** Curva granulométrica con los husos inferior y superior

Para el cálculo del módulo de finura se emplea la siguiente ecuación:

#### 3.5.1.4 *Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino*

La distribución granulométrica que deben cumplir el agregado grueso como el agregado fino se encuentran especificadas en la norma NTP 400.037.

- **EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

- Balanza con aproximación de 0.1 g y exacta a 0.1 g o 0.1 % de la masa de muestra.
- Tamices
- Agitador mecánico de tamices
- Horno a temperatura uniforme de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Recipiente metálico
- Cepillo y brocha
- Bandejas

- **PROCEDIMIENTO:**

- Se secó la muestra a temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . En el caso de agregados finos la cantidad de muestra deberá ser mayor a 300 g.
- Se pesó la muestra con una aproximación al 0.1% en masa de acuerdo a lo indicado y se armaron las mallas según la NTP 400.012 para introducir el espécimen de ensayo.

**Tabla 28.** Tamices usados para el ensayo de granulometría

<b>Agregado</b>	<b>Tamices</b>
Fino	N° 4
	N° 8
	N° 16
	N° 30
	N° 50
	N° 100

- Se colocó la muestra en la malla superior y mediante la maquina vibradora se tamiza, por un tiempo entre uno o dos minutos (No se debe forzar el paso de una partícula con la mano).
- Se retiró cada tamiz y se pesó el material retenido, verificar si la suma total equivale al peso inicial.
- Si existe una diferencia entre el peso obtenido luego del zarandeo, se procede a corregir dicho peso distribuyendo equitativamente en cada tamiz.

- **CÁLCULOS**

El cálculo respectivo se muestra en la Tabla 30, se procedió a obtener los porcentajes retenidos acumulados con una precisión de 1.0%. Por otro lado, el M.F. se presenta con una precisión de 0.01u.

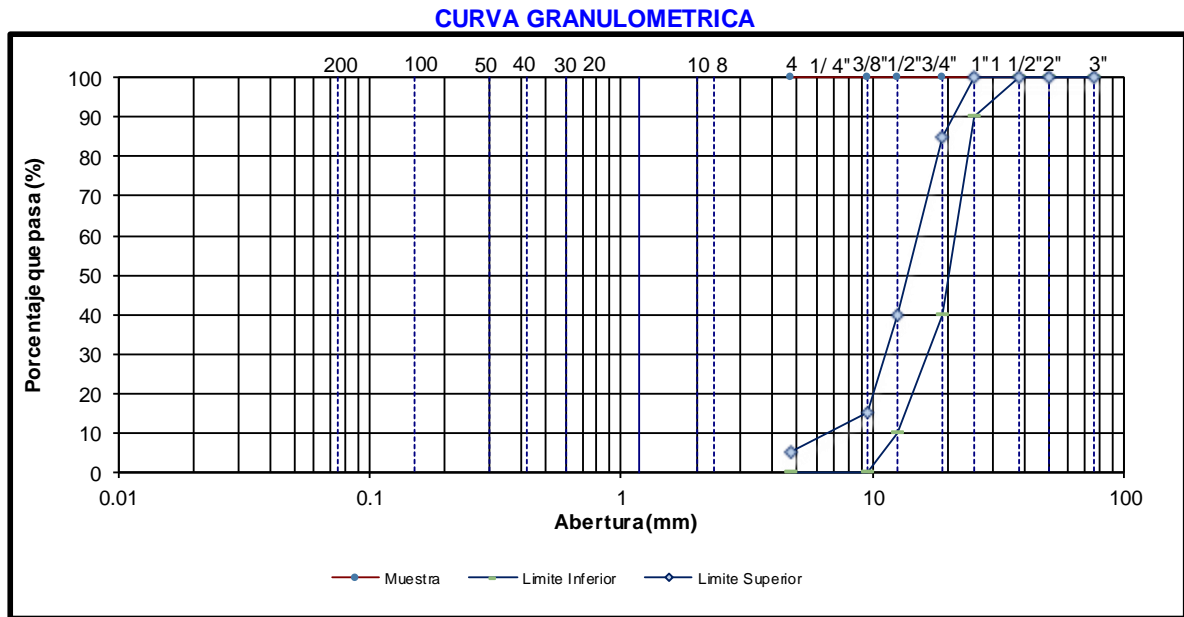
**Tabla 29.** Cálculo de análisis granulométrico por tamizado agregado fino

Tamiz	Peso retenido	Porcentaje retenido	Retenido acumulado	Porcentaje que pasa	Huso	
					Límite inferior	Límite superior
3/8"		-	-	-	100.0	100.0
N° 4	14.0	0.9	0.9	99.1	95.0	100.0
N° 8	230.0	14.1	15.0	85.0	80.0	100.0
N°16	427.6	26.3	41.3	58.7	50.0	85.0
N°30	399.7	24.6	65.9	34.1	25.0	60.0
N° 50	288.9	17.8	83.6	16.4	05	30.0
N° 100	127.0	7.8	91.4	8.6	0.0	10.0
Fondo	55.7	3.4	94-8	5.2		
	1,542.9	100.0	M.F.	2.98		

La norma 400.037 establece gradaciones específicas para los agregados fino y grueso. Por lo tanto, se debe verificar si los resultados se encuentran dentro del huso correspondiente al tamaño al tamaño del agregado y reportar la curva granulométrica obtenida.

**Tabla 30.** Requisitos granulométricos del agregado fino (NTP 400.037)

Tamiz	Porcentaje de peso que pasa (%)
3/8"	100
N° 4	95 – 100
N° 8	80 – 100
N° 16	50 – 85
N° 30	25 – 60
N° 50	05 – 30
N° 100	0 - 10



**Figura 9.** Curva granulométrica del agregado fino

### 3.5.1.5 *Peso volumétrico seco suelto del agregado fino*

- **EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

- Balanza con aproximación a 0.05 kg y que permita leer con una exactitud de 0.1% del peso de la muestra.
- Barra Compactadora: Recta, de acero liso de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.
- Recipientes cilíndricos normalizados de acuerdo a la tabla 32
- Mazo de goma.
- Lampa o cucharón.

- **PROCEDIMIENTO**

- De acuerdo al tamaño máximo del agregado se eligió la capacidad del recipiente como se indica en la Tabla 30.

**Tabla 31.** Volumen del recipiente de acuerdo al T.M.N

Capacidad del recipiente (ft <sup>3</sup> )	TMN de agregado Pulg (mm)	Peso en (gr)	Agregado
1/10	1/2 (12.5)	1570	Molde C (fino)
1/3	1 (25.0)	4700	Molde B (grueso)
1/2	1 ½ (37.5)	4360	Molde A (grueso)
1	3 (75)	-	-

- Se llena el recipiente con una pala o cuchara dejando caer el agregado desde una altura aproximada de 5 cm de la parte superior. Asimismo, evitando que el material se reacomode por movimientos indebidos y finalmente se procedió a enrasar utilizando la varilla.
- Pesar el recipiente más agregado suelto y restar el peso del recipiente.

#### • CÁLCULOS

Se calculó el peso volumétrico suelto, a partir de la siguiente ecuación:

$$P. U. S. = \frac{W_{suelto} kg}{V_{recipiente} (m^3)}$$

Donde:

W<sub>s</sub>: Peso suelto (kg)

V<sub>R</sub>: Volumen del recipiente (m<sup>3</sup>)

- **FORMATO DE DATOS**

**Tabla 32. Presentacion de datos de P.U.S. y P.U.C.del agregado fino**

N° del molde (g)	SUELTO			COMPACTADO		
	1	2	3	1	2	3
Peso del molde (g)	4399.00	4399.00	4399.00	4399.00	4399.00	4399.00
Altura del molde (cm)	15.60	15.60	15.60	15.60	15.60	15.60
Diámetro del molde (cm)	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2830.75	2830.75	2830.75	2830.75	2830.75	2830.75
Peso del molde+ muestra (g)						
Peso Unitario (g/cm <sup>3</sup> )						
Peso Unitario promedio (g/cm <sup>3</sup> )						

### 3.5.1.6 *Peso volumétrico seco compactado del agregado fino*

- **EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

- Balanza con aproximación a 0.05 kg y que permita leer con una exactitud de 0.1% del peso de la muestra.
- Barra Compactadora: Recta, de acero liso de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.
- Recipientes cilíndricos normalizados de acuerdo a la Tabla 34.
- Mazo de goma.
- Lampa o cucharón.

- **PROCEDIMIENTO**

- De acuerdo al tamaño máximo del agregado se eligió la capacidad del recipiente como se indica en la Tabla 33.

**Tabla 33.** Volumen del recipiente de acuerdo al T.M.N

Capacidad del recipiente (ft <sup>3</sup> )	TMN de agregado Pulg (mm)	Peso en (g)	Agregado
1/10	1/2 (12.5)	1570	Molde C (fino)
1/3	1 (25.0)	4700	Molde B (grueso)
1/2	1 ½ (37.5)	4360	Molde A (grueso)
1	3 (75)	-	-

- Con cuarteadoras se obtuvo una muestra representativa, se escogió el tamaño de la muestra aproximada de 125% a 200% de la cantidad requerida para llenar el molde.
- Con el material seco y seleccionado (método de cuarteo), se procedió a llenar la tercera parte del recipiente y con la ayuda de la varilla de 5/8" se compactó la primera capa con 25 golpes distribuidos uniformemente sobre su superficie, se consideró no golpear el fondo del recipiente.
- La siguiente capa se llenó hasta los 2/3 partes del molde y se compacta igual que en la capa anterior.
- Finalmente se colocó la última capa excediendo el volumen del recipiente y con la varilla se compacta y se enrasa la superficie, además al compactar las dos últimas capas la varilla debe penetrar hasta 5cm de la capa anterior.
- Para una mejor compactación, después de cada capa se dieron 3 golpes con el martillo de goma en cada uno de los cuadrantes.

#### • CALCULOS

Se calculó el peso unitario compactado, a partir de la siguiente ecuación:

$$P.U.C. = \frac{W_{compactado} kg}{V_{recipiente} (m^3)}$$

Donde:

W<sub>C</sub>: Peso compactado (kg)

V<sub>R</sub>: Volumen del recipiente (m<sup>3</sup>)

### 3.5.1.7 *Peso volumétrico seco suelto del agregado grueso*

- **EQUIPOS**

- Balanza con aproximación a 0.05 kg y que permita leer con una exactitud de 0.1% del peso de la muestra.
- Barra Compactadora: Recta, de acero liso de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.
- Recipientes cilíndricos normalizados de acuerdo a la tabla 36
- Mazo de goma.
- Lampa o cucharón.

- **PROCEDIMIENTO**

- De acuerdo al tamaño máximo del agregado se eligió la capacidad del recipiente como se indica en la Tabla 36.

**Tabla 34.** Volumen del recipiente de acuerdo al T.M.N

Capacidad del recipiente (ft <sup>3</sup> )	TMN de agregado Pulg (mm)	Peso en (gr)	Agregado
1/10	1/2 (12.5)	1570	Molde C (fino)
1/3	1 (25.0)	4700	Molde B (grueso)
1/2	1 ½ (37.5)	4360	Molde A (grueso)
1	3 (75)	-	-

- Se llenó el recipiente con una pala o cuchara dejando caer el agregado desde una altura aproximada de 5 cm de la parte superior. Asimismo, evitando que el material se reacomode por movimientos indebidos y finalmente se procedió a enrasar utilizando la varilla.
- Se pesó el recipiente más agregado suelto y se restó el peso del recipiente.

- **CÁLCULOS**

Se calculó el peso volumétrico suelto, a partir de la siguiente ecuación:

$$P.U.S. = \frac{W_{suelto} kg}{V_{recipiente} (m^3)}$$

Donde:

$W_s$ : Peso suelto (kg)

$V_R$ : Volumen del recipiente ( $m^3$ )

**Tabla 35. Presentación de datos de P.U.S. y P.U.C. del agregado grueso**

N° del molde (g)	SUELTO			COMPACTADO		
	1	2	3	1	2	3
Peso del molde (g)	13458.00	13458.00	13458.00	13458.00	13458.00	13458.00
Altura del molde (cm)	26.40	26.40	26.40	26.40	26.40	26.40
Diámetro del molde (cm)	26.20	26.20	26.20	26.20	26.20	26.20
Volumen del molde ( $cm^3$ )	14233.00	14233.00	14233.00	14233.00	14233.00	14233.00
Peso del molde+ muestra (g)						
Peso Unitario ( $g/cm^3$ )						
Peso Unitario promedio ( $g/cm^3$ )						

### 3.5.1.8 *Peso volumétrico seco compactado del agregado grueso*

- **EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

- Balanza con aproximación a 0.05 kg y que permita leer con una exactitud de 0.1% del peso de la muestra.
- Barra Compactadora: Recta, de acero liso de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.
- Recipientes cilíndricos normalizados de acuerdo a la tabla 37.
- Mazo de goma.
- Lampa o cucharón.

- **PROCEDIMIENTO**

- De acuerdo al tamaño máximo del agregado se elige la capacidad del recipiente como se indica en la Tabla 36.

**Tabla 36.** Volumen del recipiente de acuerdo al T.M.N

CAPACIDAD DEL RECIPIENTE (ft <sup>3</sup> )	TMN DE AGREGADO Pulg (mm)	Peso en (g)	Agregado
1/10	1/2 (12.5)	1570	Molde C (fino)
1/3	1 (25.0)	4700	Molde B (grueso)
1/2	1 ½ (37.5)	4360	Molde A (grueso)
1	3 (75)	-	-

- Con cuarteadoras se obtuvo una muestra representativa, se escogió el tamaño de la muestra aproximada de 125% a 200% de la cantidad requerida para llenar el molde.
- Con el material seco y adecuadamente seleccionado (método de cuarteo), se llenó la tercera parte del recipiente y con la ayuda de la varilla de 5/8" se compactó la primera capa con 25 golpes distribuidos uniformemente sobre su superficie, se tener en consideración no golpear el fondo del recipiente durante la compactación.
- La siguiente capa se llenó hasta los 2/3 partes del molde y se compacta igual que en la capa anterior.
- Finalmente se colocó la última capa excediendo el volumen del recipiente, y con la varilla se compactó y se enrasó la superficie, además al compactar las dos últimas capas la varilla debe penetrar hasta 5cm de la capa anterior.
- Para una mejor compactación, después de cada capa se dieron 3 golpes con el martillo de goma en cada uno de los cuadrantes

• **CÁLCULOS**

Se calculó el peso unitario compactado, a partir de la siguiente ecuación:

$$P.U.C. = \frac{W_{compactado} kg}{V_{recipiente} (m^3)}$$

Donde:

W<sub>C</sub>: Peso compactado (kg)

V<sub>R</sub>: Volumen del recipiente (m<sup>3</sup>)

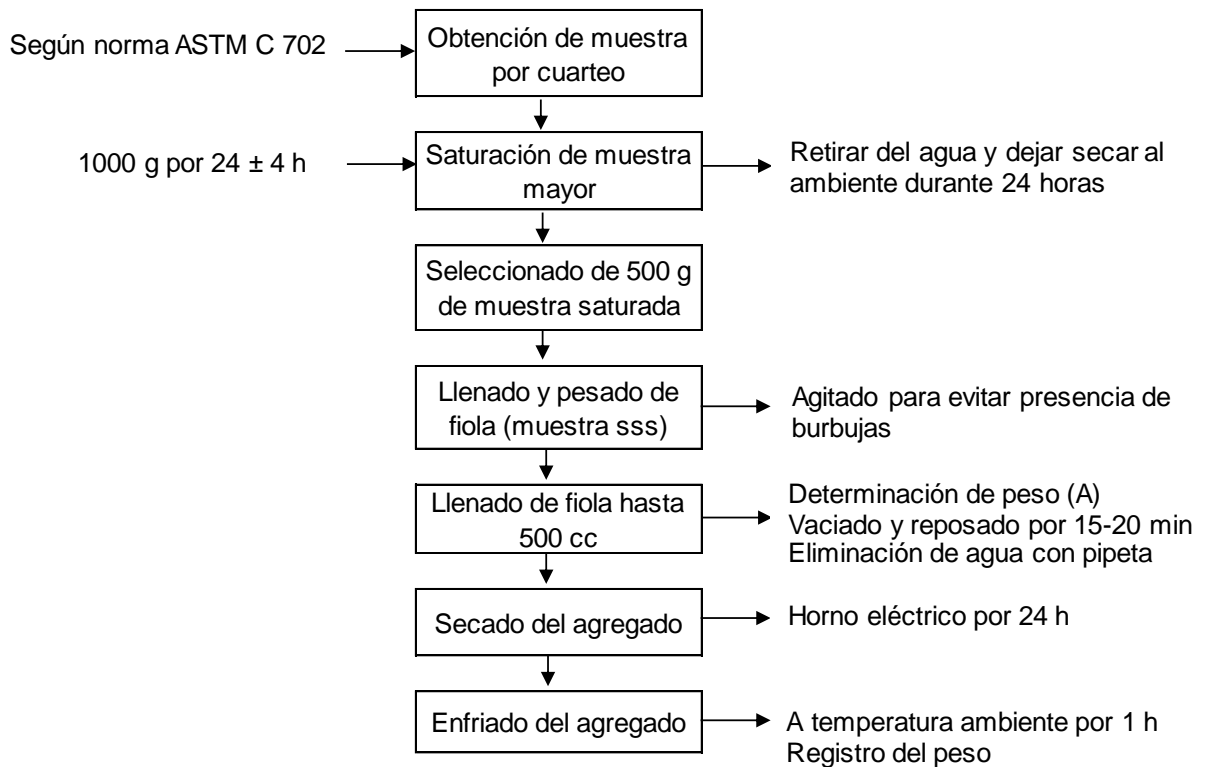
### **3.5.1.9 *Peso específico y absorción del agregado fino***

- **EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

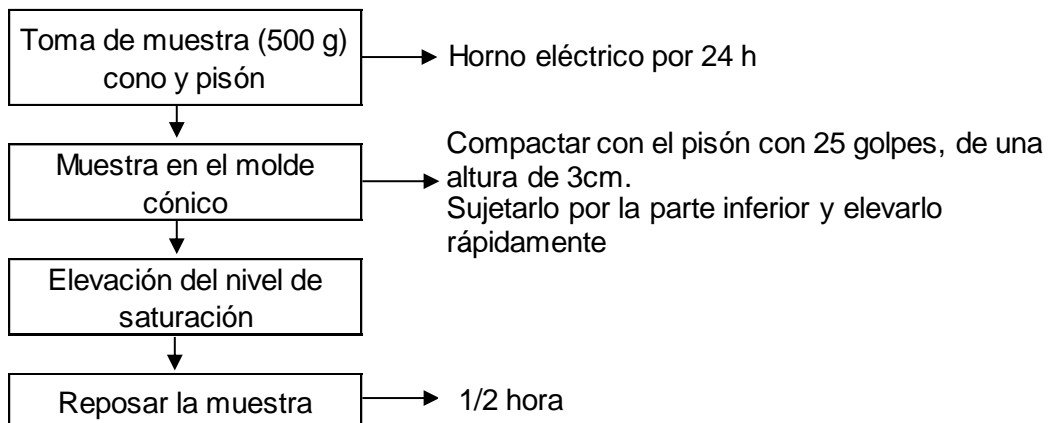
- Lampa.
- Baldes de tamaño medio.
- Balanza con aproximación a 0.1 gr.
- Fiola de 500 ml de capacidad.
- Pipetas.
- Recipientes metálicos.
- Horno con capacidad de mantener temperaturas entre  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Hornilla o secador eléctrico.
- Cono y pisón.
- Pliegos de plástico transparente.

- **PROCEDIMIENTO**

Se realizará el procedimiento de los análisis como se detallan en la Figura 2 y Figura 3.



**Figura 1.** Proceso para determinar peso específico y absorción para agregado fino (NTP 400.021 y NTP 400.022)



**Figura 2.** Proceso de método de cono

- **CÁLCULOS**

Para obtener los dos valores se realizaron las siguientes relaciones:

$$P.E. Masa = \frac{D}{E - C}$$

Donde:

P.E. masa: Peso específico de la masa

D: Peso de la arena seco al horno

E: Volumen del frasco

C: Peso del agua

$$P.E. Masa_{SSS} = \frac{500}{E - C}$$

Donde:

P.E. masa<sub>SSS</sub>: Peso específico de la masa saturada superficialmente seco

E: Volumen del frasco

C: Peso del agua

$$P.E. Aparente = \frac{D}{(E - C) - (500 - D)}$$

Donde:

P.E. aparente: Peso específico aparente

D: Peso de la arena seco al horno

E: Volumen del frasco

C: Peso del agua

$$\% Absorción = \frac{(500 - D)}{D} \times 100$$

Donde:

% absorción: Porcentaje de absorción

D: Peso de la arena seco al horno

- **PRESENTACIÓN DE DATOS**

**Tabla 37.** Presentación de datos de gravedad específica y absorción agregado fino

N° del Tara		PROMEDIO		
		A-22	A-22	A-22
Peso Picnómetro	(g)	145.60	145.60	145.60
Peso del Picnómetro de Agua	(g)	677.00	677.00	677.00
Peso Tara	(g)	74.70	74.70	74.70
Peso Tara +Muestra Seca (g)		371.90	371.90	371.90
Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficialmente Seca	(g)	300.00	300.00	300.00
Peso del Picnómetro con muestra y agua	(g)	864.00	864.00	864.00
Peso en el Aire de la Muestra Seca	(g)	297.20	297.20	297.20
Gravedad Especifica Aparente				
Gravedad Especifica Bulk				
Absorción	(%)			

### 3.5.1.10 *Peso específico y absorción del agregado grueso*

Se realizará de acuerdo a la NTP 400.017, para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado fino.

- **EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

- Lampa.
- Baldes de tamaño medio.
- Balanza con aproximación a 0.1 gr y que permita leer con una exactitud de 0.1% del peso de la muestra.
- Balanza hidrostática.
- Canastilla metálica.
- Horno con capacidad de mantener temperaturas entre  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Trapo seco.

- Recipientes metálicos (taras).

- **PROCEDIMIENTO**

- Con cuarteadoras se obtuvo una muestra representativa según la norma ASTM C 70. Luego, descartar el material que pase a través del tamiz N°4 por tamizado en seco.
- Lavar la muestra de ensayo eliminando polvo e impurezas, posteriormente seleccionar una porción de la muestra tratada de acuerdo a la tabla 40.

**Tabla 38. Cantidad mínima de muestra**

<b>TMN de agregado (Pulgadas)</b>	<b>Cantidad mínima de ensayo (kg)</b>
1/2"	2.0
3/4"	3.0
1"	4.0
1 1/2"	5.0
2"	6.0

- Secar el material en el horno y dejarlo enfriar y sumergirlo en un balde con agua por un periodo de  $24 \pm 4$  horas.
- Retirar la muestra seleccionada, colarla sobre una franela y con la ayuda de sus extremos secar la superficie de sus partículas. De esta forma se obtendrá la muestra saturada con superficie seca.
- Registrar su peso (A).
- Colocar la muestra saturada con superficie seca en la canastilla metálica de la balanza hidrostática y determinar su peso sumergido en agua (B) a una temperatura de  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ .
- Secar la muestra en el horno hasta obtener un peso constante. Luego tomar nota de su peso.
- Los valores correspondientes a la absorción y los pesos específicos están dentro de cálculos.

