



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA CIVIL**

“Influencia del Nano-sílice en las propiedades de un concreto de  $F'c = 350$   
kg/cm<sup>2</sup> para obtener un concreto de alta resistencia, Lima 2019”

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

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Diego Juan Carrasco Vasques (ORCID: 0000-0001-6881-5511)

Luis Humberto Fernandez Herrera (ORCID: 0000-0001-8577-3624)

**ASESOR:**

German Fernando Casusol Ibérico (ORCID: 0000-0001-7143-5026)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LIMA - PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Juan Carrasco Palomino y María Vasques Cañari, por todo el apoyo, amor y confianza que me han brindado en todos estos años de vida. Por mostrarme y enseñarme que todo esfuerzo siempre tiene su recompensa y por ser el sostén de mi vida.

Diego Juan Carrasco Vasques

A mis padres Fernandez Muñoz Luis y Herrera Frida, por todo el apoyo, amor y confianza que me han brindado en todos estos años de vida. Por mostrarme y enseñarme que todo esfuerzo siempre tiene su recompensa y por ser el sostén de mi vida.

Luis Humberto Fernandez herrera

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Cesar Vallejo por brindarnos las facilidades del laboratorio para el desarrollo de los ensayos de nuestro proyecto de investigación. Y por toda la experiencia, conocimiento y desarrollo personal que hemos adquirido a lo largo de estos años de estudio.

A la empresa ULMEN por brindarnos la asesoría y el material principal (Nano-Sílice) para el desarrollo de nuestra investigación.

A nuestro asesor el Ing. Fernando Casusol Ibérico y a todos los docentes que muy amablemente nos apoyaron con sus asesorías para la realización de nuestro proyecto de investigación.

## PÁGINA DEL JURADO

## PÁGINA DEL JURADO

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

## ÍNDICE

<b>CARÁTULA</b> .....	i
<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iii
<b>PÁGINA DEL JURADO</b> .....	iv
<b>DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD</b> .....	vi
<b>ÍNDICE</b> .....	vii
<b>RESUMEN</b> .....	xiii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiv
I. <b>INTRODUCCIÓN</b> .....	12
II. <b>MÉTODO</b> .....	40
2.1 Tipo y diseño de investigación.....	40
2.2 Operacionalización de variables .....	41
2.3 Población, muestra y muestreo.....	43
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	47
2.5 Procedimiento .....	49
Diagrama del Proceso de experimentación .....	49
2.6 Método de análisis de datos.....	50
2.7 Aspectos éticos.....	50
III. <b>RESULTADOS</b> .....	51
IV. <b>DISCUSIÓN</b> .....	109
V. <b>CONCLUSIONES</b> .....	111
VI. <b>RECOMENDACIONES</b> .....	113
<b>REFERENCIAS BIBLIGRÁFICAS</b> .....	114
<b>ANEXOS</b> .....	119