- **CÁLCULOS**

Para obtener los dos valores se realizaron las siguientes relaciones:

$$P.E.Masa = \frac{D}{C}$$

Donde:

P.E. masa: Peso específico de la masa

D: Peso seco en el aire

C: Volumen de la masa + volumen de vacíos

$$P.E.Masa_{SSS} = \frac{A}{C}$$

Donde:

P.E. masa<sub>SSS</sub>: Peso específico de la masa saturada superficialmente seco

A: Peso de la muestra saturada superficialmente seca (en aire)

C: Volumen de la masa + volumen de vacíos

$$P.E.Aparente = \frac{D}{E}$$

Donde:

P.E. aparente: Peso específico aparente

D: Peso seco en aire

E: Volumen de la masa

$$\% Absorción = \frac{(A - D)}{D} \times 100$$

Donde:

% absorción: Porcentaje de absorción

A: Peso de la muestra saturada superficialmente seca (en aire)

D: Peso seco en aire

- **FORMATO DE DATOS**

**Tabla 39.** Presentación de datos de gravedad específica y absorción agregado grueso

N° del Tara		PROMEDIO		
		T-5	T-5	T-5
Peso Tara	(g)	317.00	317.00	317.00
Peso Tara + Muestra Seca	(g)	5542.00	5542.00	5542.00
Peso Tara + Muestra Saturada Superficialmente Seca (g)		5587.00	5587.00	5587.00
Peso Sumergido Canastilla +Muestra Saturada Superficialmente Seca	(g)	4436.00	4436.00	4436.00
Peso en el Aire de la Muestra Seca	(g)	5225.00	5225.00	5225.00
Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficialmente Seca	(g)	5270.00	5270.00	5270.00
Peso Sumergido de la Muestra Saturada Superficialmente Seca	(g)	3351.00	3351.00	3351.00
Gravedad Especifica Aparante				
Gravedad Especifica Bulk				
Gravedad Especifica Bulk Saturada Superficialmente Seco				
Absorcion	(%)			

### 3.5.1 Diseño y dosificación

#### 3.5.1.1 Nano dosificación

Consistió en determinar cantidades adecuadas de los componentes del concreto para adicionar las nano partículas a partir del conocimiento de las propiedades físicas de los materiales que lo componen; por lo que se cuenta con diversos métodos de diseño.

**Tabla 40. Diseño de mezcla del concreto con nanopartículas**

MATERIALES		P. seco diseño	Proporción	Peso en obra	P. unit. en obra	Tanda peso	Ft <sup>3</sup>	Tanda peso	Lab. peso 3 prob
Cemento	(kg)	408.9	1.00	408.9	1.00	42.5	1.0	42.5	23.8
Agua	(lts)	184.0	19.13	187.25	19.46	19.46	19.46	19.46	10.9
Arena	(kg)	690.2	1.69	697.13	1.70	72.5	1.66	72.5	40.6
Piedra	(kg)	989.4	2.42	994.25	2.43	103.3	2.44	103.3	58.0
Aire Aditivo superplastificante (ml)		6.00%						250	140.2
SiO <sub>2</sub>	(gr)	0.00%		0.000				0.000	0.000
TiO <sub>2</sub>	(gr)	0.00%		0.000				0.000	0.000

**Tabla 41. Dosificación de concreto por m<sup>3</sup> inc. nanopartículas**

MATERIALES		0.5% de			
		Concreto patrón	nanopartículas	1.0% de nanopartículas	1.5% de nanopartículas
Cemento	(kg)	408.9	408.9	408.9	408.9
Agua	(lts)	187.25	187.25	187.25	187.25
Arena	(kg)	697.13	697.13	697.13	697.13
Piedra	(kg)	994.25	994.25	994.25	994.25
Aire		6.00%	6.00%	6.00%	6.00%
SiO <sub>2</sub>	(kg)	0.00	2.044	4.089	6.133
TiO <sub>2</sub>	(kg)	0.00	2.044	4.089	6.133

### 3.5.2 Ensayos del concreto en estado fresco

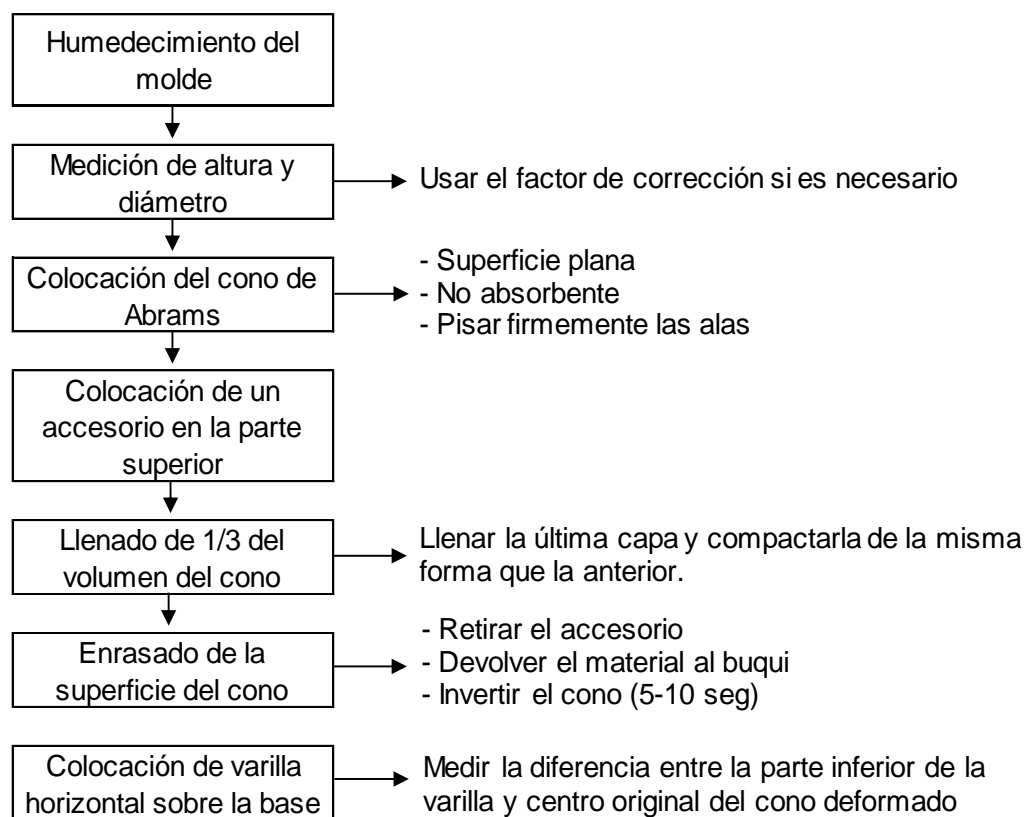
#### 3.5.2.1 Asentamiento en el cono de Abrams

Definido como "SLUMP" o índice de consistencia, este ensayo se realiza con el objetivo de obtener una medida de la trabajabilidad de la mezcla. De acuerdo a la NTP 339.035 (2009) este método no se considera aplicable a concretos no plásticos y no cohesivos, asimismo al realizar la obra, esta prueba se realiza durante la descarga del concreto, dentro de los cinco minutos de haber obtenido una muestra representativa.

- **EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

- Barra de acero de 5/8" de diámetro y 24" de largo.
- Cuchara metálica.
- Regla metálica o wincha.
- Cono de abrams.

- **PROCEDIMIENTO**



**Figura 3.** Procedimiento del asentamiento con el cono de Abrams (NTP 339.035)

Cuando se elaboró el ensayo toda superficie que estuvo en contacto con la mezcla se humedeció con el fin de evitar la variación del agua del diseño y un cambio en la medida del asentamiento.

### 3.5.2.2 *Peso unitario*

El peso unitario (NTP 339.046), es el peso varillado expresado en kilos por metro cubico, de una muestra representativa del concreto.

- **EQUIPOS**

- Balanza con una precisión del 0.1% de precisión.
- Barra de acero de 5/8" de diámetro y 24" de largo.
- Recipiente cilíndrico de acero ver tabla 43.
- Martillo de goma.
- Pala o cuchara metálica.
- Badilejo.

- **PROCEDIMIENTO**

#### **PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

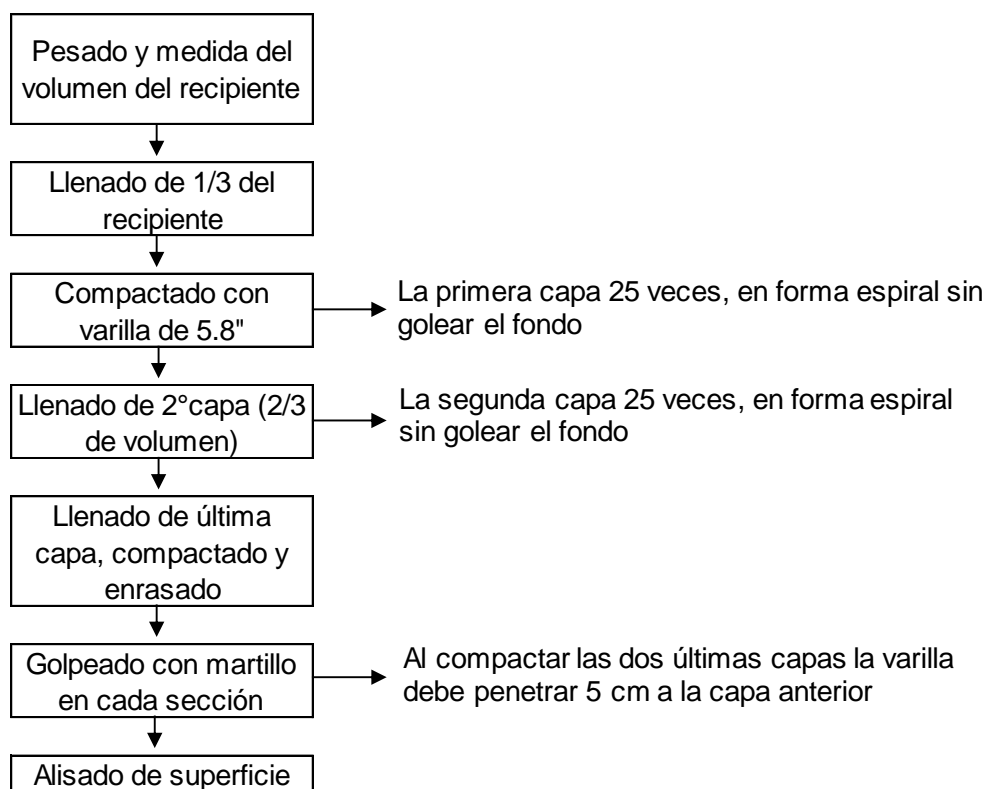
El concreto se preparó de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Peruana 339.183.

#### **DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO**

- Se seleccionó el recipiente a emplear de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado grueso usado en la mezcla (Tabla 43)

**Tabla 42. Tamaño del recipiente en función al TMN del agregado**

CAPACIDAD		TMN DEL AGREGADO	
Pie <sup>3</sup>	L	pulg	mm
0.2	6	1	25.0
0.4	11	1 ½"	37.5
0.5	14	2	50
1.0	28	3	75
2.5	70	4 ½"	112



**Figura 4.** Proceso de determinación de peso unitario del concreto (NTP 339.046)

Los golpes que se dan con el martillo de goma tienen la finalidad de reducir los espacios vacíos producidos por la penetración de la varilla y permitir de esta manera un mejor desarrollo de la fase continua del concreto.

#### • CÁLCULO

Para determinar el peso unitario del concreto se usó la siguiente fórmula:

$$P.U = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

Donde:

$M_c$ : Peso del recipiente lleno de concreto (kg)

$M_m$ : Peso de recipiente (kg)

$V_m$  : Volumen del recipiente ( $m^3$ )

El rendimiento de la mezcla indica el volumen de concreto que se obtiene por cada tanda. Si  $R > 1.0$  existe una producción en exceso de concreto. Por el contrario, si  $R < 1.0$  el volumen de la mezcla es menor con relación al volumen de diseño.

- **FORMATO DE DATOS**

**Tabla 43.** Formato de presentación de datos de peso unitario del concreto fresco

		<b>LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES</b>			
		<b>DETERMINACION DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO</b>			
		<b>Descripción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
<b>Calibración</b>	Peso del recipiente		$M_m$		
	Peso del agua en el recipiente		$M_a$		
	Volumen del recipiente		$V_m$		
<b>Determinación del P.U.</b>	Peso del recipiente		$M_m$		
	Peso del recipiente con el concreto		$M_c$		
	Volumen del recipiente		$V_m$		
	Peso unitario del concreto		P.U.		
<b>Rendimiento</b>	Peso de la tanda de diseño		$W_t$		
	Volumen de la tanda de diseño		$V_t$		
	Rendimiento Volumétrico		R		
	Rendimiento relativo		$R'$		

### 3.5.2.3 *Contenido de aire*

- **EQUIPOS**

- Equipo de Washington.
- Barra de acero de 5/8" de diámetro y 24" de largo.

- Martillo de goma.
- Placa de acrílico con una longitud y ancho no menor a 5 cm adicionales al diámetro del recipiente.
- Pala o cuchara metálica.
- Badilejo.

- **PROCEDIMIENTO**

- Humedecer el interior del recipiente y colocarlo sobre una superficie plana.
- Llenar la tercera parte del recipiente con la mezcla al recipiente la tercera parte. Con la ayuda de la varilla de acero compactar la primera capa con 25 golpes.
- Golpear con el martillo de goma entre 10 a 15 veces las paredes del molde.
- Llenar la segunda capa hasta las 2/3 partes del volumen del recipiente y compactarla.
- Colocar la última capa hasta sobrepasar el borde superior compactarla con la varilla de acero y enrasar su superficie.
- Limpiar los bordes del recipiente y ensamblar la tapa cerrando todos los sus seguros a fin de mantener el cierre hermético en los bordes.
- Inyectar agua por una de las válvulas, hasta que el agua emerja por la otra válvula, agitar hasta que el aire haya salido en su totalidad.
- Cerrar las válvulas hasta que el recipiente queda herméticamente sellado en su totalidad.
- Bombear aire con el inyector hasta que la aguja del dial señala la línea de presión inicial.
- Abrir la válvula del aire para liberar la presión dentro del molde. Luego tomar lectura del manómetro y expresarla en porcentaje.

### 3.5.3 Ensayos de concreto en estado endurecido

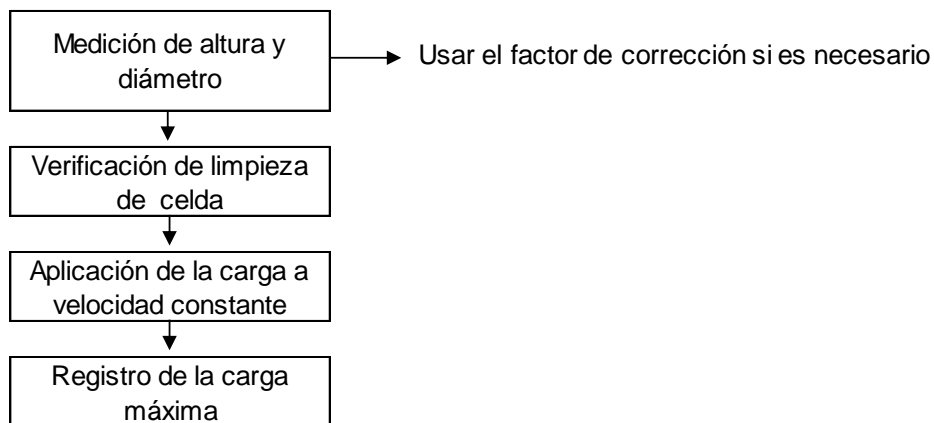
#### 3.5.3.1 Resistencia a la compresión axial

La resistencia a la compresión del concreto se cuantificó a los 7, 14 y 28 días de vaciado el concreto.

- **EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

- Prensa de concreto (Marca: FORNEY, Modelo: F-1100 KN-VFD-AUTO, Serie: 14189)
- Balanza analítica (Marca: OHAUS, Modelo: V41XWE15T)
- Vernier digital (Marca: STANLEY)

- **PROCEDIMIENTO**



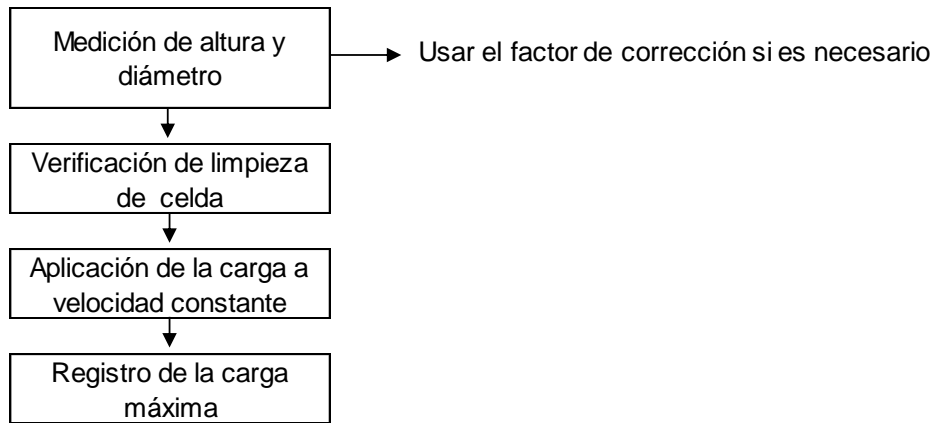
**Figura 5.** Proceso de resistencia a la compresión axial

#### 3.5.3.2 Ensayo de tracción diametral

- **EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

- Prensa de concreto (Marca: FORNEY, Modelo: F-1100 KN-VFD-AUTO, Serie: 14189)
- Balanza analítica (Marca: OHAUS, Modelo: V41XWE15T)
- Vernier digital (Marca: STANLEY)

- **PROCEDIMIENTO**



**Figura 6.** Proceso de ensayo de tracción diametral

### 3.6 Diseño experimental

#### 3.6.1 Diseño estadístico probabilístico

Los efectos de las variables independientes los nanomateriales en las combinaciones son mostradas en la Tabla 35 y Tabla 36.

El esquema general de tipos de grupos, es el siguiente para la combinación de SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> y SiO<sub>2</sub> + TiO<sub>2</sub>.

- M-1 (CP), Concreto Patrón Normal de 350 kg/cm<sup>2</sup>.
- M-2 (CP+0.5 SiO<sub>2</sub>), Concreto Patrón + 0.5% de dióxido de silicio
- M-3 (CP+1.0 SiO<sub>2</sub>), Concreto Patrón + 1.0% de dióxido de silicio.
- M-4 (CP+1.5 SiO<sub>2</sub>), Concreto Patrón + 1.5% de dióxido de silicio.

**Tabla 44.** Esquema de la cantidad de muestras

Combinaciones	SiO <sub>2</sub>			TiO <sub>2</sub>			SiO <sub>2</sub> +TiO <sub>2</sub>				
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días		
M1 0.0%	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	54
M2 0.5%	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	54
M3 1.0%	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	54
M4 1.5%	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	54
			24			24			24		216

**Tabla 45.** Resumen de cantidad de muestras para resistencia a la tracción

Combinaciones	SiO <sub>2</sub>			TiO <sub>2</sub>			SiO <sub>2</sub> +TiO <sub>2</sub>			
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días	
M1 0.0%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27
M2 0.5%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27
M3 1.0%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27
M4 1.5%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27
			12			12			12	108

### 3.6.2 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de las probetas bajo la nano dosificación, se generó el gráfico de los coeficientes de regresión de la ecuación. Los gráficos fueron usados para mostrar la relación entre la respuesta y los niveles de cada variable independiente y deducir las condiciones óptimas de elaboración del recubrimiento comestible para preservar la vida útil del arándano. La significancia estadística de cada coeficiente de regresión será determinada usando el test Student's t. El modelo de regresión será evaluado por el análisis de varianza (ANOVA) y Pareto. Todos los análisis estadísticos serán realizados a un nivel de significancia de ( $p \leq 0.05$ ) usando el software STATISTICA versión 13.1.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 48 y 49 se muestra un resumen de las propiedades mecánicas de los agregados fino y grueso ensayados en el laboratorio TCINGE S.A.C. (Ver Anexo A: Ensayo de los Agregados.)

### 4.1 Propiedades físicas de los agregados

- Agregado grueso

**Tabla 46.** Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso

ASTM C33	MALLA	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA ACUMULADO
ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO	3"	75.00	-	-	-	100.0
	2 1/2"	63.00	-	-	-	100.0
	2"	50.00	-	-	-	100.0
	1 1/2"	37.50	-	-	-	100.0
	1"	25.00	-	-	-	100.0
	3/4"	19.00	48.2	2.7	2.7	97.3
	1/2"	12.50	581.2	32.3	35.0	65.0
	3/8"	9.500	371.6	20.7	55.7	44.3
	Nº4	4.750	771.6	42.9	98.7	1.3
	Nº8	2.360	24.0	1.3	100.0	0.0
	Nº16	1.180	-	-	100.0	0.0
	Nº30	0.600	-	-	100.0	0.0
	Nº50	0.300	-	-	100.0	0.0
	Nº100	0.150	-	-	100.0	0.0
	Nº200	0.075	-	-	100.0	0.0
T.M.N: 3/4						

#### HUMEDAD NATURAL

##### ASTM D 2216

Humedad Natural (%):	0.49
Módulo de finura:	6.57

**Tabla 47.** Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

N° del molde		SUELTO			COMPACTADO		
		1	2	3	1	2	3
<b>Peso del molde</b>	<b>(g)</b>	13458.00	13458.00	13458.00	13458.00	13458.00	13458.00
<b>Altura del molde</b>	<b>(cm)</b>	26.40	26.40	26.40	26.40	26.40	26.40
<b>Diámetro del molde</b>	<b>(cm)</b>	26.20	26.20	26.20	26.20	26.20	26.20
<b>Volumen del molde</b>	<b>(cm<sup>3</sup>)</b>	14233.00	14233.00	14233.00	14233.00	14233.00	14233.00
<b>Peso del molde+ muestra</b>	<b>(g)</b>	34662.00	34815.00	34775.00	36836.00	36886.00	37064.00
<b>Peso Unitario</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.490	1.501	1.498	1.643	1.646	1.659
<b>Peso Unitario promedio</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>		1.496			1.649	

**Tabla 48.** Gravedad específica y absorción del agregado grueso

N° del Tara		T-5	T-5	T-5	PROMEDIO
Peso Tara	(g)	317.00	317.00	317.00	
Peso Tara + Muestra Seca	(g)	5542.00	5542.00	5542.00	
Peso Tara + Muestra Saturada Superficialmente Seca (g)		5587.00	5587.00	5587.00	
Peso Sumergido Canastilla +Muestra Saturada Superficialmente Seca	(g)	4436.00	4436.00	4436.00	
Peso en el Aire de la Muestra Seca	(g)	5225.00	5225.00	5225.00	
Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficialmente Seca	(g)	5270.00	5270.00	5270.00	
Peso Sumergido de la Muestra Saturada Superficialmente Seca	(g)	3351.00	3351.00	3351.00	
Gravedad Especifica Aparante		2.79	2.79	2.79	2.79
Gravedad Especifica Bulk		2.72	2.72	2.72	2.72
Gravedad Especifica Bulk Saturada Superficialmente Seco		2.75	2.75	2.75	2.75
Absorción	(%)	0.86	0.86	0.86	0.86

**Tabla 49.** Resumen de las Propiedades mecánicas del Agregado Grueso

<b>Agregado grueso</b>	
Tamaño máximo nominal	¾"
Módulo de fineza	6.57
Peso unitario suelto	1496 kg/cm <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1649 kg/cm <sup>3</sup>
Peso específico	2.72 gr/cc
Absorción	0.86%
Humedad	0.49%

- **Agregado fino**

**Tabla 50.** Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino

ASTM C33	MALLA	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA ACUMULADO	<b>HUMEDAD NATURAL</b>	
							<b>ASTM D 2216</b>	
							Humedad Natural (%):	1.00
							Módulo de finura:	2.98
ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO	3"	75.00	-	-	-	100.0		
	2 1/2"	63.00	-	-	-	100.0		
	2"	50.00	-	-	-	100.0		
	1 1/2"	37.50	-	-	-	100.0		
	1"	25.00	-	-	-	100.0		
	3/4"	19.00	-	-	-	100.0		
	1/2"	12.50	-	-	-	100.0		
	3/8"	9.500	-	-	-	100.0		
	Nº4	4.750	14.0	0.9	0.9	99.1		
	Nº8	2.360	230.0	14.1	15.0	85.0		
	Nº16	1.180	427.6	26.3	41.3	58.7		
	Nº30	0.600	399.7	24.6	65.9	34.1		
	Nº50	0.300	288.9	17.8	83.6	16.4		
Nº100	0.150	127.0	7.8	91.4	8.6			
Nº200	0.075	55.7	3.4	94.8	5.2			

**Tabla 51.** Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

N° del molde		SUELTO			COMPACTADO		
		1	2	3	1	2	3
Peso del molde	(g)	4399.00	4399.00	4399.00	4399.00	4399.00	4399.00
Altura del molde	(cm)	15.60	15.60	15.60	15.60	15.60	15.60
Diámetro del molde	(cm)	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	2830.75	2830.75	2830.75	2830.75	2830.75	2830.75
Peso del molde+ muestra	(g)	8769.00	8778.00	8757.00	9544.00	9552.00	9549.00
Peso Unitario	(g/cm <sup>3</sup> )	1.544	1.547	1.540	1.818	1.820	1.819
Peso Unitario promedio	(g/cm <sup>3</sup> )		1.543			1.819	

**Tabla 52.** Gravedad específica y absorción del agregado fino

N° del Tara			PROMEDIO		
			A-22	A-22	A-22
Peso Picnometro	(g)	145.60	145.60	145.60	
Peso del Picnometro de Agua	(g)	677.00	677.00	677.00	
Peso Tara	(g)	74.70	74.70	74.70	
Peso Tara +Muestra Seca	(g)	371.90	371.90	371.90	
Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficialmente Seca	(g)	300.00	300.00	300.00	
Peso del Picnometro con muestra y agua	(g)	864.00	864.00	864.00	
Peso en el Aire de la Muestra Seca	(g)	297.20	297.20	297.20	
Gravedad Especifica Aparante		2.70	2.70	2.70	2.70
Gravedad Especifica Bulk		2.63	2.63	2.63	2.63
Absorcion	(%)	0.94	0.94	0.94	0.94

**Tabla 53.** Resumen de las Propiedades mecánicas del Agregado fino

Agregado fino	
Módulo de fineza	2.98
Peso unitario suelto	1543 kg/cm <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1819 kg/cm <sup>3</sup>
Peso específico	2.63 gr/cc
Absorción	0.94%
Humedad	1.00%

## 4.2 Propiedades del concreto en estado fresco

Se realizaron distintos ensayos de concreto en estado fresco, se realizaron ensayos por cada adición de 0.5%, 1.0% y 1.5% de dióxido de silicio y dióxido de titanio y una muestra de control de acuerdo a lo establecido en la Norma técnica peruana.

- **Consistencia**

El método de determinación empleado es el método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland NTP 339.035, el cual define como la manejabilidad del concreto es usualmente juzgada por un examen visual, debido a que hasta el momento no se conoce ningún ensayo que mida la propiedad de manera directa. Sin embargo, se han desarrollado una serie de ensayos con los cuales se puede determinar las propiedades del concreto en estado plástico (fresco) en términos de consistencia, fluidez, cohesión y grado de compactación, uno de ellos es el ensayo de asentamiento. Los valores de las mezclas de concreto se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 54.** Valores del ensayo NTP 339.035 con adición de SiO<sub>2</sub>

Mezcla	Asentamiento (in)
CP	3.7
CP+0.5%S	3.5
CP+1.0%S	3.0
CP+1.5%S	2.7

El concreto patrón posee un asentamiento igual a 3.7" debido a que posee un aditivo superplastificante para mezclas de concreto y mortero con una relación  $a/c=0.45$ , para las demás muestras los asentamientos son inferiores a 3.5" y mostrando una consistencia fluida de regular trabajabilidad a mayor adición de dióxido de silicio a la mezcla de concreto proporciona mayor cohesión, aumentando su resistencia a la segregación y su trabajabilidad disminuye, por lo cual amerita mayor porcentaje de aditivo superplastificante.

**Tabla 55.** Valores del ensayo NTP 339.035 con adición de TiO<sub>2</sub>

<b>Mezcla</b>	<b>Asentamiento (in)</b>
CP	3.7
CP+0.5%T	3.55
CP+1.0%T	3.5
CP+1.5%T	3.5

El concreto patrón posee un asentamiento = 3.7" debido a que posee un aditivo superplastificante para mezclas de concreto y mortero con una relación a/c=0.45, para las demás muestras los asentamientos son inferiores a 3.55" y mostrando una consistencia fluida de excelente trabajabilidad a mayor adición de dióxido de titanio a la mezcla de concreto proporciona mayor cohesión y su trabajabilidad se mantiene.

**Tabla 56.** Valores del ensayo NTP 339.035 con adición de SiO<sub>2</sub> + TiO<sub>2</sub>

<b>Mezcla</b>	<b>Asentamiento (in)</b>
CP	3.7
CP+0.5%S+T	3.5
CP+1.0%S+T	3.0
CP+1.5%S+T	2.4

El concreto patrón posee un asentamiento = 3.7" debido a que posee un aditivo superplastificante para mezclas de concreto y mortero con una relación a/c=0.45, para las demás muestras los asentamientos son inferiores a 3.5" y mostrando una consistencia fluida de regular trabajabilidad a mayor adición de dióxido de silicio a la mezcla de concreto proporciona mayor cohesión, aumentando su resistencia a la segregación y su trabajabilidad disminuye, por lo cual amerita mayor porcentaje de aditivo superplastificante.

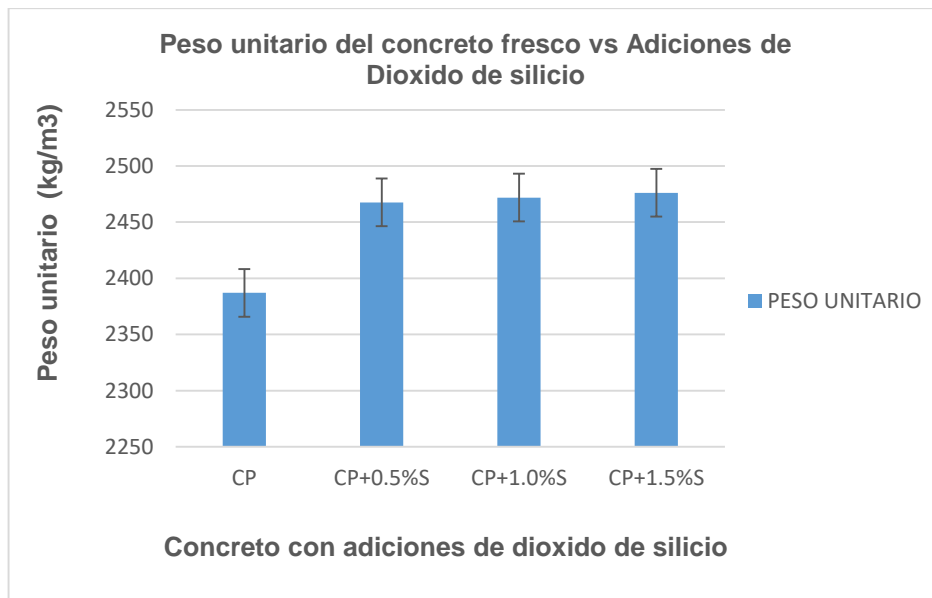
- **Peso unitario**

Se determinó el peso unitario de las mezclas según la norma NTP 339.045 "Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)", los valores del peso unitario del

concreto del peso unitario del concreto de peso normal están en el valor de (1700 a 2500 kg/cm<sup>2</sup>), los resultados se muestran a continuación en las siguientes tablas:

**Tabla 57.** Valores del ensayo NTP 339.046 con adición de SiO<sub>2</sub>

Mezcla	Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )
CP	2387.06
CP+0.5%S	2467.66
CP+1.0%S	2471.90
CP+1.5%S	2476.14

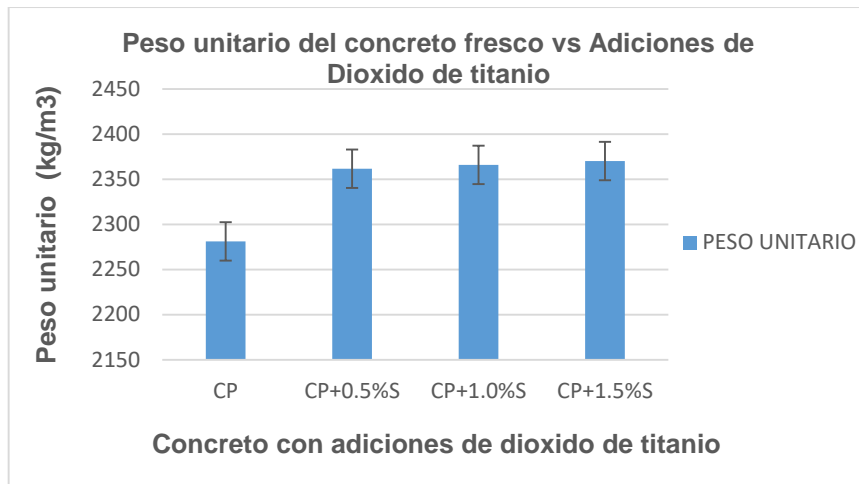


**Figura 10.** Peso unitario del concreto en estado fresco con adiciones de SiO<sub>2</sub>

Las mezclas de concreto con adición de dióxido de silicio poseen un peso unitario superior al concreto patrón en todos los casos.

**Tabla 58.** Valores del ensayo NTP 339.046 con adición de TiO<sub>2</sub>

Mezcla	Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )
CP	2281.02
CP+0.5%T	2361.61
CP+1.0%T	2365.85
CP+1.5%T	2370.10

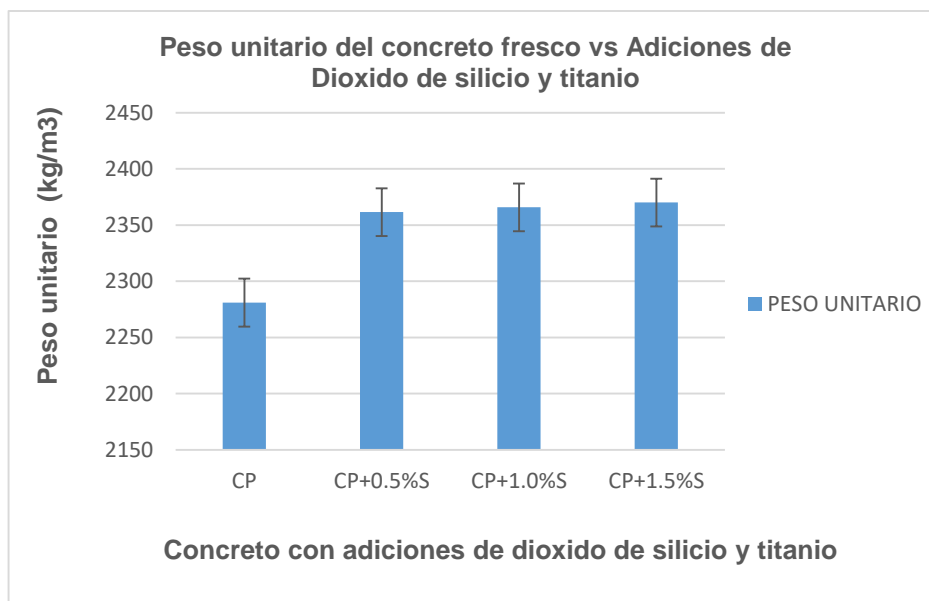


**Figura 11.** Peso Unitario del Concreto en estado Fresco con adiciones de  $\text{TiO}_2$

Las mezclas de concreto con adición de dióxido de titanio poseen un peso unitario superior al concreto patrón en todos los casos.

**Tabla 59.** Valores del ensayo NTP 339.046 con adición de  $\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2$

Mezcla	Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )
CP	2281.02
CP+0.5%S+T	2361.61
CP+1.0%S+T	2365.85
CP+1.5%S+T	2370.10



**Figura 12.** Peso Unitario del Concreto en Estado Fresco con adiciones de  $\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2$

Las mezclas de concreto con adición de dióxido de silicio más titanio poseen un peso unitario superior al concreto patrón en todos los casos.

- **Contenido de aire**

Las mezclas de concreto con adición de dióxido de silicio y titanio y la combinación de ambas poseen un contenido de aire similares al concreto patrón en todos los casos

#### **4.3 Propiedades del concreto en estado endurecido**

- **Resistencia a la compresión con adición de dióxido de silicio**

Se realizo ensayando las probetas cilíndricas en la máquina de ensayos a compresión. En la mayoría de los casos la resistencia del concreto se alcanza a los 28 días, en caso de los concretos de alta resistencia a los 90 días o posterior. La resistencia a la compresión del concreto se calcula dividiendo la fuerza máxima soportada por la probeta entre el promedio del área de la probeta, los ensayos se realizaron a especímenes de 6"x12" curados en agua y ensayadas a los 7, 14 y 28 días. Los resultados se mostrarán a continuación:

**Tabla 60.** Resultados de la Resistencia a la compresión por cada adición de SiO<sub>2</sub> y según la edad del concreto

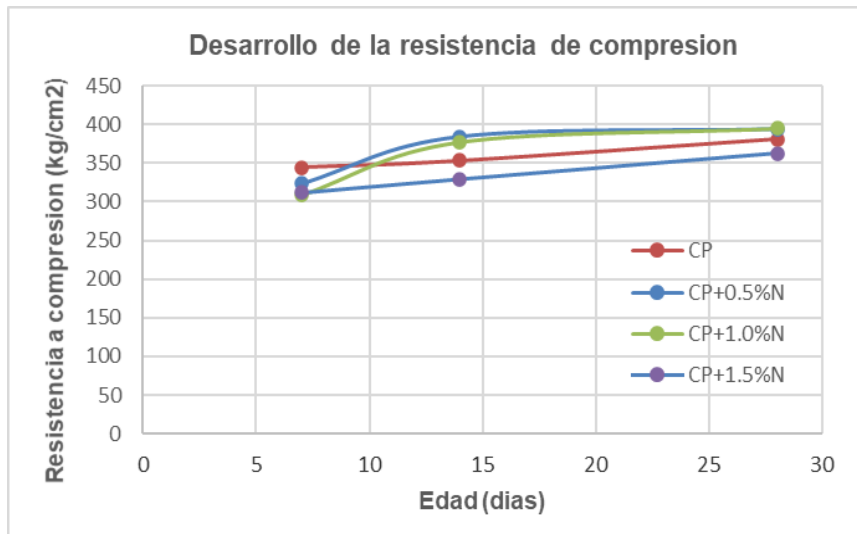
<b>CONCRETO CON ADICIONES DE DIOXIDO DE SILICIO</b>					
<b>RESISTENCIA MECANICA A COMPRESION (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	7 dias	0%	0.50%	1.00%	1.50%
		346.00	338.43	315.12	305.03
		323.00	329.98	314.15	317.63
		335.47	321.42	311.26	314.91
		351.11	313.40	308.10	305.66
		352.61	315.88	303.11	313.77
	359.47	322.04	298.09	314.39	
	14 dias	360.44	371.03	397.32	336.47
		363.18	379.36	360.48	325.24
		391.15	380.04	377.91	330.37
		365.16	393.56	366.47	333.98
		411.19	379.38	391.99	323.62
		227.56	401.00	369.11	325.67
	28 dias	399.23	393.45	381.75	383.79
		424.16	411.36	410.85	345.02
		412.87	386.02	406.31	358.67
		414.89	373.16	395.06	348.72
		416.57	394.03	396.55	373.93
		398.04	405.01	378.55	364.54

**Tabla 61.** Resumen de los promedios de la Resistencia a Compresión según la edad

	0%	0.50%	1.00%	1.50%
7	344.61	323.53	308.31	311.90
14	353.11	384.06	377.21	329.23
28	380.96	393.84	394.85	362.45

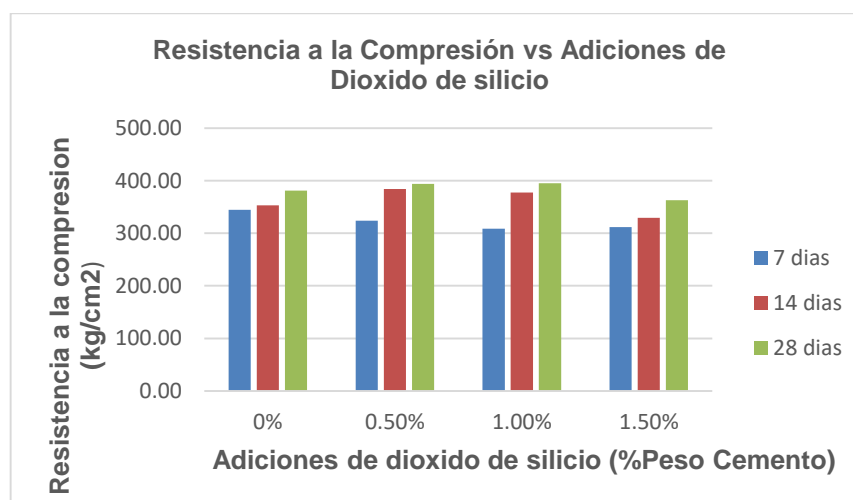
- Los resultados de los ensayos de concreto que se obtuvieron en el laboratorio nos indica, que la resistencia a la compresión alcanzada por el Concreto Patrón a la edad de 28 días es de 380.96 kg/cm<sup>2</sup>.
- Los especímenes con adición de 0.5% de dióxido de silicio aumento su resistencia a los 28 dias con respecto al concreto patrón y el resultado promedio es de 393.84 kg/cm<sup>2</sup>.

- Los especímenes con adición de 1.0% de dióxido de silicio aumento su resistencia a los 28 días con respecto al concreto patrón y el resultado promedio es de 394.85 kg/cm<sup>2</sup>.
- Los especímenes con adición de 1.5% de dióxido de silicio disminuyeron significativamente en 4.85% en base al concreto patrón a la edad de 28 días.

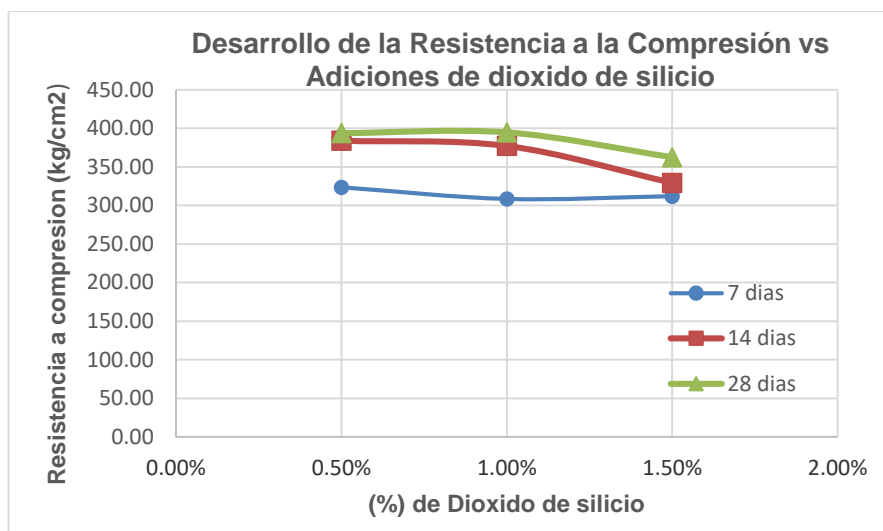


**Figura 13.** Resumen del ensayo de resistencia a la compresión

De la figura anterior se observa el incremento de la resistencia a la compresión de los diferentes diseños de concreto hasta la edad de 28 días.



**Figura 14.** Resumen de la resistencia a la compresión de las diferentes adiciones del SiO<sub>2</sub>



**Figura 15.** Resumen de la resistencia a la compresión de las diferentes adiciones del SiO<sub>2</sub>

De la figura anterior se puede observar que la dosis optima es de dióxido de silicio encontrada es de 0.5%.

- **Resistencia a la compresión con adición de dióxido de titanio**

Se realizó ensayando las probetas cilíndricas en la máquina de ensayos a compresión. En la mayoría de los casos la resistencia del concreto se alcanza a los 28 días, en caso de los concretos de alta resistencia a los 90 días o posterior. La resistencia a la compresión del concreto se calcula dividiendo la fuerza máxima soportada por la probeta entre el promedio del área de la probeta, los ensayos se realizaron a especímenes de 6"x12" curados en agua y ensayadas a los 7, 14 y 28 días. Los resultados se mostrarán a continuación:

**Tabla 62.** Resultados de la Resistencia a la compresión por cada adición de TiO<sub>2</sub> y según la edad del concreto

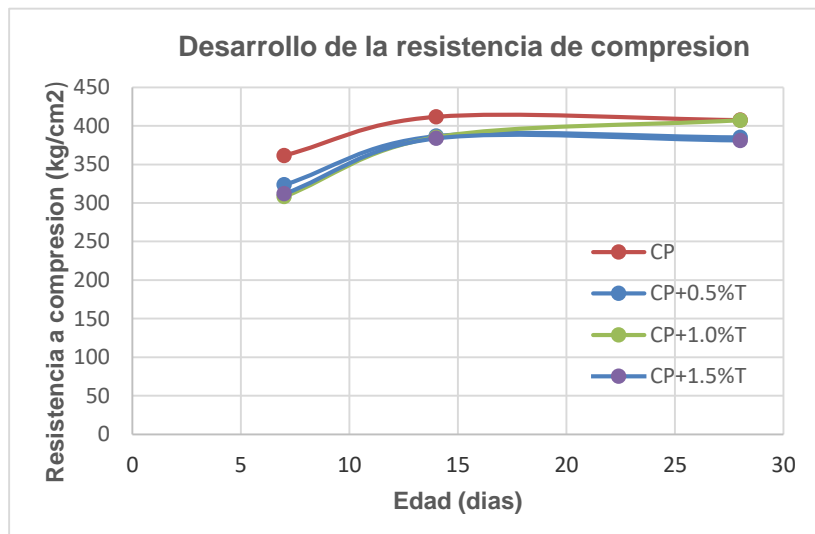
<b>CONCRETO CON ADICIONES DE DIOXIDO DE TITANIO</b>					
<b>RESISTENCIA MECANICA A COMPRESION (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	7 días	0%	0.50%	1.00%	1.50%
		387.84	338.43	315.12	305.03
		382.29	329.98	314.15	317.63
		335.47	321.42	311.26	314.91
		351.11	313.40	308.10	305.66
		352.61	315.88	303.11	313.77
	14 días	359.47	322.04	298.09	314.39
		422.00	375.22	376.34	373.24
		426.84	395.61	389.03	386.34
		402.25	378.13	375.51	375.45
		416.77	410.45	406.56	403.23
		411.88	395.85	387.48	384.48
	28 días	390.20	364.87	376.51	379.56
		406.58	387.93	389.69	377.64
		414.61	378.26	425.62	387.91
		403.23	368.18	406.73	368.84
		379.29	395.22	400.55	383.52
		402.85	397.40	410.10	383.99
	437.74	383.45	410.29	384.89	

**Tabla 63.** Resumen de los promedios de la Resistencia a Compresión según la edad

	0%	0.50%	1.00%	1.50%
7	361.47	323.53	308.31	311.90
14	411.66	386.69	385.24	383.72
28	407.38	385.07	407.16	381.13

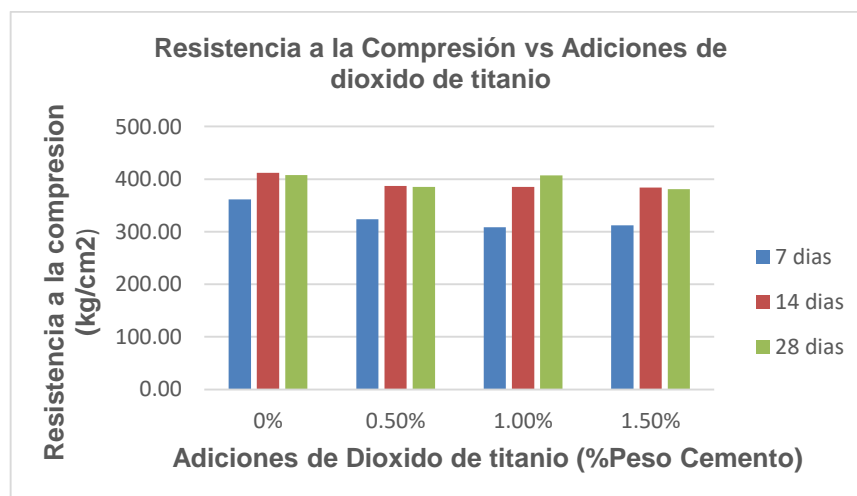
- Los resultados de los ensayos de concreto que se obtuvieron en el laboratorio nos indica, que la resistencia a la compresión alcanzada por el Concreto Patrón a la edad de 28 días es de 407.38 kg/cm<sup>2</sup>.
- Los especímenes con adición de 0.5% de dióxido de titanio disminuyo su resistencia a la compresión a los 28 días con respecto al concreto patrón y el resultado promedio es de 385.07 kg/cm<sup>2</sup>.