## ÍNDICE DE TABLA

<b>Tabla 1:</b> Muestras para trabajabilidad del concreto .....	44
<b>Tabla 2:</b> Muestras para Peso unitario del concreto (olla de Washington).....	45
<b>Tabla 3:</b> Muestras para Peso unitario del concreto (Moldes 6"x12") .....	45
<b>Tabla 4:</b> Muestras para Contenido de aire del concreto.....	46
<b>Tabla 5:</b> Muestras para ensayo de Resistencia a la compresión.....	46
<b>Tabla 6:</b> Granulometría Agregado Fino.....	51
<b>Tabla 7:</b> Peso unitario A. Fino.....	53
<b>Tabla 8:</b> Peso unitario compactado A. Fino.....	54
<b>Tabla 9:</b> Peso unitario Suelto A. Grueso .....	54
<b>Tabla 10:</b> peso unitario compactado A. grueso .....	55
<b>Tabla 11:</b> contenido de humedad A. fino .....	56
<b>Tabla 12:</b> contenido de humedad A. Grueso .....	56
<b>Tabla 13:</b> peso específico A. Fino .....	57
<b>Tabla 14:</b> % absorción A. Fino.....	58
<b>Tabla 15:</b> Peso específico A. Grueso.....	59
<b>Tabla 16:</b> % absorción A. Grueso .....	59
<b>Tabla 17:</b> Información de materiales .....	60
<b>Tabla 18:</b> factor de riesgo.....	61
<b>Tabla 19:</b> % aire atrapado.....	61
<b>Tabla 20:</b> Cantidad de agua de mezclado .....	62
<b>Tabla 21:</b> Relación agua/cemento .....	62
<b>Tabla 22:</b> Cantidad de agregado grueso .....	63
<b>Tabla 23:</b> Volúmenes de componentes de mezcla .....	64
<b>Tabla 24:</b> Volumen agregado fino .....	64
<b>Tabla 25:</b> Cantidad de componentes en estados seco .....	64
<b>Tabla 26:</b> Corrección de agua.....	65
<b>Tabla 27:</b> Dosificación final de mezcla patrón .....	65
<b>Tabla 28:</b> Relación de mezcla patrón .....	65
<b>Tabla 29:</b> Resultados SLUMP por diseño .....	66
<b>Tabla 30:</b> Resultados Peso Unitario del concreto fresco moldes normalizado 6"x12" .....	66
<b>Tabla 31:</b> Resultados contenido de aire.....	67
<b>Tabla 32:</b> Prueba de normalidad Asentamiento.....	68
<b>Tabla 33:</b> Homogeneidad de varianzas (Asentamiento) .....	69
<b>Tabla 34:</b> ANOVA de un Factor para Asentamiento:.....	70
<b>Tabla 35:</b> Comparación de diferencia significativas entre los grupos.....	71
<b>Tabla 36:</b> Cuadro se resumen de significancia .....	72
<b>Tabla 37:</b> Prueba de normalidad Peso Unitario .....	73
<b>Tabla 38:</b> Homogeneidad de varianzas del ensayo de Peso Unitario (6"x12") .....	74
<b>Tabla 39:</b> ANOVA de un factor para Peso Unitario .....	75
<b>Tabla 40:</b> Comparación de diferencias significativas entre los grupos .....	76
<b>Tabla 41:</b> Cuadro se resumen de significancia .....	77
<b>Tabla 42:</b> Prueba de normalidad Contenido de aire.....	78
<b>Tabla 43:</b> Homogeneidad de varianzas del ensayo de Contenido de aire .....	79
<b>Tabla 44:</b> ANOVA de un factor para Contenido de aire.....	80
<b>Tabla 45:</b> Comparación de diferencia significativas – Contenido de aire.....	81