- Los especímenes con adición de 1.0% de dióxido de titanio a los 28 días, se mantiene casi igual con respecto al concreto patrón y el resultado promedio es de 407.16 kg/cm<sup>2</sup>.
- Los especímenes con adición de 1.5% de dióxido de titanio disminuyeron significativamente en 6.44% en base al concreto patrón a la edad de 28 días, la resistencia a la compresión alcanzada por el concreto a los 28 días es de 381.13 kg/cm<sup>2</sup>.

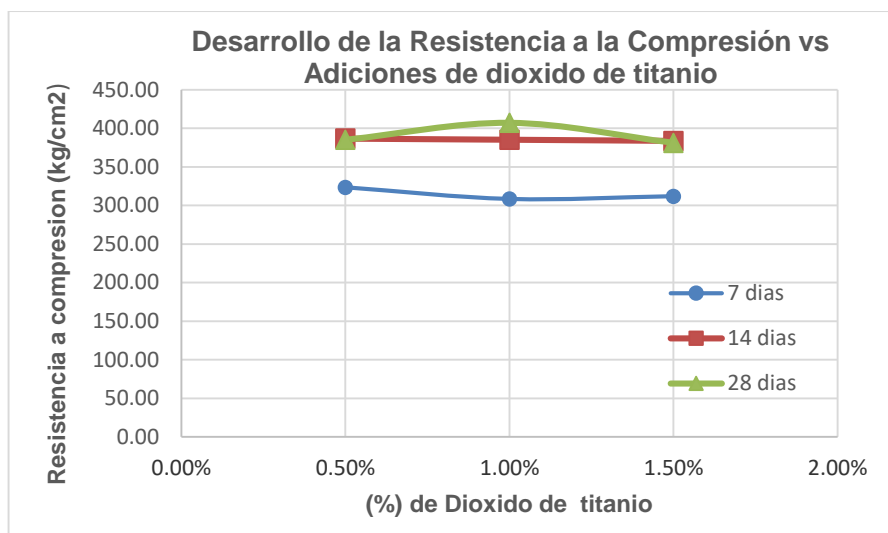


**Figura 16.** Resumen del ensayo de resistencia a la compresión según sus edades

De la figura anterior se observa el incremento de la resistencia a la compresión de los diferentes diseños de concreto hasta la edad de 28 días.



**Figura 17.** Resumen de la resistencia a la compresión de las diferentes adiciones del TiO<sub>2</sub>



**Figura 18.** Resumen de la resistencia a la compresión de las diferentes adiciones del TiO<sub>2</sub>

En la Figura 19 se puede observar que la dosis óptima es de dióxido de silicio encontrada es de 1.0%.

- **Resistencia a la compresión con adición de dióxido de silicio y dióxido de titanio**

Se realizó ensayando las probetas cilíndricas en la máquina de ensayos a compresión. En la mayoría de los casos la resistencia del concreto se alcanza a los 28 días, en caso de los concretos de alta resistencia a los 90 días o posterior. La resistencia a la compresión del concreto se calcula dividiendo la fuerza máxima soportada por la probeta entre el promedio del área de la probeta, los ensayos se realizaron a especímenes de 6"x12" curados en agua y ensayadas a los 7, 14 y 28 días. Los resultados se mostrarán a continuación:

**Tabla 64.** Resultados de la Resistencia a la compresión por cada adición de SiO<sub>2</sub> + TiO<sub>2</sub> y según la edad del concreto

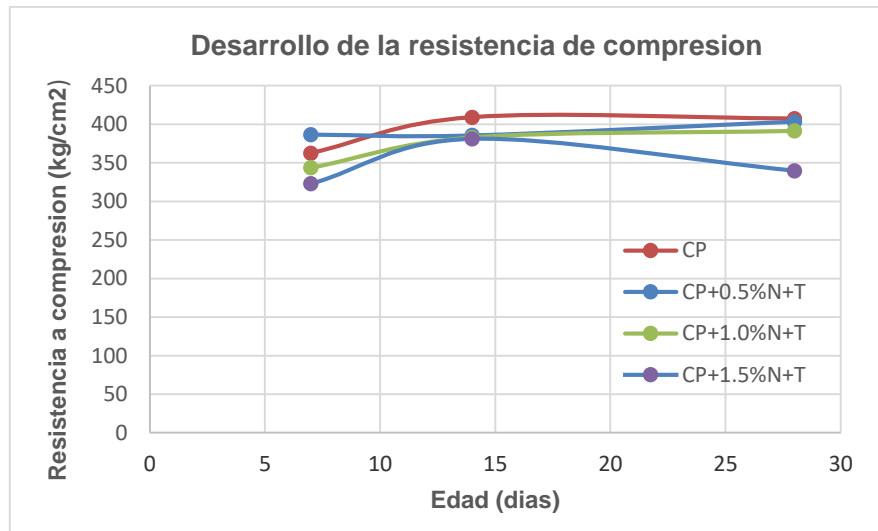
<b>CONCRETO CON ADICIONES DE DIOXIDO DE SILICIO Y DIOXIDO DE TITANIO</b>					
<b>RESISTENCIA MECANICA A COMPRESION (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	7 dias	0%	0.50%	1.00%	1.50%
		364.76	385.62	355.58	335.37
		358.89	388.78	358.18	294.96
		367.03	381.05	335.08	329.93
		350.59	391.37	324.20	321.58
		372.95	387.78	349.45	341.07
	362.26	385.90	339.83	314.80	
	14 dias	412.00	387.57	362.13	377.64
	426.18	385.31	415.92	387.91	
	403.25	396.10	390.41	368.84	
	416.88	376.38	371.79	383.52	
	410.45	383.18	382.50	383.99	
	385.98	385.42	374.75	384.89	
	28 dias	406.58	388.70	386.54	329.36
	414.61	410.86	394.52	340.02	
	403.23	415.03	398.30	349.13	
	379.29	429.92	388.74	346.39	
	402.85	387.06	395.36	346.00	
	437.74	388.42	385.12	328.47	

**Tabla 65.** Resumen de los promedios de la Resistencia a Compresión según la edad

	0%	0.50%	1.00%	1.50%
7	362.75	386.75	343.72	322.95
14	409.12	385.66	382.92	381.13
28	407.38	403.33	391.43	339.90

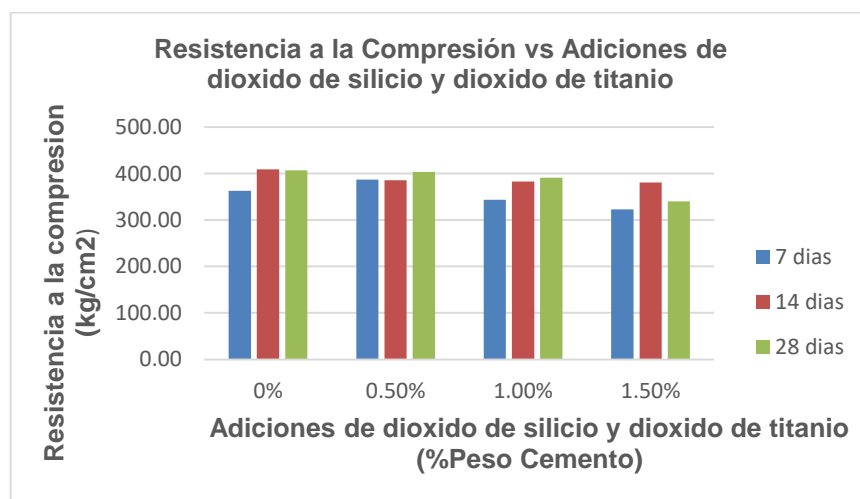
- Los resultados de los ensayos de concreto que se obtuvieron en el laboratorio nos indica, que la resistencia a la compresión alcanzada por el Concreto Patrón a la edad de 28 días es de 407.38 kg/cm<sup>2</sup>.
- Los especímenes con adición de 0.5% de dióxido de silicio y dióxido de titanio disminuyo su resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón y el resultado promedio es de 403.33 kg/cm<sup>2</sup>.
- Los especímenes con adición de 1.0% de dióxido de silicio y dióxido de titanio, disminuyo su resistencia con respecto al concreto patrón y el resultado promedio es de 391.43 kg/cm<sup>2</sup>.

- Los especímenes con adición de 1.5% de dióxido de silicio y dióxido de titanio disminuyeron significativamente en 20% en base al concreto patrón a la edad de 28 días, la resistencia a la compresión alcanzada por el concreto a los 28 días es de 339.90 kg/cm<sup>2</sup>.

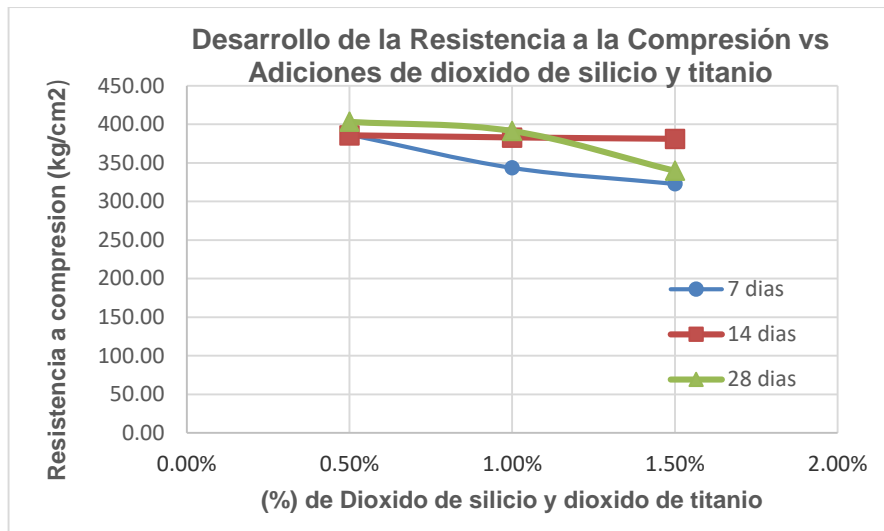


**Figura 19.** Resumen del ensayo de resistencia a la compresión según sus edades

De la figura anterior se observa el incremento de la resistencia a la compresión de los diferentes diseños de concreto hasta la edad de 28 días.



**Figura 20.** Resumen de la resistencia a la compresión de las diferentes adiciones del SiO<sub>2</sub> + TiO<sub>2</sub>



**Figura 21.** Resumen de la resistencia a la compresión de las diferentes adiciones del SiO<sub>2</sub> + TiO<sub>2</sub>

- **Resistencia a la compresión diametral con adición de dióxido de silicio**

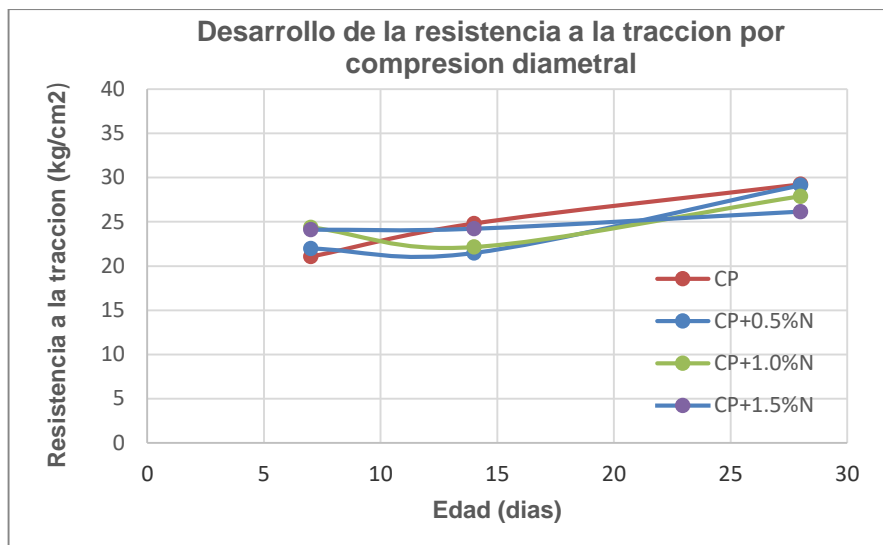
Se realizó ensayando las probetas cilíndricas en la máquina de ensayos a compresión. La resistencia a la tracción del concreto se calcula dividiendo 2 veces la fuerza máxima, entre el resultado de pi por el diámetro de la probeta y la longitud promedio los ensayos se realizaron a especímenes de 6"x12" curados en agua y ensayadas a los 7, 14 y 28 días. Los resultados se mostrarán a continuación:

**Tabla 66.** Resultados de la Resistencia a la tracción por cada adición de SiO<sub>2</sub> y según la edad del concreto

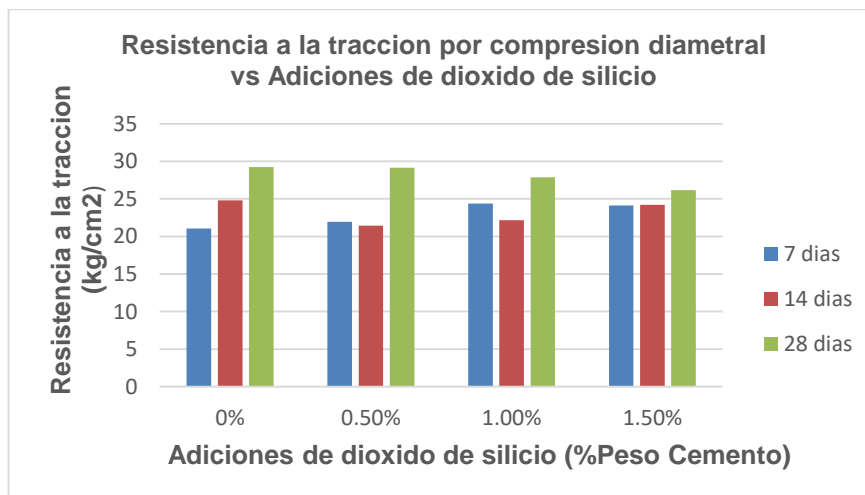
CONCRETO CON ADICIONES DE DIOXIDO DE SILICIO					
TRACCION SIMPLE POR COMPRESION DIAMETRAL (kg/cm2)	7 días	0%	0.50%	1.00%	1.50%
		22.03	22.14	19.71	26.42
		21.43	23.16	29.03	22.54
	19.72	20.61	24.40	23.40	
	14 días	24.24	21.59	23.47	24.03
		25.34	14.08	22.34	21.07
		24.86	28.71	20.65	27.58
	28 días	29.44	33.10	27.32	25.34
		25.53	29.33	27.23	26.63
		32.74	24.98	29.14	26.50

**Tabla 67.** Resumen de los promedios de la Resistencia a tracción según la edad

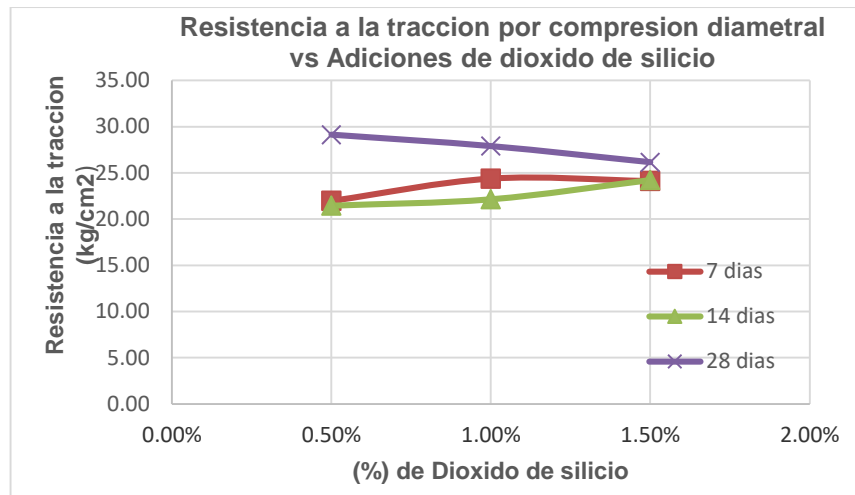
	0%	0.50%	1.00%	1.50%
7	21.06	21.97	24.38	24.12
14	24.81	21.46	22.15	24.23
28	29.24	29.13	27.90	26.16



**Figura 22.** Resumen del ensayo de resistencia de tracción según sus edades de la adición de  $\text{SiO}_2$



**Figura 23.** Resumen de la Resistencia de tracción de las diferentes adiciones del  $\text{SiO}_2$



**Figura 24.** Resumen de la Resistencia de tracción las diferentes adiciones del SiO<sub>2</sub>

- **Resistencia a la compresión diametral con adición de dióxido de titanio**

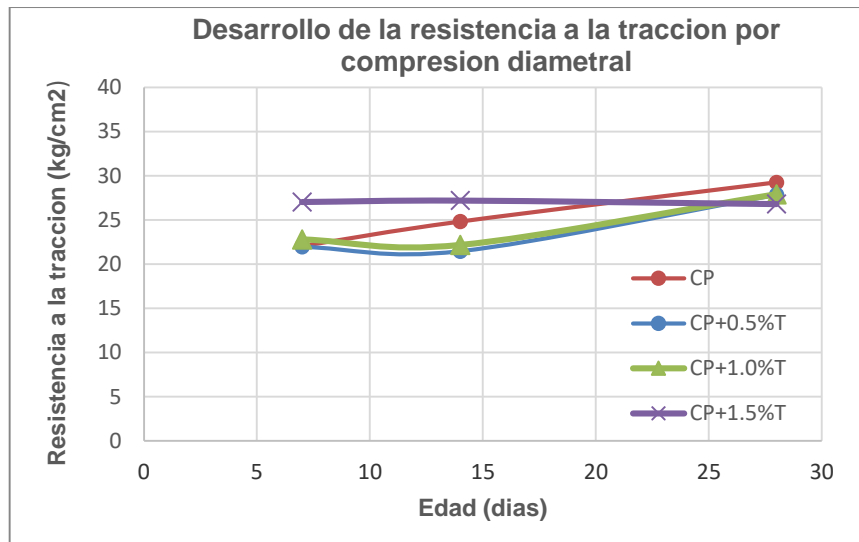
Se realizó ensayando las probetas cilíndricas en la máquina de ensayos a compresión. La resistencia a la tracción del concreto se calcula dividiendo 2 veces la fuerza máxima, entre el resultado de pi por el diámetro de la probeta y la longitud promedio los ensayos se realizaron a especímenes de 6"x12" curados en agua y ensayadas a los 7, 14 y 28 días. Los resultados se mostrarán a continuación:

**Tabla 68.** Resultados de la Resistencia a la tracción por cada adición de TiO<sub>2</sub> y según la edad del concreto

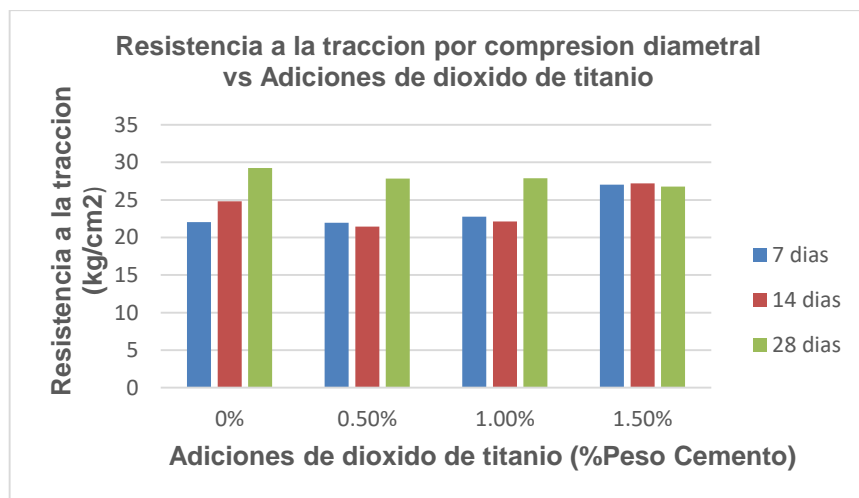
CONCRETO CON ADICIONES DE DIOXIDO DE TITANIO					
TRACCION SIMPLE POR COMPRESION DIAMETRAL (kg/cm2)	7 días	0%	0.50%	1.00%	1.50%
		25.59	21.49	29.26	28.87
		20.44	21.56	23.85	31.44
	20.12	22.81	15.24	20.78	
	14 días	24.24	21.59	23.47	28.53
		25.34	14.08	22.34	28.19
		24.86	28.71	20.65	24.86
	28 días	29.44	26.31	27.32	27.08
		25.53	27.46	27.23	27.48
		32.74	29.78	29.14	25.82

**Tabla 69.** Resumen de los promedios de la Resistencia a tracción según la edad

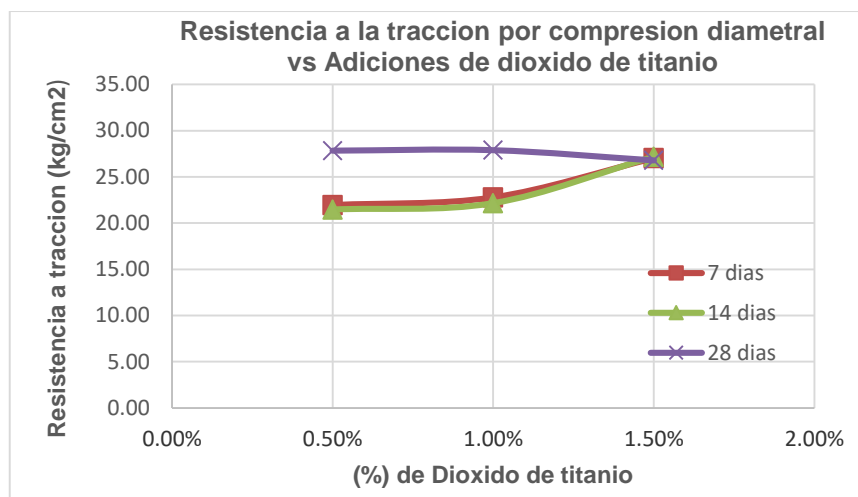
	0%	0.50%	1.00%	1.50%
7	22.05	21.95	22.78	27.03
14	24.81	21.46	22.15	27.19
28	29.24	27.85	27.90	26.79



**Figura 25.** Resumen del ensayo de resistencia de tracción según sus edades de la adición de  $\text{TiO}_2$



**Figura 26.** Resumen de la Resistencia de tracción de las diferentes adiciones del  $\text{TiO}_2$



**Figura 27.** Resumen de la Resistencia de tracción las diferentes adiciones del TiO<sub>2</sub>

- **Resistencia a la compresión diametral con adición de dióxido de silicio y dióxido de titanio**

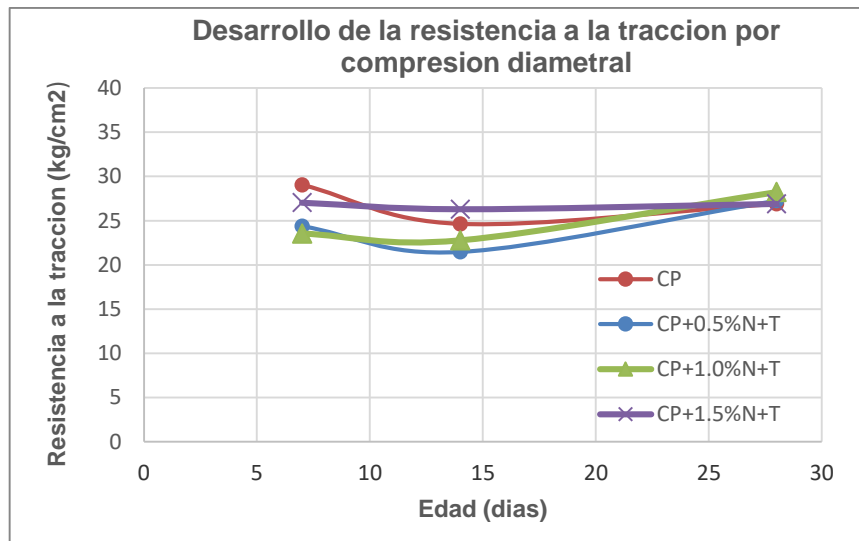
Se realizó ensayando las probetas cilíndricas en la máquina de ensayos a compresión. La resistencia a la tracción del concreto se calcula dividiendo 2 veces la fuerza máxima, entre el resultado de pi por el diámetro de la probeta y la longitud promedio los ensayos se realizaron a especímenes de 6"x12" curados en agua y ensayadas a los 7, 14 y 28 días. Los resultados se mostrarán a continuación:

**Tabla 70.** Resultados de la Resistencia a la tracción por cada adición de SiO<sub>2</sub> + TiO<sub>2</sub> y según la edad del concreto

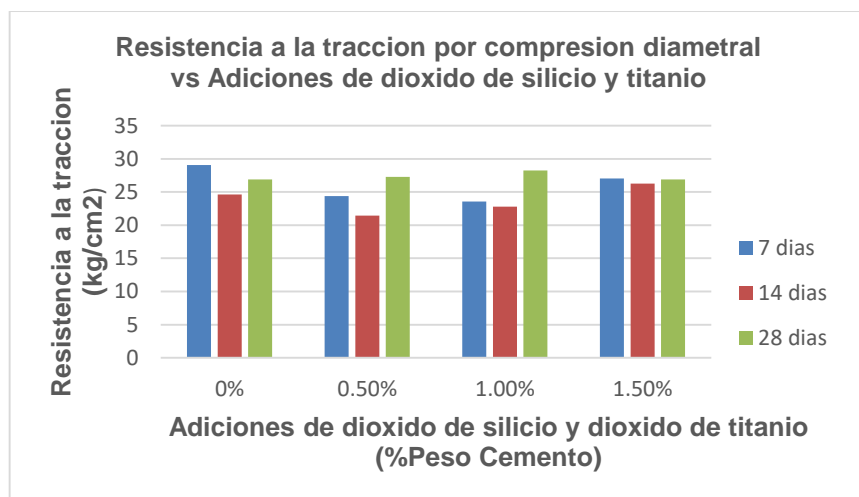
CONCRETO CON ADICIONES DE DIOXIDO DE SILICIO Y DIOXIDO DE TITANIO					
TRACCION SIMPLE POR COMPRESION DIAMETRAL (kg/cm2)	7 dias	0%	0.50%	1.00%	1.50%
		28.50	19.71	25.06	28.87
		31.81	29.03	23.87	31.44
	26.85	24.40	21.70	20.78	
	14 dias	24.95	21.59	22.64	24.51
		26.40	14.08	22.28	27.76
		22.57	28.71	23.39	26.58
	28 dias	26.62	27.17	27.15	25.35
		25.53	27.40	30.48	28.17
		28.53	27.21	27.07	27.16

**Tabla 71.** Resumen de los promedios de la Resistencia a tracción según la edad

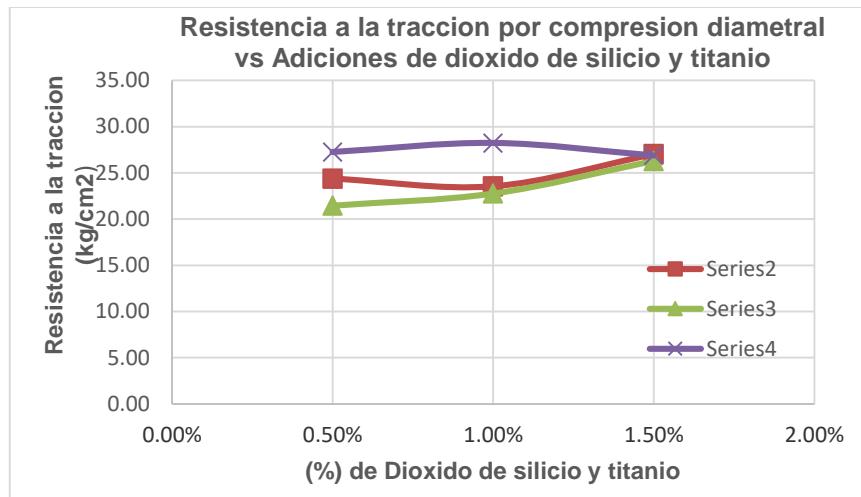
	0%	0.50%	1.00%	1.50%
7	29.05	24.38	23.54	27.03
14	24.64	21.46	22.77	26.28
28	26.89	27.26	28.23	26.89



**Figura 28.** Resumen del ensayo de resistencia de tracción según sus edades de la adición de  $\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2$



**Figura 29.** Resumen de la Resistencia de tracción de las diferentes adiciones del  $\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2$



**Figura 30.** Resumen de la Resistencia de tracción las diferentes adiciones del SiO<sub>2</sub>+TiO<sub>2</sub>

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- Los mejores resultados obtenidos en laboratorio del presente trabajo de investigación concluyen que la adición de dióxido de silicio en un diseño de mezclas de concreto  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup> la adición de 0.5% de dióxido de silicio mejora la resistencia a la compresión en un 4%.
- Al aplicar nanosilice mejora las propiedades tanto en estado fresco como endurecido respecto a un concreto patrón, esto al evaluarlo resulta positivo puesto que al encontrarse en polvo su impacto ambiental es negativo, asimismo se puede mezclar el nanomaterial con el cemento.
- Al aplicar dióxido de titanio mejora su pigmentación blanco por sus propiedades de dispersión, estabilidad, asimismo el pigmento que posee el nanomaterial del dióxido de titanio es importante debido a que este concreto absorbe la radiación electromagnética, es por eso que se le conoce como concreto fotocatalítico que hace el uso de la energía, asimismo el concreto se ve afectado por factores producidos por contaminación ambiental y/o fenómenos naturales, que con el paso del tiempo deterioran el aspecto y/o color, principalmente en fachadas de concretos arquitectónicos.
- Al evaluar la trabajabilidad se puede concluir que va disminuyendo mientras más porcentaje de adición de dióxido de silicio, siendo desfavorable porque no existe una buena trabajabilidad. Asimismo, se puede concluir que a mayor porcentaje de dióxido de silicio menor será la trabajabilidad lo que conlleva al incremento del huso del aditivo superplastificante.
- En las regiones alto andinas el concreto es sometido a efectos cíclicos de la temperatura, al evaluar la adición de dióxido de titanio mejora las propiedades debido a que absorbe la radiación electromagnética, el impacto económico para los

pobladores sería el incremento de la rentabilidad de su vivienda puesto que cumpliría es tiempo de vida útil.

- Al evaluar la resistencia que se incrementa en un 4% con una adición de 0.5% respecto al peso del cemento, incrementa la resistencia del concreto, al mejorar la resistencia del concreto, se puede modificar las secciones de la estructura.

## 5.2 Recomendaciones

- Realizar un buen proceso de mezclado tomando en referencia el manual de preparación y cuidados del concreto (SENCICO), siendo recomendable colocar la mezcladora en forma vertical cuando se coloca las nanopartículas ya que es en polvo tiende a perderse en el aire, esa pérdida de las nanopartículas puede variar tu diseño, como consecuencia de ello obteniéndose valores no reales, además de ello se debe mezclar el concreto durante 3 minutos.
- Realizar un buen curado, posterior a la elaboración del concreto para prevenir la evaporación del agua del concreto, las muestras de concreto serán almacenados y posterior cubiertos con un material no absorbente. Asimismo, todos los especímenes deberán ser curados con humedad a temperatura de  $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ .
- Realizar ensayos a compresión a la edad de 90 días de acuerdo a la NTP 339.034, es frecuente determinar la resistencia en tiempos distintos a los 28 días
- Realizar estudios con adición de nanomateriales inferiores a 0.5% con respecto al peso del cemento.
- Evaluar un análisis microscópico de la estructura del concreto respecto a otro concreto con adición de nanomateriales.

## REFERENCIAS

- Lopez, E. y Mamani, J. (2017). *Influencia del nanosílice y superplastificante en la durabilidad del concreto sometidos a ciclos de congelamiento y deshielo de la ciudad de Puno* (Tesis inédita de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Mamani, H. (2017). *Efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia del concreto* (Tesis inédita de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Linton, E. (2015). *Modificación de las propiedades de matrices cementantes mediante la adición de nanopartículas de sílice* (Tesis inédita de pregrado). Universidad Autónoma Nuevo León, México, México.
- Larico, I. (2019). *Influencia del uso del nanosílice en la resistencia a la compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra, en la ciudad de Juliaca – 2018* (Tesis inédita de pregrado). Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú.
- Loaysa, K. (2017). *Influencia del nanosílice en el concreto con agregado angular y agregado redondeado* (Tesis inédita de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Escobedo, G. (2014). *Incidencia de la nanosílice en la resistencia mecánica de un concreto de alta resistencia con cemento portland tipo I* (Tesis inédita de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú
- Ramirez, J. (2018). *Concreto liviano de alta resistencia empleando nanosílice y puzolana natural en el Perú* (Tesis inédita de pregrado). Universidad Nacional Federico Villareal, Lima, Perú.
- Saavedra, O. (2019). *Análisis de la influencia de la nanosílice en la resistencia y costo de producción de concretos convencionales elaborados con cementos yura tipo i y ip en la ciudad de Arequipa - 2019* (Tesis inédita de pregrado). Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.

- Alcaraz, J. (sf). *Microestructura del hormigón con adición de nanosílice* (Tesis inédita de pregrado). Universidad Politécnica de Cartagena, Colombia, Colombia.
- Jimenez, D. y Moreno, J. (2016). *Efecto del reemplazo de cemento Portland por el dióxido de Titanio en las propiedades mecánicas del mortero* (Tesis inédita de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia.
- Abanto, T. (2017). *Tecnología del concreto*. Perú: Editorial San Marcos E.I.R.L.
- Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para Ingenieros*. Perú.
- Chinen, K. (2002). *Factibilidad y estudio de las propiedades del concreto de baja resistencia adicionado con cal* (Tesis inédita de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Pasquel, E. (2018). *Tópicos de tecnología del concreto*. Perú: (2nd ed.). Lima.
- Rivva, E. (2017). *Tecnología del concreto*. Perú: Editorial Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Nacional.
- Harmsen, T. (2002). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Perú: Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.
- RNE - (2009). E-060: Reglamento Nacional de edificaciones.
- Nawy, E. Muñoz, J. (1988). *Concreto reforzado – un enfoque básico*. Naucalpan de Juárez, Edo de México: Editorial Litografía Ingramex, S.A. de C.V.
- Manual de preparación, colocación y curado del concreto (2014).
- Quispe, J. y Tintaya, J. (2019). *Análisis comparativo de técnicas de curados en concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno* (Tesis inédita de pregrado). Universidad Peruana Unión, Puno, Perú.

- Ottazzi, G. (2004). *Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado* (Tesis inédita de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Puno, Perú.
- NTP 339.035 (2009). *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.*
- NTP 339.046 (2008). *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)*
- NTP 339.070 (2009). *HORMIGÓN (CONCRETO). Toma de muestras de aguas usadas para la preparación y curado de morteros y usadas para la preparación y curado de morteros y concretos de cemento Portland y aguas agresivas.*
- NTP 339.183 (2013). *CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.*
- NTP 400.012 (2013). *Análisis granulométrico del agregado AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Norma Técnica Peruana.*
- NTP 400.017 (1999). *AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado*
- NTP 400.021 (2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.*

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Panel fotográfico

**Anexo 2.** Ensayo de los agregados

**Anexo 3.** Diseño de mezcla para cada porcentaje de adición

**Anexo 4.** Resultados de los ensayos a compresión

**Anexo 5.** Resultados de compresión diametral

## Elaboración de probetas



**Pesado de materiales**



**Dosificación de materiales**



**Pesado de materiales**



**Dosificación de materiales**



**Mezcla del concreto**



**Probetas de concreto**

## Ensayo de consistencia



Obtención de la mezcla



Obtención de la mezcla



Medición del asentamiento

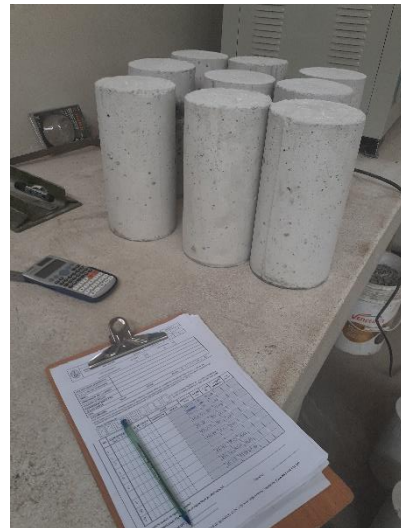


Medición del asentamiento

## Ensayo resistencia a la compresión



Toma de datos



Ensayo de resistencia a compresión



Tipo de falla 5



Tipo de falla 2



Tipo de falla 1



**Tipo de falla 5**



**Tipo de falla 5**



**Tipo de falla 2**



**Tipo de falla 5**

## Ensayo de resistencia a la tracción



Trazado de la línea



Trazado de la línea



Ensayo tracción diametral



Ensayo tracción diametral



Probeta ensayada



Probeta ensayada

**ENSAYOS ESTANDAR PARA DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO  
AGREGADO GRUESO**

**INFORME** : TC-090-LG-433-2019  
**TESISTAS** : JHONSON GUZMÁN ESPINAL HINOSTROZA  
 GILBERTO RIMACHI RIMACHI  
**DIRECCIÓN** : LIMA  
**TESIS** : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN (SiO<sub>2</sub>) Y DIÓXIDO DE TITANIO (TiO<sub>2</sub>) EN LA RESISTENCIA AMBIENTAL DEL  
 CONCRETO MODIFICADO CON BAJA DOSIFICACIÓN DE NANOPARTÍCULAS  
**UBICACIÓN** : LIMA

**Identificación de la muestra**  
**Procedencia** : CANTERA UNICON  
**Agregado** : PIEDRA CHANCADA

**REALIZADO** : E.G.J.  
**REVISADO** : P.T.C.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 11/11/2019  
**FECHA DE ENSAYO** : 12/11/2019  
**FECHA DE EMISIÓN** : 15/11/2019

ASTM C33	MAJILLA	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA ACUMULADO
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b>	3"	75.00	--	--	--	100.0
	2 1/2"	63.00	--	--	--	100.0
	2"	50.00	--	--	--	100.0
	1 1/2"	37.50	--	--	--	100.0
	1"	25.00	--	--	--	100.0
	3/4"	19.00	48.2	2.7	2.7	97.3
	1/2"	12.50	581.2	32.3	35.0	65.0
	3/8"	9.500	371.6	20.7	55.7	44.3
	Nº 4	4.750	771.6	42.9	98.7	1.3
	Nº 8	2.360	24.0	1.3	100.0	0.0
	Nº 16	1.180	--	--	100.0	0.0
	Nº 30	0.600	--	--	100.0	0.0
	Nº 50	0.300	--	--	100.0	0.0
	Nº 100	0.150	--	--	100.0	0.0
Nº 200	0.075	--	--	100.0	0.0	

**T.M.N** : 3/4"

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN**  
ASTM C-127

Gravedad específica aparente :	2.79
Gravedad específica bulk :	2.72
Absorción (%) :	0.86

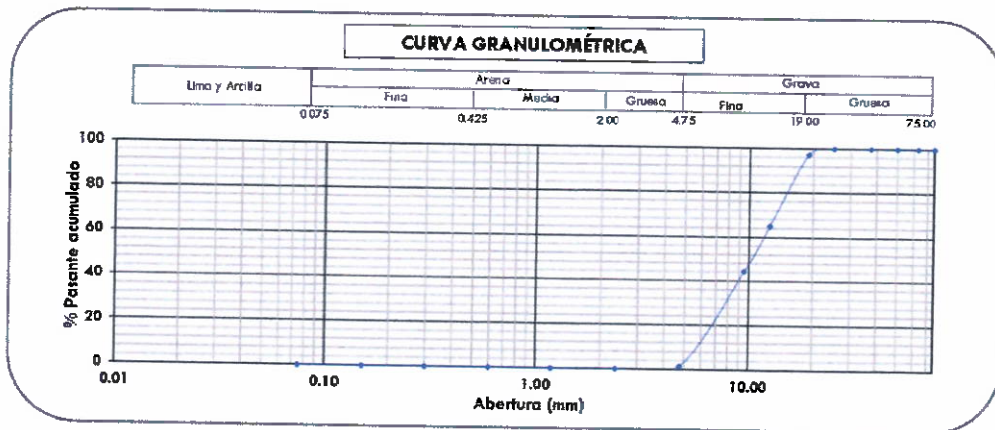
**PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO**  
ASTM C-29

Peso unitario promedio (g/cm <sup>3</sup> )	
Suelto	Compactado
1.496	1.649

**HUMEDAD NATURAL**  
ASTM D 2216

Humedad Natural (%) :	0.49
-----------------------	------

Módulo de finura	6.57
------------------	------



**OBSERVACION:**

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEC 17025-2006)

**ERICK GRANDEZ IBERICO**  
Técnico de Laboratorio  
Mecánica de Suelos

**Ing. Percy R. Tupla Córdova**  
Jefe de Laboratorio  
Mecánica de Suelos  
CIP: 112630

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Lima 25 Telefax: 01-5796223 Celular: 945099070 998022655

ingenieria@tcinge.com  
www.tcinge.com

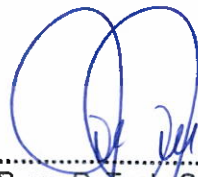
**PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO AGREGADO GRUESO  
(ASTM C - 29)**

<b>INFORME</b> :	TC-090-LG-107-2019	<b>PAGINA</b> :	1/1
<b>TESISTAS</b> :	JHONSON GUZMÁN ESPINAL HINOSTROZA GILBERTO RIMACHI RIMACHI	<b>REALIZADO</b> :	E.G.I.
<b>DIRECCION</b> :	LIMA	<b>REVISADO</b> :	P.T.C.
<b>TESIS</b> :	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN (SiO <sub>2</sub> ) Y DIÓXIDO DE TITANIO (TiO <sub>2</sub> ) EN LA RESISTENCIA AMBIENTAL DEL CONCRETO MODIFICADO CON BAJA DOSIFICACIÓN DE NANOPARTÍCULAS		
<b>UBICACIÓN</b> :	LIMA		
<b>CANTERA</b> :	UNICON	<b>FECHA RECEPCION</b> :	11/11/2019
<b>MUESTRA</b> :	PIEDRA CHANCADA	<b>FECHA ENSAYO</b> :	12/11/2019
<b>PROFUNDIDAD</b> :	---	<b>FECHA EMISION</b> :	15/11/2019

N° del molde	SUELTO			COMPACTADO		
	1	2	3	1	2	3
Peso del molde (g)	13458.00	13458.00	13458.00	13458.00	13458.00	13458.00
Altura del molde (cm)	26.40	26.40	26.40	26.40	26.40	26.40
Diametro del molde (cm)	26.20	26.20	26.20	26.20	26.20	26.20
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	14233.00	14233.00	14233.00	14233.00	14233.00	14233.00
Peso del molde + muestra (g)	34662.00	34815.00	34775.00	36836.00	36886.00	37064.00
Peso Unitario (g/cm <sup>3</sup> )	1.490	1.501	1.498	1.643	1.646	1.659
Peso Unitario promedio (g/cm <sup>3</sup> )	1.496			1.649		

**OBSERVACIONES :** La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado: suelto y humedad a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante.  
El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025:2006).