<b>Tabla 46:</b> Cuadro se resumen de significancia - Contenido de aire .....	82
<b>Tabla 47:</b> Resistencia a la compresión concreto patrón .....	83
<b>Tabla 48:</b> Estadística Concreto patrón 1 día .....	84
<b>Tabla 49:</b> Estadística Concreto patrón 3 día .....	84
<b>Tabla 50:</b> Estadística Concreto patrón 7 día .....	85
<b>Tabla 51:</b> Estadística Concreto patrón 14 día .....	85
<b>Tabla 52:</b> Estadística Concreto patrón 28 día .....	86
<b>Tabla 53:</b> resistencia a la compresión NS 0.5% .....	86
<b>Tabla 54:</b> Estadística Concreto N.S 0.5 - 1 día .....	88
<b>Tabla 55:</b> Estadística Concreto N.S 0.5 - 3 día .....	88
<b>Tabla 61:</b> Estadística Concreto N.S 1.0 - 3 día .....	92
<b>Tabla 62:</b> Estadística Concreto N.S 1.0 - 7 día .....	93
<b>Tabla 63:</b> Estadística Concreto N.S 1.0 - 14 día .....	93
<b>Tabla 64:</b> Estadística Concreto N.S 1.0 - 28 día .....	94
<b>Tabla 65:</b> resistencia a la compresión NS 1.5% .....	94
<b>Tabla 66:</b> Estadística Concreto N.S 1.5 - 1 día .....	96
<b>Tabla 67:</b> Estadística Concreto N.S 1.5 - 3 día .....	96
<b>Tabla 68:</b> Estadística Concreto N.S 1.5 - 7 día .....	97
<b>Tabla 69:</b> Estadística Concreto N.S 1.5 - 14 día .....	97
<b>Tabla 70:</b> Estadística Concreto N.S 1.5 - 28 día .....	98
<b>Tabla 71:</b> resistencia a la compresión NS 2.0% .....	98
<b>Tabla 72:</b> Estadística Concreto N.S 2.0 - 1 día .....	100
<b>Tabla 73:</b> Estadística Concreto N.S 2.0 - 3 día .....	100
<b>Tabla 74:</b> Estadística Concreto N.S 2.0 - 7 día .....	101
<b>Tabla 75:</b> Estadística Concreto N.S 2.0 - 14 día .....	101
<b>Tabla 76:</b> Estadística Concreto N.S 2.0 - 28 día .....	102
<b>Tabla 77:</b> Resumen de resistencia a la compresión obtenidas .....	102
<b>Tabla 78:</b> Porcentajes de aumento de la resistencia a la compresión .....	103
<b>Tabla 79:</b> Prueba de normalidad R. Concreto .....	104
<b>Tabla 80:</b> Homogeneidad de varianzas del ensayo de Resistencia a la Compresión .....	105
<b>Tabla 81:</b> ANOVA de un factor para Resistencia al concreto .....	106
<b>Tabla 82:</b> Comparación de diferencia significativas .....	107
<b>Tabla 83:</b> Tabla de subconjuntos homogéneos R. a la compresión .....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Curva de resistencia del concreto patrón .....	83
Figura 2: Curva de resistencia del concreto NS 0.5%.....	87
Figura 3: Curva de resistencia del concreto NS 1.0%.....	91
Figura 4: Curva de resistencia del concreto NS 1.5%.....	95
Figura 5: Curva de resistencia del concreto NS 2.0%.....	99
Figura 6: Cuarteo de Agregados y separación de muestras.....	120
Figura 7: Ensayo de Tamizado - Agregados .....	120
Figura 8: Ensayo laboratorio - Peso unitario suelto y compactado de agregados .....	120
Figura 9: Ensayo laboratorio Peso específico agregado grueso.....	120
Figura 10: Ensayo laboratorio - Peso específico agregado Fino.....	120
Figura 11: Horno para secado de agregados .....	120
Figura 12: Ensayo laboratorio - Contenido de Humedad agregado fino.....	120
Figura 13: Ensayo laboratorio - Contenido de Humedad agregado Grueso .....	120
Figura 14: Ensayo laboratorio de absorción - Agregado grueso .....	120
Figura 15: Ensayo laboratorio de absorción - Agregado fino.....	120
Figura 16: Trabo integrantes en caracterización de agregados .....	120
Figura 17: Materiales para elaboración de mezcla a ensayar.....	120
Figura 18: Producto Nano-sílice .....	120
Figura 19: Integrantes - Elaboración de mezcla a estudiar .....	120
Figura 20: Procedimiento de elaboración de mezclas de concreto .....	120
Figura 21: Mezclado de concreto base.....	120
Figura 22: Mezclado concreto con Nano-sílice.....	120
Figura 23: Ensayo Asentamiento - Concreto base .....	120
Figura 24: Ensayo asentamiento - 0.5% Nano-sílice .....	120
Figura 25: Ensayo asentamiento - 1.0% Nano-sílice .....	120
Figura 26: Ensayo asentamiento - 1.5% Nano-sílice .....	120
Figura 27: Ensayo asentamiento - 2.0% Nano-sílice .....	120
Figura 28: Equipo para ensayo asentamiento y elaboración de probetas.....	120
Figura 29: Molde normalizadas para probetas de concreto .....	120
Figura 30: Ensayo de Peso unitario del concreto mediante moldes normalizados. ....	120
Figura 31: Muestras para ensayo de Peso unitario del concreto mediante moldes normalizados	120
Figura 32: Ensayo de Peso unitario del concreto mediante Olla de Washington .....	120
Figura 33: Ensayo de contenido de aire del concreto mediante la olla de Washington – Nano-sílice 0.5% .....	120