  
ERICK GRANDEZ IBERICO  
Técnico de Laboratorio  
Mecánica de Suelos

  
ing. Percy R. Tupia Córdova  
Jefe de Laboratorio  
Mecánica de Suelos  
CIP. 112630

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

GRAVEDAD ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN  
DE AGREGADO GRUESO  
(ASTM C-127)

INFORME : TC-090-LG-112-2019  
 PAGINA : 1/1  
 TESISTAS : JHONSON GUZMÁN ESPINAL HINOSTROZA  
 REALIZADO : E.G.I.  
 GILBERTO RIMACHI RIMACHI  
 DIRECCION : LIMA  
 REVISADO : P.T.C.  
 TESIS : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN (SiO<sub>2</sub>) Y DIÓXIDO DE TITANIO (TiO<sub>2</sub>) EN LA RESISTENCIA AMBIENTAL  
 DEL CONCRETO MODIFICADO CON BAJA DOSIFICACIÓN DE NANOPARTÍCULAS  
 UBICACIÓN : LIMA  
 PROCEDENCIA : UNICON  
 MUESTRA : PIEDRA CHANCADA  
 PROFUNDIDAD(m) : --  
 FECHA RECEPCION : 11/11/2019  
 FECHA ENSAYO : 12/11/2019  
 FECHA EMISION : 15/11/2019

N° del Tara	T-5	T-5	T-5	PROMEDIO
Peso Tara (g)	317.00	317.00	317.00	
Peso Tara + Muestra Seca (g)	5542.00	5542.00	5542.00	
Peso Tara + Muestra Saturada Superficialmente Seca (g)	5587.00	5587.00	5587.00	
Peso Sumergido Canastilla + Muestra Saturada Superficialmente Seca (g)	4438.00	4436.00	4436.00	
Peso en el Aire de la Muestra Seca (g)	5225.00	5225.00	5225.00	
Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficialmente Seca (g)	5270.00	5270.00	5270.00	
Peso Sumergido de la Muestra Saturada Superficialmente Seca (g)	3351.00	3351.00	3351.00	
Gravedad Especifica Aparente	2.79	2.79	2.79	2.79
Gravedad Especifica Bulk	2.72	2.72	2.72	2.72
Gravedad Especifica Bulk Saturada Superficialmente Seco	2.75	2.75	2.75	2.75
Absorción (%)	0.86	0.86	0.86	0.86

OBSERVACIONES :

El presente documento no debiera reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEC 17025-2006)

ERICK GRANDEZ IBERICO  
Técnico de Laboratorio  
Mecánica de Suelos

Ing. Percy R. Tupla Córdova  
Jefe de Laboratorio  
Mecánica de Suelos  
CIP. 112680

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

**ENSAYOS ESTANDAR PARA DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO  
AGREGADO FINO**

**INFORME** : TC-090-LG-433-2019  
**TESISTAS** : JHONSON GUZMÁN ESPINAL HINOSTROZA  
 GILBERTO RIMACHI RIMACHI  
**DIRECCIÓN** : LIMA  
**TESIS** : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN (SiO<sub>2</sub>) Y DIÓXIDO DE TITANIO (TiO<sub>2</sub>) EN LA RESISTENCIA AMBIENTAL DEL  
 CONCRETO MODIFICADO CON BAJA DOSIFICACIÓN DE NANOPARTÍCULAS  
**UBICACIÓN** : LIMA

**Identificación de la muestra**

Procedencia : CANTERA UNICON  
 Agregado : ARENA

**REALIZADO** : E.G.J.  
**REVISADO** : P.T.C.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 11/11/2019  
**FECHA DE ENSAYO** : 12/11/2019  
**FECHA DE EMISIÓN** : 15/11/2019

ASTM C33	MALLA	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA ACUMULADO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3"	75.00	-	-	-	100.0
	2 1/2"	63.00	-	-	-	100.0
	2"	50.00	-	-	-	100.0
	1 1/2"	37.50	-	-	-	100.0
	1"	25.00	-	-	-	100.0
	3/4"	19.00	-	-	-	100.0
	1/2"	12.50	-	-	-	100.0
	3/8"	9.500	-	-	-	100.0
	Nº 4	4.750	14.0	0.9	0.9	99.1
	Nº 8	2.360	230.0	14.1	15.0	85.0
	Nº 16	1.180	427.6	26.3	41.3	58.7
	Nº 30	0.600	399.7	24.6	65.9	34.1
	Nº 50	0.300	286.9	17.8	83.6	16.4
	Nº 100	0.150	127.0	7.8	91.4	8.6
Nº 200	0.075	55.7	3.4	94.8	5.2	

**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN**

**ASTM C-128**

Gravedad específica aparente :	2.7
Gravedad específica bulk :	2.63
Absorción (%) :	0.94

**PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO**

**ASTM C-29**

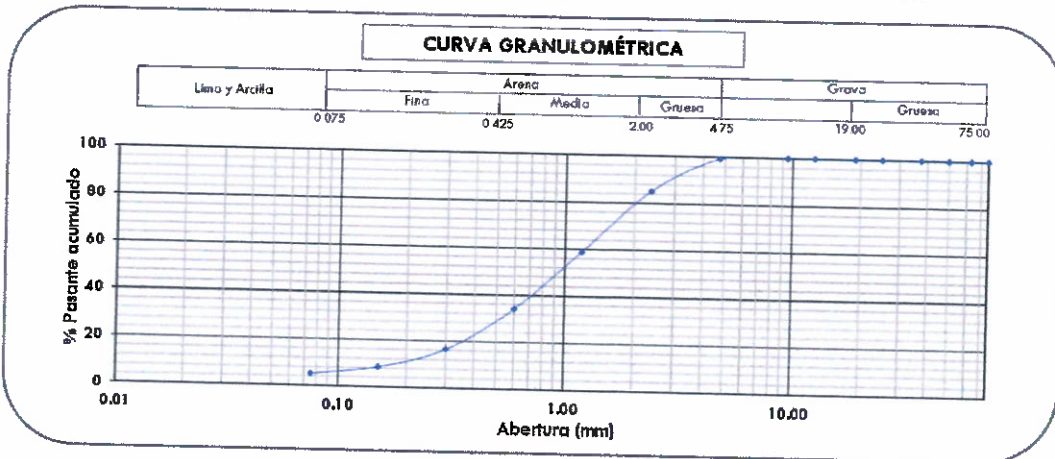
Peso unitario promedio (g/cm <sup>3</sup> )	
Suelto	Compactado
1.543	1.819

**HUMEDAD NATURAL**

**ASTM D 2216**

Humedad Natural (%) :	1
-----------------------	---

Módulo de finura	2.98
------------------	------



**OBSERVACION :**

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTA - ISO IEX 17025-2006)

ERICK GRANDEZ IBERICO  
Técnico de Laboratorio  
Mecánica de Suelos

Ing. Percy R. Tupla Córdova  
Jefe de Laboratorio  
Mecánica de Suelos  
CIP 112680

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

**PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO AGREGADO FINO  
(ASTM C-29)**

**INFORME** : TC-090-LG-107-2019

**PAGINA** : 1/1

**SOLICITADO** : JHONSON GUZMÁN ESPINAL HINOSTROZA  
GILBERTO RIMACHI RIMACHI

**REALIZADO** : E.G.I.

**DIRECCION** : LIMA

**REVISADO** : P.T.C.

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN (SiO<sub>2</sub>) Y DIÓXIDO DE TITANIO (TiO<sub>2</sub>) EN LA RESISTENCIA  
AMBIENTAL DEL CONCRETO MODIFICADO CON BAJA DOSIFICACIÓN DE NANOPARTÍCULAS

**UBICACIÓN** : LIMA

**CALICATA** : CANTERA UNICON

**FECHA RECEPCION** : 11/11/2019

**MUESTRA** : ARENA

**FECHA ENSAYO** : 12/11/2019

**PROFUNDIDAD** : —

**FECHA EMISION** : 15/11/2019

N° del molde	SUELTO			COMPACTADO		
	1	2	3	1	2	3
Peso del molde (g)	4399.00	4399.00	4399.00	4399.00	4399.00	4399.00
Altura del molde (cm)	15.60	15.60	15.60	15.60	15.60	15.60
Diametro del molde (cm)	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2830.75	2830.75	2830.75	2830.75	2830.75	2830.75
Peso del molde + muestra (g)	8769.00	8778.00	8757.00	9544.00	9552.00	9549.00
Peso Unitario (g/cm <sup>3</sup> )	1.544	1.547	1.540	1.818	1.820	1.819
Peso Unitario promedio (g/cm <sup>3</sup> )	1.543			1.819		

**OBSERVACIONES** : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y humeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEC 17025-2006)

.....  
**ERICK GRANDEZ IBERICO**  
 Técnico de Laboratorio  
 Mecánica de Suelos

.....  
 Ing. Percy R. Tupla Córdova  
 Jefe de Laboratorio  
 Mecánica de Suelos  
 CIP. 112630

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Lima 25 Telefax : 01-5796223 Celular : 996195307 998022655

ingenieria@tcinge.com  
 www.tcinge.com

**GRAVEDAD ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN  
DE AGREGADO FINO  
(ASTM C-128)**

<b>INFORME</b>	: TC-090-LG-107-2019	<b>PAGINA</b>	: 1/1
<b>TESISTAS</b>	: JHONSON GUZMÁN ESPINAL HINOSTROZA GILBERTO RIMACHI RIMACHI	<b>REALIZADO</b>	: E.G.I.
<b>DIRECCION</b>	: LIMA	<b>REVISADO</b>	: P.T.C.
<b>TESIS</b>	: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN (SiO <sub>2</sub> ) Y DIÓXIDO DE TITANIO (TiO <sub>2</sub> ) EN LA RESISTENCIA AMBIENTAL DEL CONCRETO MODIFICADO CON BAJA DOSIFICACIÓN DE NANOPARTÍCULAS		
<b>UBICACIÓN</b>	: LIMA		
<b>PROCEDENCIA</b>	: CANTERA UNICON	<b>FECHA RECEPCION</b>	: 11/11/2019
<b>MUESTRA</b>	: ARENA	<b>FECHA ENSAYO</b>	: 12/11/2019
<b>PROFUNDIDAD(m)</b>	: —	<b>FECHA EMISION</b>	: 15/11/2019

N° del Tara	A-22			PROMEDIO
Peso Picnometro (g)	145.60	145.60	145.60	
Peso del Picnometro lleno de Agua (g)	677.00	677.00	677.00	
Peso Tara (g)	74.70	74.70	74.70	
Peso Tara + Muestra Seca (g)	371.90	371.90	371.90	
Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficialmente Seca (g)	300.00	300.00	300.00	
Peso del Picnometro con muestra y agua (g)	864.00	864.00	864.00	
Peso en el Aire de la Muestra Seca (g)	297.20	297.20	297.20	
Gravedad Especifica Aparente	2.70	2.70	2.70	2.70
Gravedad Especifica Bulk	2.63	2.63	2.63	2.63
Absorción (%)	0.94	0.94	0.94	0.94

**OBSERVACIONES:** La muestra ensayada de 2Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO TEX 17025-2006)

.....  
**ERICK GRANDEZ IBERICO**  
 Técnico de Laboratorio  
 Mecánica de Suelos

.....  
 Ing. Percy R. Tupla Córdova  
 Jefe de Laboratorio  
 Mecánica de Suelos  
 CIP. 112630

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA,  
 NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

**DISEÑO DE CONCRETO  $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$   
METODO DEL COMITÉ 211 del A.C.I.**

**INFORME** : TC-090-LG-120-2019

**REALIZADO** : E.G.I

**TESISTAS** : JHONSON GUZMÁN ESPINAL HINGSTROZA  
GILBERTO RIMACHI RIMACHI

**REVIZADO** : P.T.C

**DIRECCIÓN** : LIMA

**FECHA RECEPCIÓN** : 11/11/2019

**TESIS** : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN (SiO<sub>2</sub>) Y DIÓXIDO DE TITANIO (TiO<sub>2</sub>) EN LA RESISTENCIA  
AMBIENTAL DEL CONCRETO MODIFICADO CON BAJA DOSIFICACIÓN DE NANOPARTICULAS

**FECHA DE ENSAYO** : 12/11/2019

**UBICACIÓN** : LIMA

**FECHA DE EMISIÓN** : 15/11/2019

**MATERIAL** : CANTERA UNICON

**A) MATERIALES**

1.0 Cemento:		2.0 Agregado Fino:		3.0 Agregado Grueso:	
Tipo V:		<b>Peso específico BULK</b>	2.63 gr/cc	<b>Tamaño Máximo Nominal</b>	3/4" pulg.
<b>Peso Específico</b>	3.15 gr/cc	<b>Absorción</b>	0.94 %	<b>Tamaño Máximo</b>	1" pulg.
<b>Superficie específica:</b>	3400 cm <sup>2</sup> /gr	<b>Humedad</b>	1 %	<b>Peso específico BULK</b>	2.72 gr/cc
		<b>Modulo de Fineza</b>	2.98	<b>Peso Unitario Suelto</b>	1496 kg/m <sup>3</sup>
		<b>Peso Unitario Suelto</b>	1543 kg/m <sup>3</sup>	<b>Peso Unitario Varillado</b>	1649 kg/m <sup>3</sup>
		<b>Peso Unitario Varillado</b>	1819 kg/m <sup>3</sup>	<b>Absorción</b>	0.86 %
				<b>Humedad</b>	0.49 %
				<b>Modulo de Fineza</b>	6.57

**B) CONDICIONES DE DISEÑO**

**1.0 Resistencia Promedio para Diseño**

$f_c \text{ deseado} = 350 \text{ Kg/cm}^2$   
 $f_{cr \text{ diseño}} = 448 \text{ Kg/cm}^2$

**2.0 SLUMP - Asentamiento**

SLUMP = 3" a 4"

**3.0 Aire Incorporado**

Sin aire incorporado

**4.0 Grado de Exposición a las Condiciones Climáticas**

Normal

**C) DISEÑO**

Volumen unitario de agua = 205 Litros  
Aire incorporado = 2 %  
Relación agua / cemento = 0.38  
Cemento = 539.5 Kg.  
Agregado grueso = 0.364 m<sup>3</sup>

**D) CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS**

Cemento = 0.171 m<sup>3</sup>  
Agregado grueso = 0.364 m<sup>3</sup>  
Agregado fino = 0.24 m<sup>3</sup>  
Agua = 0.205 m<sup>3</sup>  
Aire = 0.020 m<sup>3</sup>

**E) CALCULO DE PESOS DE MEZCLA CON AGREGADOS SECOS**

Cemento = 539.5 Kg  
Agregado grueso = 990.7 Kg  
Agregado fino = 631.2 Kg  
Agua = 205.0 Kg

**E) CORRECCIÓN POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD DE AGREGADOS**

**1.0 Pesos húmedos**

Agregado grueso = 994.9 Kg.  
Agregado fino = 637.5 Kg.

**2.0 Humedad superficial**

Agregado grueso = -0.37 %  
Agregado fino = 0.06 %

**3.0 Aportes de agua por los agregados**

Agregado grueso = -3.7 Lt/m<sup>3</sup>  
Agregado fino = 0.4 Lt/m<sup>3</sup>  
Aporte global = -3.3 Lt/m<sup>3</sup>  
Agua efectiva = 208.3 Lt/m<sup>3</sup>

**F) VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS**

Cemento = 539.5 Kg.  
Agregado grueso = 994.9 Kg.  
Agregado fino = 637.5 Kg.  
Agua = 208.3 Kg.  
Aire = ---

**G) PROPORCIONES DE MEZCLA**

Condición	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
Proporciones en peso (agregados secos)	1	1.2	1.8	16 Lt/saco
Proporciones en peso (agregados húmedos)	1	1.2	1.8	16 Lt/saco
Proporciones en volumen (agregados secos)	1	1.1	2	16 Lt/saco
Proporciones en volumen (agregados húmedos)	1	1.1	2.0	16 Lt/saco
Proporción por Bolsa de Cemento	1 Bolsa	0.031m <sup>3</sup> 51Kg	0.056m <sup>3</sup> 76.5Kg	16 Lt/saco
Proporción para 1m <sup>3</sup> de Concreto colocado	13 Bolsas	0.41 m <sup>3</sup>	0.73 m <sup>3</sup>	0.207 m <sup>3</sup>

ERICK GRANDEZ IBERICO  
Técnico de Laboratorio  
Mecánica de Suelos

Ing. Percy R. Tupá Córdova  
Jefe de Laboratorio  
Mecánica de Suelos  
CIP. 112630

## DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS	INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE (SiO <sub>2</sub> ) Y DIOXIDO DE TITANIO (TiO <sub>2</sub> ) EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO MODIFICADO CON BAJA DOSIFICACION DE NANOPARTICULAS		
TESISTAS	BACH. JHONSON GUZMAN ESPINAL HINOSTROZA BACH. GILBERTO RIMACHI ARAUJO		
MATERIAL	CANTERA UNICON		
DNI:	TELEFONO	FIRMA	

### Características de los componentes y de las mezclas

Cemento:	Marca : SOL	TIPO : ASTM - I	P.e. : 3150
----------	-------------	-----------------	-------------

	TMN	M. fineza	PUS	PUC	P. especi	Absorcion	Humedad
A. fino	-----	2.98	1543	1819	2630	0.94%	1.00%
A. grueso	3/4"	6.57	1496	1649	2720	0.86%	0.49%

f'c	350
slump	3" - 4"

Relacion arena / agregado			
Relacion agua / cement	0.50	0.60	0.70

RESULTADOS	F'cr (kg/cm <sup>2</sup> )	SLUMP	AGUA	AIRE	A/C	CEME	b/b0	Piedra
	435	3" - 4"	184	6.00%	0.45	408.9	0.60	989.4
							10	0.058286

MATERIALES	P. seco diseño	propor 2 decima	peso en obra	P. unita en obra	Tanda peso	Ft <sup>3</sup>	Tanda peso	Lab peso 3 prob
Cemento	408.9	1.00	408.9	1.00	42.5	1.0	42.5	23.8
Agua	184.0	19.13	187.25	19.46	19.46	19.46	19.46	10.9
Arena	690.2	1.69	697.13	1.70	72.5	1.66	72.5	40.6
Piedra	989.4	2.42	994.25	2.43	103.3	2.44	103.3	58.0
Aire	6.00%							
Aditivo superplastificant							250	140.2
SiO <sub>2</sub>	0.00%		0.000				0.000	0.000
TiO <sub>2</sub>	0.00%		0.000				0.000	0.000

Observaciones:

## DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS	INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE (SiO <sub>2</sub> ) Y DIOXIDO DE TITANIO (TiO <sub>2</sub> ) EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO MODIFICADO CON BAJA DOSIFICACION DE NANOPARTICULAS		
TESISTAS	BACH. JHONSON GUZMAN ESPINAL HINOSTROZA BACH. GILBERTO RIMACHI ARAUJO		
MATERIAL	CANTERA UNICON		
DNI:	TELEFONO	FIRMA	

### Características de los componentes y de las mezclas

Cemento:	Marca : SOL	TIPO : ASTM - I	P.e. : 3150
----------	-------------	-----------------	-------------

	TMN	M. fineza	PUS	PUC	P. especi	Absorcion	Humedad
A. fino	-----	2.98	1543	1819	2630	0.94%	1.00%
A. grueso	3/4"	6.57	1496	1649	2720	0.86%	0.49%

f'c	350
slump	3" - 4"

Relacion arena / agregado			
Relacion agua / cement	0.50	0.60	0.70

RESULTADOS	F'cr (kg/cm <sup>2</sup> )	SLUMP	AGUA	AIRE	A/C	CEME	b/b0	Piedra
	435	3" - 4"	184	6.00%	0.45	408.9	0.60	989.4
							10	0.058286

MATERIALES	P. seco diseño	propor 2 decima	peso en obra	P. unita en obra	Tanda peso	Ft <sup>3</sup>	Tanda peso	Lab peso 3 prob
Cemento	408.9	1.00	408.9	1.00	42.5	1.0	42.5	23.8
Agua	184.0	19.13	187.26	19.46	19.46	19.46	19.46	10.9
Arena	663.9	1.62	670.57	1.64	69.7	1.59	69.7	39.1
Piedra	989.4	2.42	994.25	2.43	103.3	2.44	103.3	58.0
Aire	6.00%							
Aditivo superplastificant							250	140.2
SiO <sub>2</sub>	0.50%		2.044				0.213	0.119
TiO <sub>2</sub>	0.50%		2.044				0.213	0.119

Observaciones:

## DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS	INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE (SiO <sub>2</sub> ) Y DIOXIDO DE TITANIO (TiO <sub>2</sub> ) EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO MODIFICADO CON BAJA DOSIFICACION DE NANOPARTICULAS		
TESISTAS	BACH. JHONSON GUZMAN ESPINAL HINOSTROZA BACH. GILBERTO RIMACHI ARAUJO		
MATERIAL	CANTERA UNICON		
DNI:	TELEFONO	FIRMA	

### Características de los componentes y de las mezclas

Cemento:	Marca : SOL	TIPO : ASTM - I	P.e. : 3150
----------	-------------	-----------------	-------------

	TMN	M. fineza	PUS	PUC	P. especi	Absorcion	Humedad
A. fino	-----	2.98	1543	1819	2630	0.94%	1.00%
A. grueso	3/4"	6.57	1496	1649	2720	0.86%	0.49%

f'c	350
slump	3" - 4"

Relacion arena / agregado			
Relacion agua / cement	0.50	0.60	0.70

RESULTADOS	F'cr (kg/cm <sup>2</sup> )	SLUMP	AGUA	AIRE	A/C	CEME	b/b0	Piedra
	435	3" - 4"	184	6.00%	0.45	408.9	0.60	989.4
							10	0.058286

MATERIALES	P. seco diseño	propor 2 decima	peso en obra	P. unita en obra	Tanda peso	Ft^3	Tanda peso	Lab peso 3 prob
Cemento	408.9	1.00	408.9	1.00	42.5	1.0	42.5	23.8
Agua	184.0	19.13	187.28	19.47	19.47	19.47	19.47	10.9
Arena	637.6	1.56	644.00	1.58	66.9	1.53	66.9	37.5
Piedra	989.4	2.42	994.25	2.43	103.3	2.44	103.3	58.0
Aire	6.00%							
Aditivo superplastificant							250	140.2
SiO <sub>2</sub>	1.00%		4.089				0.425	0.238
TiO <sub>2</sub>	1.00%		4.089				0.425	0.238

Observaciones:

## DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS	INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE (SiO <sub>2</sub> ) Y DIOXIDO DE TITANIO (TiO <sub>2</sub> ) EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO MODIFICADO CON BAJA DOSIFICACION DE NANOPARTICULAS		
TESISTAS	BACH. JHONSON GUZMAN ESPINAL HINOSTROZA BACH. GILBERTO RIMACHI ARAUJO		
MATERIAL	CANTERA UNICON		
DNI:	TELEFONO	FIRMA	

### Características de los componentes y de las mezclas

Cemento:	Marca : SOL	TIPO : ASTM - I	P.e. : 3150
----------	-------------	-----------------	-------------

	TMN	M. fineza	PUS	PUC	P. especi	Absorcion	Humedad
A. fino	-----	2.98	1543	1819	2630	0.94%	1.00%
A. grueso	3/4"	6.57	1496	1649	2720	0.86%	0.49%

f'c	350	Relacion arena / agregado			
slump	3" - 4"	Relacion agua / cement	0.50	0.60	0.70

RESULTADOS	F'cr (kg/cm <sup>2</sup> )	SLUMP	AGUA	AIRE	A/C	CEME	b/b0	Piedra
	435	3" - 4"	184	6.00%	0.45	408.9	0.60	989.4
							10	0.058286

MATERIALES	P. seco diseño	propor 2 decima	peso en obra	P. unita en obra	Tanda peso	Ft <sup>3</sup>	Tanda peso	Lab peso 3 prob
Cemento	408.9	1.00	408.9	1.00	42.5	1.0	42.5	23.8
Agua	184.0	19.13	187.29	19.47	19.47	19.47	19.47	10.9
Arena	611.3	1.50	617.44	1.51	64.2	1.47	64.2	36.0
Piedra	989.4	2.42	994.25	2.43	103.3	2.44	103.3	58.0
Aire	6.00%							
Aditivo superplastificant							250	140.2
SiO <sub>2</sub>	1.50%		6.133				0.638	0.357
TiO <sub>2</sub>	1.50%		6.133				0.638	0.357

Observaciones:



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostriza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190118  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 13/02/2020

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moledo	Rotura									
01	Concreto 1.5%SiO <sub>2</sub> +1.5%TiO <sub>2</sub>	06/02/2020	13/02/2020	7	14.99	30.23	176.48	18546.86	*	*	*	*
02		06/02/2020	13/02/2020	7	15.06	30.03	178.13	16955.80	*	*	*	*
03		06/02/2020	13/02/2020	7	14.98	30.22	176.24	18144.73	*	*	*	*

Ing. Fiorella Maira Zapata Antezana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.

2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

\*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostriza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190117  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 13/02/2020

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1.5%TIO2	06/02/2020	13/02/2020	7	14.95	29.89	175.54	16975.23	*	*	*	*
02		06/02/2020	13/02/2020	7	15.02	30.00	177.19	21344.61	*	*	*	*
03		06/02/2020	13/02/2020	7	14.95	30.03	175.54	19960.35	*	*	*	*

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
E.P. INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
  
Jefa de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostriza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190116  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 13/02/2020

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1.5%SI02	06/02/2020	13/02/2020	7	14.97	30.30	176.01	18820.78	*	*	*	*
02		06/02/2020	13/02/2020	7	15.03	30.05	177.42	15990.28	*	*	*	*
03		06/02/2020	13/02/2020	7	15.11	30.22	179.32	16782.90	*	*	*	*

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
E.P. INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
  
Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.

2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

\*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostriza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190115  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 13/02/2020

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Maldeo	Rotura									
01	Concreto 1.0%SiO <sub>2</sub> +1.0%TiO <sub>2</sub>	06/02/2020	13/02/2020	7	15.07	29.79	178.37	17670.71	*	*	*	*
02		06/02/2020	13/02/2020	7	15.06	30.13	178.13	17014.08	*	*	*	*
03		06/02/2020	13/02/2020	7	15.00	30.00	176.71	15339.48	*	*	*	*

  
UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
E.P. DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
Ing. Fiorella Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos sólo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostraza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190114  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 13/02/2020

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Maldeo	Rotura									
01	Concreto 1.0%SI02	06/02/2020	13/02/2020	7	15.08	30.11	178.60	17398.73	*	*	*	*
02		06/02/2020	13/02/2020	7	14.87	30.19	173.66	13293.83	*	*	*	*
03		06/02/2020	13/02/2020	7	14.93	30.45	175.07	13657.11	*	*	*	*

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
E.P. DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
  
Ing. Rigoberto Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190113  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 13/02/2020

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 0.5%SiO <sub>2</sub>	06/02/2020	13/02/2020	7	15.12	30.02	179.55	15784.36	*	*	*	*
02		06/02/2020	13/02/2020	7	15.02	29.90	177.19	16339.90	*	*	*	*
03		06/02/2020	13/02/2020	7	15.01	30.00	176.95	14576.00	*	*	*	*

LAB. Ing. Fiorella Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostrero y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Naña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190112  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 13/02/2020

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1.5%S102+1.5%T102	06/02/2020	13/02/2020	7	15.06	30.00	178.13	59739.84	335.37	350.00	95.82	T-3
02		06/02/2020	13/02/2020	7	15.74	30.00	194.58	57393.47	294.96	350.00	84.27	T-4
03		06/02/2020	13/02/2020	7	15.11	30.00	179.32	59161.70	329.93	350.00	94.27	T-3
04		06/02/2020	13/02/2020	7	15.10	30.00	179.08	57588.11	321.58	350.00	91.88	T-3
05		06/02/2020	13/02/2020	7	15.00	30.00	176.71	60272.04	341.07	350.00	97.45	T-3
06		06/02/2020	13/02/2020	7	15.00	30.00	176.71	55629.75	314.80	350.00	89.94	T-5

  
Maira Zapata Antezana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostriza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190111  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 13/02/2020

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1.5%1102	06/02/2020	13/02/2020	7	14.98	30.00	176.24	63481.20	360.19	350.00	102.91	T-5
02		06/02/2020	13/02/2020	7	14.95	30.00	175.54	62589.99	356.56	350.00	101.87	T-3
03		06/02/2020	13/02/2020	7	15.09	30.00	178.84	60677.65	340.40	350.00	97.26	T-2
04		06/02/2020	13/02/2020	7	15.01	30.00	176.95	64300.19	363.38	350.00	103.82	T-3
05		06/02/2020	13/02/2020	7	15.05	30.00	177.89	64812.36	364.33	350.00	104.09	T-3
06		06/02/2020	13/02/2020	7	15.02	30.00	177.19	62427.99	352.33	350.00	100.67	T-3



**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el Informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostriza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190110  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 13/02/2020

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1.5%SI02	06/02/2020	13/02/2020	7	15.10	30.00	179.08	54624.36	305.03	350.00	87.15	T-2
02		06/02/2020	13/02/2020	7	15.18	30.00	180.98	57485.05	317.63	350.00	90.75	T-2
03		06/02/2020	13/02/2020	7	15.00	30.00	176.71	55649.19	314.91	350.00	89.97	T-5
04		06/02/2020	13/02/2020	7	15.09	30.00	178.84	54664.70	305.66	350.00	87.33	T-3
05		06/02/2020	13/02/2020	7	15.03	30.00	177.42	55669.75	313.77	350.00	89.65	T-4
06		06/02/2020	13/02/2020	7	15.11	30.00	179.32	56375.13	314.39	350.00	89.83	T-3

Jefa de Laboratorio  
Florella Maira Zapata Antesana

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostrero y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190109  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 13/02/2020

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1.0%SiO <sub>2</sub> +1.0%TiO <sub>2</sub>	06/02/2020	13/02/2020	7	15.01	30.00	176.95	62919.98	355.58	350.00	101.59	T-5
02		06/02/2020	13/02/2020	7	15.06	30.00	178.13	63803.01	358.18	350.00	102.34	T-3
03		06/02/2020	13/02/2020	7	14.98	30.00	176.24	59055.73	335.08	350.00	95.74	T-5
04		06/02/2020	13/02/2020	7	14.92	30.00	174.83	56681.40	324.20	350.00	92.63	T-5
05		06/02/2020	13/02/2020	7	14.98	30.00	176.24	61676.47	349.95	350.00	99.99	T-2
06		06/02/2020	13/02/2020	7	15.08	30.00	178.60	60695.19	339.83	350.00	97.09	T-3



Ing. Fiorella Maira Zapata Antezana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostrroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190108  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 13/02/2020

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1.0%SI/02	06/02/2020	13/02/2020	7	14.97	30.23	176.01	55463.78	315.12	350.00	90.03	T-2
02		06/02/2020	13/02/2020	7	15.01	29.91	176.95	55588.93	314.15	350.00	89.76	T-2
03		06/02/2020	13/02/2020	7	15.22	29.92	181.94	56629.47	311.26	350.00	88.93	T-3
04		06/02/2020	13/02/2020	7	15.10	30.13	179.08	55174.13	308.10	350.00	88.03	T-2
05		06/02/2020	13/02/2020	7	14.94	29.93	175.30	53136.30	303.11	350.00	86.60	T-2
06		06/02/2020	13/02/2020	7	14.98	30.14	176.24	52536.47	298.09	350.00	85.17	T-2

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostriza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190106  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 31/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1%T102	03/12/2019	31/12/2019	28	14.95	30.04	175.54	19343.37	*	*	*	*
02		03/12/2019	31/12/2019	28	15.05	30.05	177.89	19901.94	*	*	*	*
03		03/12/2019	31/12/2019	28	15.03	29.96	177.42	20361.42	*	*	*	*

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
E.P. DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
Ing. Fiorella Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostriza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190107  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 13/02/2020

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 0.5%SI02	06/02/2020	13/02/2020	7	14.75	29.80	170.87	57828.61	338.43	350.00	96.69	T-1
02		06/02/2020	13/02/2020	7	14.94	29.90	175.30	57846.71	329.98	350.00	94.28	T-4
03		06/02/2020	13/02/2020	7	14.97	29.90	176.01	56572.63	321.42	350.00	91.83	T-4
04		06/02/2020	13/02/2020	7	15.07	30.50	178.37	55900.46	313.40	350.00	89.54	T-3
05		06/02/2020	13/02/2020	7	15.13	30.02	179.79	56792.35	315.88	350.00	90.25	T-3
06		06/02/2020	13/02/2020	7	15.06	30.03	178.13	57365.35	322.04	350.00	92.01	T-2



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
E.P. INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

JEFATURA  
Fiorella Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190105  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 31/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 0.5%SiO <sub>2</sub> +TiO <sub>2</sub>	03/12/2019	31/12/2019	28	15.05	29.85	177.89	19174.35	*	*	*	*
02		03/12/2019	31/12/2019	28	15.00	30.00	176.71	19370.56	*	*	*	*
03		03/12/2019	31/12/2019	28	15.05	29.80	177.89	19170.46	*	*	*	*

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
E.P. DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
  
JEFA DE LABORATORIO  
Jefa de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190104  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 31/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1%SID2+TIO2	03/12/2019	31/12/2019	28	14.98	29.80	176.24	19037.91	*	*	*	*
02		03/12/2019	31/12/2019	28	15.05	30.30	177.89	21835.23	*	*	*	*
03		03/12/2019	31/12/2019	28	15.00	30.10	176.71	19197.66	*	*	*	*



**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190103  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 31/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1.0%SI02	03/12/2019	31/12/2019	28	15.00	30.04	176.71	19337.54	*	*	*	*
02		03/12/2019	31/12/2019	28	15.07	29.98	178.37	19325.88	*	*	*	*
03		03/12/2019	31/12/2019	28	15.02	30.29	177.19	20820.89	*	*	*	*

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
Ing. Fiorella Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190102  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 31/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 0.5%SI02	03/12/2019	31/12/2019	28	15.03	30.06	177.42	23490.11	*	*	*	*
02		03/12/2019	31/12/2019	28	15.14	29.97	180.03	20900.71	*	*	*	*
03		03/12/2019	31/12/2019	28	14.98	29.90	176.24	17571.63	*	*	*	*

  
Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostrroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190101  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 31/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 0.5%FTO2	03/12/2019	31/12/2019	28	15.10	29.95	179.08	18689.39	*	*	*	*
02		03/12/2019	31/12/2019	28	15.05	30.05	177.89	19504.77	*	*	*	*
03		03/12/2019	31/12/2019	28	15.10	28.85	179.08	20375.05	*	*	*	*

  
  
JIBB A. Orosco Maira Zapata Artesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



INFORME

Solicitante : Jhonson Guzman Espinal Hinostrero y Gilberto Rimachi Araujo  
Obra : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
Ubicación : Ñaña  
Asunto : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
Expediente N° : RP20190100  
Recibo N° : B100-00023274  
Fecha de emisión : 31/12/2019

1. DE LA MUESTRA : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

2. DE EQUIPO : FORNEY F-1100KN-VFD

3. MÉTODO DE ENSAYO : ASTM C39, NTP 339.034

4. RESULTADOS :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm²)	Resistencia diseño P <sub>c</sub> (kg/cm²)	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1%TIO2	03/12/2019	31/12/2019	28	15.04	30.12	177.66	69231.67	389.69	350.00	111.34	T-5
02		03/12/2019	31/12/2019	28	14.94	29.96	175.30	74612.76	425.62	350.00	121.61	T-5
03		03/12/2019	31/12/2019	28	14.94	30.05	175.30	71301.27	406.73	350.00	116.21	T-5
04		03/12/2019	31/12/2019	28	15.00	29.94	176.71	70783.03	400.55	350.00	114.44	T-3
05		03/12/2019	31/12/2019	28	15.13	30.05	179.79	73732.25	410.10	350.00	117.17	T-5
06		03/12/2019	31/12/2019	28	15.02	29.90	177.19	72697.70	410.29	350.00	117.23	T-3



*[Handwritten signature]*

Ing. Fiorella Mejía Zapata Antezana  
Jefa de Laboratorio

Notas:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostrero y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190098  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 31/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1%SI02+TIO2	03/12/2019	31/12/2019	28	15.12	29.98	179.55	69404.54	386.54	350.00	110.44	T-5
02		03/12/2019	31/12/2019	28	15.00	30.00	176.71	69717.44	394.52	350.00	112.72	T-5
03		03/12/2019	31/12/2019	28	15.00	30.00	176.71	70385.42	398.30	350.00	113.80	T-5
04		03/12/2019	31/12/2019	28	15.02	30.10	177.19	68879.34	388.74	350.00	111.07	T-3
05		03/12/2019	31/12/2019	28	15.05	30.00	177.89	70332.43	395.36	350.00	112.96	T-5
06		03/12/2019	31/12/2019	28	15.00	30.10	176.71	68056.32	385.12	350.00	110.03	T-5

Ing. Fiorella Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinojosa y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190099  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 31/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 0.5%SI02-V102	03/12/2019	31/12/2019	28	15.10	30.00	179.08	69607.87	388.70	350.00	111.06	T-2
02		03/12/2019	31/12/2019	28	15.10	30.00	179.08	73576.25	410.86	350.00	117.39	T-3
03		03/12/2019	31/12/2019	28	15.05	30.00	177.89	73831.62	415.03	350.00	118.58	T-3
04		03/12/2019	31/12/2019	28	15.05	30.00	177.89	76480.47	429.92	350.00	122.83	T-3
05		03/12/2019	31/12/2019	28	15.15	30.05	180.27	69773.97	387.06	350.00	110.59	T-3
06		03/12/2019	31/12/2019	28	15.00	30.10	176.71	68639.48	388.42	350.00	110.98	T-5

M. Fiorella Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostriza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190096  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 31/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de fallo
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 0.5%SI02	03/12/2019	31/12/2019	28	15.04	30.05	177.66	69899.67	393.45	350.00	112.41	T-3
02		03/12/2019	31/12/2019	28	15.05	30.02	177.89	73178.74	411.36	350.00	117.53	T-3
03		03/12/2019	31/12/2019	28	15.16	29.91	180.50	69678.39	386.02	350.00	110.29	T-5
04		03/12/2019	31/12/2019	28	15.06	30.05	178.13	66471.41	373.16	350.00	106.62	T-5
05		03/12/2019	31/12/2019	28	15.05	30.02	177.89	70095.83	394.03	350.00	112.58	T-3
06		03/12/2019	31/12/2019	28	14.98	30.01	176.24	71380.45	405.01	350.00	115.72	T-5

Ingrid María Zapata Antezana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostrero y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190097  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 31/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1.0%SA102	03/12/2019	31/12/2019	28	15.08	30.03	178.60	68182.29	381.75	350.00	109.07	T-3
02		03/12/2019	31/12/2019	28	15.04	29.85	177.66	72990.92	410.85	350.00	117.39	T-5
03		03/12/2019	31/12/2019	28	15.08	30.20	178.60	72568.82	406.31	350.00	116.09	T-3
04		03/12/2019	31/12/2019	28	14.95	30.04	175.54	69348.22	395.06	350.00	112.87	T-3
05		03/12/2019	31/12/2019	28	15.06	30.19	178.13	70637.90	396.55	350.00	113.30	T-5
06		03/12/2019	31/12/2019	28	15.07	29.99	178.37	67521.12	378.55	350.00	108.16	T-5

Jefa Maira Zapata Antezana  
Jefa de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostroza y Gilberto Rimachí Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190094  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 24/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moledo	Rotura									
01	Concreto 1%TIO2	10/12/2019	24/12/2019	14	15.06	29.86	178.13	20110.26	*	*	*	*
02		10/12/2019	24/12/2019	14	15.05	30.05	177.89	19970.09	*	*	*	*
03		10/12/2019	24/12/2019	14	15.08	29.96	178.60	16610.00	*	*	*	*

Ing. E.P. María Zapata Antezana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



INFORME

Solicitante : Jhonson Guzman Espinal Hinostriza y Gilberto Rimachi Araujo  
Obra : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
Ubicación : Ñaña  
Asunto : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
Expediente N° : RP20190095  
Recibo N° : B100-00023274  
Fecha de emisión : 31/12/2019

1. DE LA MUESTRA : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

2. DE EQUIPO : FORNEY F-1100KN-VFD

3. MÉTODO DE ENSAYO : ASTM C39, NTP 339.034

4. RESULTADOS :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm²)	Resistencia diseño P <sub>c</sub> (kg/cm²)	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 0.5%1102	03/12/2019	31/12/2019	28	15.10	30.00	179.08	69469.97	387.93	350.00	110.84	T-5
02		03/12/2019	31/12/2019	28	15.12	30.00	179.55	67935.80	378.36	350.00	108.10	T-5
03		03/12/2019	31/12/2019	28	15.15	30.05	180.27	66370.54	368.18	350.00	105.19	T-5
04		03/12/2019	31/12/2019	28	15.10	30.10	179.08	70775.46	395.22	350.00	112.92	T-3
05		03/12/2019	31/12/2019	28	15.10	30.05	179.08	71165.85	397.40	350.00	113.54	T-5
06		03/12/2019	31/12/2019	28	15.15	30.00	180.27	69123.21	383.45	350.00	109.56	T-5



Ing. Florencia Maira Zapata Antesana  
Jefatura de Laboratorio

Notas:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el Informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostrroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190093  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 24/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 0.5%SiO2+TiO2	10/12/2019	24/12/2019	14	15.10	30.00	179.08	16562.89	*	*	*	*
02		10/12/2019	24/12/2019	14	15.10	29.85	179.08	16740.01	*	*	*	*
03		10/12/2019	24/12/2019	14	15.00	29.90	176.71	15508.50	*	*	*	*

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
E.P. INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
Maira Zapata Antesana  
Jefatura de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190092  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 24/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1%SI02	10/12/2019	24/12/2019	14	15.10	30.05	179.08	16726.56	*	*	*	*
02		10/12/2019	24/12/2019	14	15.05	30.10	177.89	15895.09	*	*	*	*
03		10/12/2019	24/12/2019	14	15.10	30.00	179.08	14690.62	*	*	*	*



Ing. Fiorella Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostriza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190091  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 24/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1%SiO2+TiO2	10/12/2019	24/12/2019	14	15.04	30.00	177.66	16048.56	*	*	*	*
02		10/12/2019	24/12/2019	14	15.03	29.78	177.42	15665.85	*	*	*	*
03		10/12/2019	24/12/2019	14	15.06	29.86	178.13	16518.21	*	*	*	*

Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostrroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190090  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 24/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto patron TIO2	26/11/2019	24/12/2019	28	15.00	30.05	176.71	20844.25	*	*	*	*
02		26/11/2019	24/12/2019	28	15.05	30.30	177.89	18284.60	*	*	*	*
03		26/11/2019	24/12/2019	28	15.00	30.20	176.71	23297.36	*	*	*	*

Ing. Maira Zapata Artesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190089  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 24/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto patron T102	10/12/2019	24/12/2019	14	15.27	30.13	183.13	15336.68	*	*	*	*
02		10/12/2019	24/12/2019	14	15.22	30.13	181.94	14100.04	*	*	*	*
03		10/12/2019	24/12/2019	14	15.62	30.21	191.62	15660.02	*	*	*	*

Ing. Fiorella Maina Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.

2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

\*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostrza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190088  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 24/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto patron T102	26/11/2019	24/12/2019	28	15.05	30.00	177.89	19681.94	*	*	*	*
02		26/11/2019	24/12/2019	28	15.05	30.18	177.89	20793.63	*	*	*	*
03		26/11/2019	24/12/2019	28	15.05	30.10	177.89	21480.89	*	*	*	*

Ing. Fiorella Maíra Zapata Antesana  
JEFATURA de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostrroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190087  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 24/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 0.5%SiO <sub>2</sub> -f102	10/12/2019	24/12/2019	14	15.15	29.89	180.27	69865.91	387.57	350.00	110.73	T-3
02		10/12/2019	24/12/2019	14	15.00	29.91	176.71	68089.90	385.31	350.00	110.09	T-3
03		10/12/2019	24/12/2019	14	15.01	29.83	176.95	70090.01	396.10	350.00	113.17	T-5
04		10/12/2019	24/12/2019	14	15.05	29.82	177.89	66955.99	376.38	350.00	107.54	T-3
05		10/12/2019	24/12/2019	14	14.95	30.01	175.54	67261.07	383.17	350.00	109.48	T-5
06		10/12/2019	24/12/2019	14	15.06	30.06	178.13	68655.30	385.42	350.00	110.12	T-5



Ing. Fiorella Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190086  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 24/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1%TIO2	10/12/2019	24/12/2019	14	15.05	30.05	177.89	66948.87	376.34	350.00	107.53	T-2
02		10/12/2019	24/12/2019	14	15.00	29.90	176.71	68747.28	389.03	350.00	111.15	T-5
03		10/12/2019	24/12/2019	14	15.00	30.15	176.71	66358.09	375.51	350.00	107.29	T-2
04		10/12/2019	24/12/2019	14	15.00	29.90	176.71	71845.08	406.56	350.00	116.16	T-2
05		10/12/2019	24/12/2019	14	15.05	30.00	177.89	68930.62	387.48	350.00	110.71	T-2
06		10/12/2019	24/12/2019	14	15.10	29.95	179.08	67424.90	376.51	350.00	107.57	T-3

Ing. Fiorella Malra Zapata Antesana  
JEFATURA de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostrroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190085  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 24/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1%S102	10/12/2019	24/12/2019	14	15.00	30.00	176.71	70212.24	397.32	350.00	113.52	T-3
02		10/12/2019	24/12/2019	14	15.10	30.15	179.08	64554.27	360.48	350.00	102.99	T-2
03		10/12/2019	24/12/2019	14	15.05	30.05	177.89	67228.17	377.91	350.00	107.97	T-5
04		10/12/2019	24/12/2019	14	15.10	30.05	179.08	65626.95	366.47	350.00	104.71	T-5
05		10/12/2019	24/12/2019	14	15.15	30.05	180.27	70662.68	391.99	350.00	112.00	T-5
06		10/12/2019	24/12/2019	14	15.00	30.10	176.71	65227.12	369.11	350.00	105.46	T-3

Jefe de Laboratorio  
Jefe de Laboratorio Zapata Antesana

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el Informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190084  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 24/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1%SI02+T102	10/12/2019	24/12/2019	14	15.07	29.98	178.37	64592.32	362.13	350.00	103.47	T-3
02		10/12/2019	24/12/2019	14	15.24	30.13	182.41	75869.92	415.92	350.00	118.83	T-5
03		10/12/2019	24/12/2019	14	15.04	29.80	177.66	69359.59	390.41	350.00	111.55	T-5
04		10/12/2019	24/12/2019	14	15.07	29.82	178.37	66315.35	371.79	350.00	106.23	T-5
05		10/12/2019	24/12/2019	14	14.99	29.93	176.48	67503.24	382.50	350.00	109.29	T-2
06		10/12/2019	24/12/2019	14	15.09	29.99	178.84	67020.86	374.75	350.00	107.07	T-3

Ing. Morella Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190083  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 24/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto patron T102	26/11/2019	24/12/2019	28	15.15	30.25	180.27	73292.77	406.58	350.00	116.17	T-3
02		26/11/2019	24/12/2019	28	15.08	30.26	178.60	74051.24	414.61	350.00	118.46	T-2
03		26/11/2019	24/12/2019	28	15.05	30.06	177.89	71732.46	403.23	350.00	115.21	T-3
04		26/11/2019	24/12/2019	28	15.07	30.20	178.37	67653.11	379.29	350.00	108.37	T-5
05		26/11/2019	24/12/2019	28	15.10	30.20	179.08	72141.83	402.85	350.00	115.10	T-2
06		26/11/2019	24/12/2019	28	15.05	30.07	177.89	77871.60	437.74	350.00	125.07	T-5

Maira Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostriza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190082  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 24/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto patron T10.2	10/12/2019	24/12/2019	14	15.05	30.25	177.89	75071.54	422.00	350.00	120.57	T-3
02		10/12/2019	24/12/2019	14	15.26	30.31	182.89	78066.38	426.84	350.00	121.95	T-2
03		10/12/2019	24/12/2019	14	15.05	29.83	177.82	71529.60	402.25	350.00	114.93	T-3
04		10/12/2019	24/12/2019	14	15.25	30.17	182.65	76124.77	416.77	350.00	119.08	T-5
05		10/12/2019	24/12/2019	14	15.27	30.13	183.13	75429.05	411.88	350.00	117.68	T-2
06		10/12/2019	24/12/2019	14	15.32	30.27	184.33	71927.45	390.20	350.00	111.49	T-5

Mirella Maira Zapata Antezana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190081  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 24/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto patron T102	26/11/2019	24/12/2019	28	15.05	30.15	177.89	71020.88	399.23	350.00	114.07	T-5
02		26/11/2019	24/12/2019	28	15.08	30.25	178.60	75756.91	424.16	350.00	121.19	T-2
03		26/11/2019	24/12/2019	28	15.00	30.30	176.71	72960.15	412.87	350.00	117.96	T-3
04		26/11/2019	24/12/2019	28	15.01	30.12	176.95	73414.90	414.89	350.00	118.54	T-3
05		26/11/2019	24/12/2019	28	15.05	30.12	177.89	74105.57	416.57	350.00	119.02	T-3
06		26/11/2019	24/12/2019	28	15.10	30.10	179.08	71280.46	398.04	350.00	113.73	T-3



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Fiorella Máira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostraza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190061  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 19/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto patron SIO2	26/11/2019	3/12/2019	7	15.00	30.09	176.71	68536.99	387.84	350.00	110.81	T-2
02		26/11/2019	3/12/2019	7	15.02	29.85	177.19	67736.49	382.29	350.00	109.23	T-2
03		26/11/2019	3/12/2019	7	15.05	30.23	177.89	59678.32	335.47	350.00	95.85	T-2
04		26/11/2019	3/12/2019	7	15.00	30.29	176.71	62046.26	351.11	350.00	100.32	T-5
05		26/11/2019	3/12/2019	7	15.02	30.32	177.19	62477.60	352.61	350.00	100.75	T-2
06		26/11/2019	3/12/2019	7	15.00	30.03	176.71	63523.59	359.47	350.00	102.71	T-5