Figura 34: Ensayo de contenido de aire del concreto mediante la olla de Washington – Nano-sílice 1.0% .....	120
Figura 35: Ensayo de contenido de aire del concreto mediante la olla de Washington – Nano-sílice 1.5% .....	120
Figura 36: Ensayo de contenido de aire del concreto mediante la olla de Washington – Nano-sílice 2.0% .....	120
Figura 37: Olla de Washington para ensayo de Peso Unitario y Contenido de aire.....	120
Figura 38: Olla de Washington para Contenido de aire.....	120
Figura 39: Elaboración de probetas para los ensayos .....	120
Figura 40: Muestra de tandas de elaboración de probetas de concreto .....	120
Figura 41: Desmolde de probetas de concreto .....	120
Figura 42: Curado de probetas de concreto .....	120
Figura 43: Calibración máquina de compresión .....	120
Figura 44: Almohadillas de Neopreno .....	120
Figura 45: Preparación para ensayos de Compresión de las probetas de concreto .....	120
Figura 46: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (1 día- 0.5% Nano-sílice) .....	120
Figura 47: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (3 días- 0.5% Nano-sílice).....	120
Figura 48 Muestra de resultados - Ensayo de compresión (7 días- 0.5% Nano-sílice).....	120
Figura 49: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (7 días- 0.5% Nano-sílice).....	120
Figura 50: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (14 días- 0.5% Nano-sílice).....	120
Figura 51: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (28 días- 0.5% Nano-sílice).....	120
Figura 52: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (1 día- 1.0% Nano-sílice) .....	120
Figura 53: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (3 días- 1.0% Nano-sílice).....	120
Figura 54: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (7 días- 1.0% Nano-sílice).....	120
Figura 55: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (14 días- 1.0% Nano-sílice).....	120
Figura 56: Muestra de resultados - Ensayo de compresión 28 días - 1.0% Nano-sílice) .....	120
Figura 57: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (1 día- 1.5% Nano-sílice) .....	120
Figura 58: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (3 días - 1.5% Nano-sílice).....	120
Figura 59: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (7 días - 1.5% Nano-sílice).....	120
Figura 60: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (7 días - 1.5% Nano-sílice).....	120
Figura 61: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (14 días - 1.5% Nano-sílice).....	120
Figura 62: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (28 días - 1.5% Nano-sílice).....	120
Figura 63: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (28 días - 1.5% Nano-sílice).....	120
Figura 64: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (1 día - 2.0% Nano-sílice) .....	120
Figura 65: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (3 días - 2.0% Nano-sílice).....	120
Figura 66: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (7 días - 2.0% Nano-sílice).....	120

Figura 67: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (7 días - 2.0% Nano-sílice).....	120
Figura 68: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (14 días - 2.0% Nano-sílice).....	120
Figura 69: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (28 días - 2.0% Nano-sílice).....	120
Figura 70: Ensayo de compresión y toma de datos .....	120
Figura 71: Ensayo de compresión y toma de datos .....	120
Figura 72: Tipo de roturas de probetas ensayadas.....	120
Figura 73: Muestra de los agregados distribuidos internamente en el concreto. ....	120
Figura 74: Muestra de probetas de concretos ensayados.....	120
Figura 75: Falla por segregación durante primeros ensayos .....	120

## RESUMEN

La presente investigación realiza el estudio de la influencia de la adición de Nano-sílice en el concreto, para ello se tomó como un concreto base al diseño propio de la investigación de un concreto de  $F'c = 350\text{kg/cm}^2$  con la finalidad de determinar si el nano-sílice modifica las propiedades de trabajabilidad, contenido de aire, peso unitario y la resistencia a la compresión y de ser el caso en que intensidad lo modifica. El concreto base no presentará ningún tipo de modificación con la aplicación de la diferentes dosis de nano-sílice, con lo cual, se mantendrá sus dosificaciones y no se le adicionará ningún aditivo u otro material.