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
 LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO  
 Bach. Elias Felipe Tala Añica

Asistente Responsable de Laboratorio

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 E.P. INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIOS  
 Ing. María Zapata Antezana  
 Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190062  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 19/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moledo	Rotura									
01	Concreto patron T102	26/11/2019	3/12/2019	7	15.10	30.22	179.08	64507.71	360.22	350.00	102.92	T-5
02		26/11/2019	3/12/2019	7	15.15	29.99	180.27	66010.01	366.18	350.00	104.62	T-3
03		26/11/2019	3/12/2019	7	14.88	30.20	173.90	60410.59	347.39	350.00	99.25	T-5
04		26/11/2019	3/12/2019	7	14.99	29.85	176.48	70483.97	399.39	350.00	114.11	T-2
05		26/11/2019	3/12/2019	7	15.06	30.00	178.13	58858.09	330.42	350.00	94.41	T-2
06		26/11/2019	3/12/2019	7	15.04	30.24	177.66	66321.63	373.31	350.00	106.66	T-3

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
 LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Bach. Elias Felipe Taia Alica  
 Asistente Responsable de Laboratorio



ing. Fiorella Maria Zapata Antesana  
 Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostrroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190063  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 19/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moído	Rotura									
01	Concreto patron SIQ2 + TIO2	26/11/2019	3/12/2019	7	14.98	30.20	176.24	64286.64	364.76	350.00	104.22	T-2
02		26/11/2019	3/12/2019	7	15.08	30.04	178.60	64099.39	358.89	350.00	102.54	T-5
03		26/11/2019	3/12/2019	7	15.06	30.30	178.13	65379.47	367.03	350.00	104.87	T-5
04		26/11/2019	3/12/2019	7	15.08	30.26	178.60	62616.98	350.59	350.00	100.17	T-5
05		26/11/2019	3/12/2019	7	15.05	30.16	177.89	66345.81	372.95	350.00	106.56	T-2
06		26/11/2019	3/12/2019	7	15.11	30.08	179.32	64958.98	362.26	350.00	103.50	T-2

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Bach. Eilias Felipe Tala Alicra  
Asistente Responsable de Laboratorio

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Ing. Fiorella Maiza Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190064  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 19/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto patron SIO2	26/11/2019	10/12/2019	14	14.98	30.04	176.24	63525.27	360.44	350.00	102.98	T-4
02		26/11/2019	10/12/2019	14	15.16	30.15	180.50	65555.66	363.18	350.00	103.77	T-2
03		26/11/2019	10/12/2019	14	15.05	30.09	177.89	69583.49	391.15	350.00	111.76	T-2
04		26/11/2019	10/12/2019	14	15.14	30.12	180.03	65739.26	365.16	350.00	104.33	T-2
05		26/11/2019	10/12/2019	14	15.06	30.12	178.13	73245.74	411.19	350.00	117.48	T-2
06		26/11/2019	10/12/2019	14	15.15	30.18	180.27	41021.46	227.56	350.00	65.02	T-3

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
 LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Bach. Elías Felipe Taia Alica  
 Asistente Responsable de Laboratorio



Ing. Fionella María Zapata Antezana  
 Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostraza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190065  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 19/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dia <sup>1</sup> (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Adición 0.5% TiO <sub>2</sub>	10/12/2019	17/12/2019	7	15.53	30.07	189.42	72844.52	384.56	350.00	109.87	T-5
02		10/12/2019	17/12/2019	7	15.00	30.11	176.71	62325.47	352.69	350.00	100.77	T-5
03		10/12/2019	17/12/2019	7	15.04	30.06	177.66	62032.96	349.17	350.00	99.76	T-5
04		10/12/2019	17/12/2019	7	15.05	30.06	177.89	63252.22	355.56	350.00	101.59	T-5
05		10/12/2019	17/12/2019	7	15.02	30.02	177.19	63730.31	359.68	350.00	102.77	T-4
06		10/12/2019	17/12/2019	7	15.12	30.15	179.55	63445.17	353.35	350.00	100.96	T-5

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
 LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Bach. Elías Felipe Tala Alica  
 Asistente Responsable de Laboratorio



Ing. Fiorella Maira Zapata Antesana  
 Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190066  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 19/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño $f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Adición 0.5% SiO <sub>2</sub> + TiO <sub>2</sub>	10/12/2019	17/12/2019	7	15.09	30.21	178.84	68964.87	385.62	350.00	110.18	T-5
02		10/12/2019	17/12/2019	7	15.25	30.20	182.65	71012.28	388.78	350.00	111.08	T-5
03		10/12/2019	17/12/2019	7	15.18	30.14	180.98	68962.88	381.05	350.00	108.87	T-3
04		10/12/2019	17/12/2019	7	15.15	30.00	180.27	70623.03	391.77	350.00	111.93	T-2
05		10/12/2019	17/12/2019	7	15.09	30.00	178.84	69351.17	387.78	350.00	110.79	T-5
06		10/12/2019	17/12/2019	7	15.06	30.02	178.13	68740.80	385.90	350.00	110.26	T-3

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
 LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Badi. Elias Felipe Taia Alica  
 Asistente Responsable de Laboratorio

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
 LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Ing. Fionella Maira Capata Antesana  
 Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostrroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190067  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 19/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moledo	Rotura									
01	Adición 1.0% TiO <sub>2</sub>	10/12/2019	17/12/2019	7	15.18	30.11	180.98	71597.97	395.61	350.00	113.03	T-5
02		10/12/2019	17/12/2019	7	15.18	30.11	180.98	66977.52	370.08	350.00	105.74	T-5
03		10/12/2019	17/12/2019	7	15.28	30.31	183.37	69388.53	378.40	350.00	108.11	T-2
04		10/12/2019	17/12/2019	7	15.13	30.12	179.79	64307.61	357.68	350.00	102.19	T-5
05		10/12/2019	17/12/2019	7	15.35	30.29	185.06	69659.34	376.42	350.00	107.55	T-5
06		10/12/2019	17/12/2019	7	15.24	30.42	182.41	72949.46	399.91	350.00	114.26	T-5

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
 LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Bach. Elías Felipe Taia Allca  
 Asistente Responsable de Laboratorio



Ing. Fionella Zapata Antasana  
 Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190068  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 19/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Adición 0.5% SIO <sub>2</sub>	3/12/2019	17/12/2019	14	15.24	30.01	182.41	67681.32	371.03	350.00	106.01	T-5
02		3/12/2019	17/12/2019	14	15.00	30.10	176.71	67038.45	379.36	350.00	108.39	T-5
03		3/12/2019	17/12/2019	14	15.00	30.12	176.71	67158.61	380.04	350.00	108.58	T-3
04		3/12/2019	17/12/2019	14	15.10	30.05	179.08	70478.19	393.56	350.00	112.45	T-5
05		3/12/2019	17/12/2019	14	15.14	30.04	180.03	68299.27	379.38	350.00	108.39	T-5
06		3/12/2019	17/12/2019	14	15.12	30.15	179.55	72000.89	401.00	350.00	114.57	T-3

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
 LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Bach. Elías Felipe Taia Aitca  
 Asistente Responsable de Laboratorio

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
 LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
  
 LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
 Ing. Fiorella Maira Zapata Antezana  
 JEFA DEL LABORATORIO

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostrroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190069  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 19/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño P <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Adición 0.5% TiO <sub>2</sub>	3/12/2019	17/12/2019	14	15.09	30.00	178.84	67104.92	375.22	350.00	107.21	T-5
02		3/12/2019	17/12/2019	14	15.00	30.25	176.71	69910.06	395.61	350.00	113.03	T-4
03		3/12/2019	17/12/2019	14	15.01	30.13	176.95	66910.21	378.13	350.00	108.04	T-5
04		3/12/2019	17/12/2019	14	15.06	30.04	178.13	73113.92	410.45	350.00	117.27	T-3
05		3/12/2019	17/12/2019	14	14.95	30.00	175.54	69486.90	395.85	350.00	113.10	T-3
06		3/12/2019	17/12/2019	14	15.21	30.24	181.70	66295.87	364.87	350.00	104.25	T-3

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
 LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Bach. Elias Felipe Tala Alca  
 Asistente Responsable de Laboratorio

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
 LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostraza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190070  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 19/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Adición 1.5% TIO2	10/12/2019	17/12/2019	7	15.16	30.00	180.50	72620.61	402.32	350.00	114.95	T-5
02		10/12/2019	17/12/2019	7	15.05	29.95	177.89	74552.09	419.08	350.00	119.74	T-5
03		10/12/2019	17/12/2019	7	15.14	30.06	180.03	72159.08	400.82	350.00	114.52	T-5
04		10/12/2019	17/12/2019	7	15.20	30.24	181.46	73634.00	405.79	350.00	115.94	T-3
05		10/12/2019	17/12/2019	7	15.15	30.22	180.27	69613.53	386.17	350.00	110.33	T-3
06		10/12/2019	17/12/2019	7	15.13	30.08	179.79	75886.15	422.08	350.00	120.59	T-2

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
 LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Bach. Elías Felipe Tala Alica  
 Asistente Responsable de Laboratorio

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
 LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Ing. Elías Zapata Antezana  
 Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostrroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190071  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 19/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto patron SIC2	26/11/2019	3/12/2019	7	15.00	30.00	176.71	21270.49	*	*	*	*
02		26/11/2019	3/12/2019	7	15.02	30.11	177.19	17220.00	*	*	*	*
03		26/11/2019	3/12/2019	7	15.07	30.12	178.37	20061.46	*	*	*	*

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



LABORATORIO DE ENSAYO  
DE MATERIALES Y CONCRETO

Bach. Elías Felipe Tala Alica

Asistente Responsable de Laboratorio

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Luz María Zapata Antezana  
Jefa de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190072  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 19/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto patron T102	26/11/2019	3/12/2019	7	15.08	30.07	178.60	18253.52	*	*	*	*
02		26/11/2019	3/12/2019	7	15.22	30.28	181.94	14979.47	*	*	*	*
03		26/11/2019	3/12/2019	7	15.08	30.16	178.60	14375.91	*	*	*	*

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Bach. Elias Felipe Tala Alca  
Asistente Responsable de Laboratorio

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
  
LABORATORIOS DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Ing. Fiorella Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostrroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190073  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 19/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto patron SIO2+TIO2	26/11/2019	3/12/2019	7	15.08	30.23	178.60	20408.01	*	*	*	*
02		26/11/2019	3/12/2019	7	15.01	30.15	176.95	22611.91	*	*	*	*
03		26/11/2019	3/12/2019	7	15.01	30.29	176.95	19174.35	*	*	*	*

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
 LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Bach. Elias Felipe Tala Añica  
 Asistente Responsable de Laboratorio



Ing. Helder Maira Zapata Antesana  
 Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostraza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190074  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 19/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto patron SIO2+TIO2	26/11/2019	10/12/2019	14	15.07	30.09	178.37	17773.67	*	*	*	*
02		26/11/2019	10/12/2019	14	15.15	30.12	180.27	18919.86	*	*	*	*
03		26/11/2019	10/12/2019	14	15.10	30.12	179.08	16120.44	*	*	*	*

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Bach. Elías Felipe Tala Alica  
Asistente Responsable de Laboratorio



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Dorella Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190075  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 19/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Adición 0.5% TiO <sub>2</sub>	10/12/2019	17/12/2019	7	15.04	29.90	177.66	19180.12	*	*	*	*
02		10/12/2019	17/12/2019	7	15.09	29.87	178.84	20263.53	*	*	*	*
03		10/12/2019	17/12/2019	7	15.02	30.07	177.19	22180.12	*	*	*	*

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Bach. Elías Felipe Tala Allica  
Asistente Responsable de Laboratorio

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
  
LABORATORIOS  
Ing. Fiorella Maira Zapata Antesana  
JEFATURA Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostraza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190076  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 19/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Adición 0.5% SiO <sub>2</sub> +TiO <sub>2</sub>	10/12/2019	17/12/2019	7	15.04	29.98	177.66	13958.23	*	*	*	*
02		10/12/2019	17/12/2019	7	15.08	30.00	178.60	20631.50	*	*	*	*
03		10/12/2019	17/12/2019	7	15.15	30.12	180.27	17490.04	*	*	*	*

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Bach. Elías Felipe Tala Alfca  
Asistente Responsable de Laboratorio



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Mg. Lorella Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostraza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190077  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 19/12/2019

- 1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm
- 2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD
- 3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496
- 4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Adición 1.0% TiO <sub>2</sub>	10/12/2019	17/12/2019	7	15.14	30.32	180.03	21096.82	*	*	*	*
02		10/12/2019	17/12/2019	7	15.24	30.36	182.41	17334.62	*	*	*	*
03		10/12/2019	17/12/2019	7	15.22	30.44	181.94	11087.67	*	*	*	*



Bach. Elías Felipe Tala Alfca  
 Asistente Responsable de Laboratorio



Ing. Fiorella Maira Zapata Antesana  
 JEFE DE Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



INFORME

Solicitante : Jhonson Guzman Espinal Hinostroza y Gilberto Rimachi Araujo  
Obra : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
Ubicación : Ñaña  
Asunto : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
Expediente N° : RP20190078  
Recibo N° : B100-00023274  
Fecha de emisión : 19/12/2019

1. DE LA MUESTRA : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm  
2. DE EQUIPO : FORNEY F-1100KN-VFD  
3. MÉTODO DE ENSAYO : ASTM C496  
4. RESULTADOS :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Adición 0.5% SiO <sub>2</sub>	3/12/2019	17/12/2019	14	15.10	30.00	179.08	15362.79	*	*	*	*
02		3/12/2019	17/12/2019	14	15.10	30.02	179.08	10028.17	*	*	*	*
03		3/12/2019	17/12/2019	14	15.15	30.00	180.27	20493.27	*	*	*	*



Bach. Elías Felipe Tala Aílca  
Asistente Responsable de Laboratorio



Notas:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostroza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190079  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 19/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Adición 0.5% TiO <sub>2</sub>	3/12/2019	17/12/2019	14	15.09	30.06	178.84	20187.61	*	*	*	*
02		3/12/2019	17/12/2019	14	15.08	30.03	178.60	19998.75	*	*	*	*
03		3/12/2019	17/12/2019	14	15.07	30.13	178.37	18743.07	*	*	*	*



Bach. Elías Felipe Tala Ailca  
Asistente Responsable de Laboratorio



Ing. Florencia Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

\*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostraza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190080  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 19/12/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Adición 1.5% TiO <sub>2</sub>	10/12/2019	17/12/2019	7	15.07	30.05	178.37	20538.05	*	*	*	*
02		10/12/2019	17/12/2019	7	15.07	30.18	178.37	22463.55	*	*	*	*
03		10/12/2019	17/12/2019	7	15.22	30.14	181.94	14970.37	*	*	*	*



Bach. Elías Felipe Tala Alica  
Asistente Responsable de Laboratorio



Ing. Florencia Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostriza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190125  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 11/03/2020

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm²)	Resistencia diseño f'c (kg/cm²)	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1.5%SI02+TIO2	10/02/2020	24/02/2020	14	15.12	30.20	179.55	17579.40	*	*	*	*
02		10/02/2020	24/02/2020	14	15.02	30.11	177.19	19787.08	*	*	*	*
03		10/02/2020	24/02/2020	14	15.04	30.50	177.66	19152.98	*	*	*	*

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 E.P. DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
 Jhonson Guzman Espinal Hinostriza  
 Jefe de Laboratorio



**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostriza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190126  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 11/03/2020

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1.5%SiO <sub>2</sub> +1.5%TiO <sub>2</sub>	10/02/2020	09/03/2020	28	14.91	30.22	174.60	17938.80	*	*	*	*
02		10/02/2020	09/03/2020	28	15.06	30.00	178.13	19993.45	*	*	*	*
03		10/02/2020	09/03/2020	28	15.03	29.92	177.42	19184.06	*	*	*	*

LABORATORIOS  
Ing. Fiorella Maiza Zapata Antesana  
JEFATURA Laboratorio

**Notas:**

1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.

2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

\*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostriza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190127  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 11/03/2020

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1.5%SiO2	10/02/2020	09/03/2020	28	15.00	30.26	176.71	18063.13	*	*	*	*
02		10/02/2020	09/03/2020	28	14.95	29.93	175.54	18717.82	*	*	*	*
03		10/02/2020	09/03/2020	28	14.99	30.33	176.48	18925.24	*	*	*	*



**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostriza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190128  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 11/03/2020

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1.5%TiO <sub>2</sub>	10/02/2020	09/03/2020	28	15.09	30.22	178.84	19397.76	*	*	*	*
02		10/02/2020	09/03/2020	28	15.02	30.17	177.19	19559.29	*	*	*	*
03		10/02/2020	09/03/2020	28	15.03	30.22	177.42	18422.53	*	*	*	*

Ing. Fierrella Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostraza y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190124  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 11/03/2020

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 03 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C496

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1.5%SIO2	10/02/2020	24/02/2020	14	15.08	30.10	178.60	17190.87	*	*	*	*
02		10/02/2020	24/02/2020	14	15.13	30.30	179.79	15173.43	*	*	*	*
03		10/02/2020	24/02/2020	14	15.03	30.34	177.42	19621.59	*	*	*	*



Ing. Fiorélla Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
  - 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- \*En ensayos a tracción indirecta estos datos no se brindan.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinostrero y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Naña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190119  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 11/03/2020

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1,5%SI02	10/02/2020	24/02/2020	14	15.05	30.00	177.89	59856.21	336.47	350.00	96.13	T-3
02		10/02/2020	24/02/2020	14	14.97	30.00	176.01	57244.98	325.24	350.00	92.93	T-3
03		10/02/2020	24/02/2020	14	15.02	30.00	177.19	58572.42	330.57	350.00	94.45	T-2
04		10/02/2020	24/02/2020	14	15.03	30.00	177.42	59255.45	333.98	350.00	95.42	T-5
05		10/02/2020	24/02/2020	14	15.12	30.00	179.55	58107.05	323.62	350.00	92.46	T-3
06		10/02/2020	24/02/2020	14	15.06	30.00	178.13	58011.97	325.67	350.00	93.05	T-5

Maira Zapata Antezana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el Informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**



**INFORME**

**Solicitante** : Jhonson Guzman Espinal Hinojosa y Gilberto Rimachi Araujo  
**Obra** : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
**Ubicación** : Ñaña  
**Asunto** : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
**Expediente N°** : RP20190120  
**Recibo N°** : B100-00023274  
**Fecha de emisión** : 11/03/2020

**1. DE LA MUESTRA** : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

**2. DE EQUIPO** : FORNEY F-1100KN-VFD

**3. MÉTODO DE ENSAYO** : ASTM C39, NTP 339.034

**4. RESULTADOS** :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1.5%SiO <sub>2</sub> +TiO <sub>2</sub>	10/02/2020	24/02/2020	14	15.10	30.00	179.08	58981.34	329.36	350.00	94.10	T-2
02		10/02/2020	24/02/2020	14	15.00	30.00	176.71	60066.49	340.02	350.00	97.15	T-3
03		10/02/2020	24/02/2020	14	15.02	30.00	177.19	61861.00	349.13	350.00	99.75	T-2
04		10/02/2020	24/02/2020	14	14.98	30.00	176.24	62901.36	356.90	350.00	101.97	T-3
05		10/02/2020	24/02/2020	14	15.10	30.00	179.08	61961.21	346.00	350.00	98.86	T-3
06		10/02/2020	24/02/2020	14	15.10	30.00	179.08	58821.96	328.47	350.00	93.85	T-5



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
E.P. INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Fiorella Malra Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

**Notas:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



INFORME

Solicitante : Jhonson Guzman Espinal Hinostrza y Gilberto Rimachi Araujo  
Obra : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
Ubicación : Ñaña  
Asunto : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
Expediente N° : RP20190121  
Recibo N° : B100-00023274  
Fecha de emisión : 11/03/2020

1. DE LA MUESTRA : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

2. DE EQUIPO : FORNEY F-1100KN-VFD

3. MÉTODO DE ENSAYO : ASTM C39, NTP 339.034

4. RESULTADOS :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1.5%SiO <sub>2</sub> +1.5%TiO <sub>2</sub>	10/02/2020	09/03/2020	28	15.06	30.00	178.13	65179.96	365.91	350.00	104.55	T-2
02		10/02/2020	09/03/2020	28	15.05	30.00	177.89	65086.31	365.87	350.00	104.53	T-5
03		10/02/2020	09/03/2020	28	15.05	30.00	177.89	63716.53	358.17	350.00	102.33	T-3
04		10/02/2020	09/03/2020	28	15.12	30.00	179.55	63019.63	350.98	350.00	100.28	T-3
05		10/02/2020	09/03/2020	28	15.05	30.00	177.89	66968.44	376.45	350.00	107.56	T-3
06		10/02/2020	09/03/2020	28	14.99	30.00	176.48	61001.75	345.66	350.00	98.76	T-2

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
LABORATORIO: Florencia Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

Notas:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



INFORME

Solicitante : Jhonson Guzman Espinal Hinostrero y Gilberto Rimachi Araujo  
Obra : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
Ubicación : Naña  
Asunto : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
Expediente N° : RP20190122  
Recibo N° : B100-00023274  
Fecha de emisión : 11/03/2020

1. DE LA MUESTRA : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

2. DE EQUIPO : FORNEY F-1100KN-VFD

3. MÉTODO DE ENSAYO : ASTM C39, NTP 339.034

4. RESULTADOS :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 1,5%SiO2	10/02/2020	09/03/2020	28	15.04	30.00	177.66	68183.49	383.79	350.00	109.65	T-2
02		10/02/2020	09/03/2020	28	15.05	30.00	177.89	61377.21	345.02	350.00	98.58	T-3
03		10/02/2020	09/03/2020	28	15.05	30.00	177.89	63805.47	358.67	350.00	102.48	T-2
04		10/02/2020	09/03/2020	28	15.12	30.00	179.55	62613.84	348.72	350.00	99.63	T-3
05		10/02/2020	09/03/2020	28	15.01	30.00	176.95	66167.02	373.93	350.00	106.84	T-3
06		10/02/2020	09/03/2020	28	15.07	30.00	178.37	65022.19	364.54	350.00	104.15	T-2

Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

Notas:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - E.P. INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



INFORME

Solicitante : Jhonson Guzman Espinal Hinostrero y Gilberto Rimachi Araujo  
Obra : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil  
Ubicación : Ñaña  
Asunto : Rotura de probetas cilíndricas de concreto  
Expediente N° : RP20190123  
Recibo N° : B100-00023274  
Fecha de emisión : 11/03/2020

1. DE LA MUESTRA : Consiste en 06 probetas cilíndricas de 15 x30 cm

2. DE EQUIPO : FORNEY F-1100KN-VFD

3. MÉTODO DE ENSAYO : ASTM C39, NTP 339.034

4. RESULTADOS :

N°	Estructura	Fecha		Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura dial (kg)	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (%)	Tipo de falla
		Moldeo	Rotura									
01	Concreto 15x30x102	10/02/2020	09/03/2020	28	14.97	30.00	176.01	66467.83	377.64	350.00	107.90	T-3
02		10/02/2020	09/03/2020	28	15.10	30.00	179.08	69466.39	387.91	350.00	110.83	T-3
03		10/02/2020	09/03/2020	28	15.01	30.00	176.95	65266.34	368.84	350.00	105.38	T-3
04		10/02/2020	09/03/2020	28	14.97	30.00	176.01	67502.76	383.52	350.00	109.58	T-2
05		10/02/2020	09/03/2020	28	14.90	30.00	174.37	66954.89	383.99	350.00	109.71	T-5
06		10/02/2020	09/03/2020	28	15.00	30.00	176.71	68015.68	384.89	350.00	109.97	T-5



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Fiorella Maira Zapata Antesana  
Jefe de Laboratorio

Notas:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.