También se busca determinar un porcentaje óptimo para el uso del nano-sílice, para ello, se tomó como referencia otras investigaciones y se decidió tomar los porcentajes de 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% de nano-sílice con respecto al peso del cemento. La investigación es de diseño cuasi experimental de nivel exploratorio y con enfoque cuantitativo, así mismo es de tipo aplicada que busca su aplicación y resolución de problemas.

El estudio determinó que el uso del nano-sílice mejora significativamente la resistencia a la compresión del concreto, obteniendo el mejor resultado con la adición del 2% que aumentó al concreto patrón en un 50% de la resistencia, a su vez mejoro la trabajabilidad del concreto con un slump de 10.5". El uso de nano-sílice es un material a consideración cuando se busca un concreto de alta resistencia, debido al aporte que le da al concreto en su trabajabilidad y resistencia a la compresión y puede ser usado para la concretos de alta resistencia.

**Palabras clave:** Concreto, Nano-sílice, Propiedades del concreto

## **ABSTRACT**

The present investigation carries out the study of the influence of the addition of Nano-silica in the concrete, for this purpose it was taken as a concrete basis for the design of the investigation of a concrete of  $F'c = 350\text{kg} / \text{cm}^2$  in order to determine if the nano-silica modifies the properties of workability, air content, unit weight and compressive strength and if it is the case in which intensity modifies it. The base concrete will not present any type of modification with the application of the different doses of nano-silica, with which, its dosages will be maintained and no additive or other material will be added.

It also seeks to determine an optimal percentage for the use of nano-silica, for this, other investigations were taken as a reference and it was decided to take the percentages of 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% of nano-silica with respect to weight of the cement. The research is of quasi-experimental design of exploratory level and with quantitative approach, also it is of applied type that looks for its application and resolution of problems.

The study determined that the use of nano-silica significantly improves the compressive strength of concrete, obtaining the best result with the addition of 2% that increased the standard concrete by 50% of the resistance, in turn improving the workability of the concrete. concrete with a slump of 10.5". The use of nano-silica is a material under consideration when looking for a high-strength concrete, due to the contribution it gives to the concrete in its workability and residence to compression and can be used for high-strength concrete.

**Keywords:** Concrete, Nano-silice, Concrete properties

## **I. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, el concreto es el material de mayor utilización a nivel mundial en la construcción; pero recién para principios del siglo XX, empezó el crecimiento acelerado de la utilización del concreto para las edificaciones, este se vio en la necesidad de direccionar su producción teniendo por finalidad un cemento de calidad homogénea, sistemas de producción y métodos de transporte que hicieron factible la utilización del concreto en las construcciones. Este material es utilizado en pequeñas, medianas y grandes construcciones; debido a su costo y propiedades mecánicas que presenta, para cumplir los requerimientos de diseño de arquitectura y estructura. Se define al concreto como la mezcla de agregados, arena y grava (piedra triturada o machacada, pedrejón), y la pasta, formado por un compuesto de cemento portland y agua; la unión de los agregados mediante la pasta crea una masa similar a la roca debido al endurecimiento de la pasta por la reacción química que se produce entre el cemento y el agua (Kosmatka, 2004, p. 1).

El desarrollo de la tecnología también ha involucrado al concreto en sus avances, es por ello, que en la actualidad se puede encontrar distintos tipos de concretos para determinadas especificaciones requeridas. Entre ello tenemos al concreto reforzado mediante acero para mejorar la baja resistencia a la tracción que presentan los concretos, los concreto con aditivos incorporadores de aire para ciclos de hielo y deshielo o cambios bruscos de temperatura, concretos autocompactantes para mejorar la fluidez y llenado de encofrados por peso propio en vaciados donde se encuentra una gran cantidad de área de acero sin necesidad de un método de compactación; y otros tipos de concreto que se requieren en la actualidad debido a distintos factores que requieren su uso.

Este desarrollo ha llegado al punto de incorporar otros materiales al concreto para mejorar sus características, como: aditivos acelerantes, aditivos retardantes, plastificantes, fibras de acero, fibras de vidrio, cenizas volantes, humo de sílice y otros materiales, con el único propósito de mejorar ciertas propiedades del concreto. Debido a este desarrollo y nuevas incorporaciones, define al concreto como un sistema que está formado por 5 componentes: cemento, agregados, agua, aditivos y adiciones; las cuales se ajustan de mejor manera a los requerimientos actuales de los concreto de alto desempeño y mediante la variación de estos componentes se obtendrán sus propiedades (Portugal, 2007, p. 10).

El concreto de alta resistencia es un término dado a los concreto que cuentan con una resistencia a la compresión alta, pero esta clasificación también ha variado con el pasar de los años. Para los años cincuenta se le dominaba concretos de alta resistencia a aquellos concretos que tenían una resistencia a la compresión igual o superior de 350 kg/cm<sup>2</sup>, pero con el pasar de los años y el avance de la tecnología esta cantidad ha sido superada con facilidad, es por ello que actualmente se llama a un concreto de alta resistencia cuando su resistencia a la compresión es de 420 kg/cm<sup>2</sup> o superior a esta cantidad.

Estos tipos de concretos cuentan con una composición similar a los concretos convencionales, pero han sido optimizados mediante estudios para aprovechar adecuadamente las proporciones de cada componente y de esta manera lograr las mejoras de las propiedades físicas y mecánicas. Los concretos de alta resistencia son elaborados para edificaciones que soportaran una gran cantidad de carga, edificaciones de gran altura donde se busca aminorar las secciones de los elementos sin perjudicar su estructura, para puentes de gran altura y amplia luz, entre otros.

El concreto también está siendo beneficiado por los materiales nanotecnológicos que actualmente ya se están implementando en distintos sectores de la ciencia, una de estos materiales es la Nano-sílice, el cual busca mejorar las propiedades para un concreto de alta resistencia a nivel manométrico.

Por ello, debido al crecimiento del sector de la construcción, que trae las construcciones de grandes edificaciones en todo el Perú, y la necesidad de concretos de alta resistencia que puedan cumplir con los requerimientos que estas construcciones necesitan. Ante los requerimientos actuales, la presente investigación realizará el estudio de un concreto, al cual no se le modificará ningún componente de su diseño base, incorporándole 4 porcentajes de nano-sílice; de esta manera se busca el efecto directo que causa esta adición a las propiedades del concreto como trabajabilidad, peso unitario, contenido de aire y resistencia a la compresión.

### **Antecedentes internacionales**

Laínez, Martínez, et al (2012), en su estudio: Influencia del uso de micro-sílice en las propiedades en estado fresco y endurecido en concreto de alta resistencia, de la Universidad del Salvador. Tiene como objetivo el estudio de la influencia que genera la micro-sílice en las propiedades de concreto de alta resistencia. Para el diseño del concreto base se utilizó aditivo superplastificante HRWR en una relación a/c de 0.44%, para la investigación se realizó la adición de micro-sílice a los porcentajes de 7%, 12% y 17% con respecto al peso del cemento. Los resultados de revenimiento dan 10 ½ pulg para el concreto base, 8 pulg para la adición 7% de micro-sílice, 6 ¼ pulg para la adición de 12% de micro-sílice y 3 pulg para la adición de 17% de micro-sílice. Los resultados de contenido de aire dan 1.5% para el concreto base, 2.5% para la adición de 7% de micro-sílice, 2.8% para la adición de 12% de micro-sílice y 3% para la adición de 17% de micro-sílice. Los resultados de peso volumétrico muestran una variación de 1% a 2.5% del concreto con adición de micro-sílice con respecto al concreto base. En los resultados de resistencia a la compresión el concreto base llegó a los 538 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, a los siete días se obtuvo una resistencia de 466 kg/cm<sup>2</sup>, 523 kg/cm<sup>2</sup> y 537 kg/cm<sup>2</sup> para las adiciones de 7%, 12 y 17% respectivamente, y 611kg/cm<sup>2</sup>, 689 kg/cm<sup>2</sup> y 714 kg/cm<sup>2</sup> para las adiciones de 7%, 12 y 17% respectivamente. Llegando a la conclusión que a mayor aumento de micro-sílice se mejora los resultados de resistencia a la compresión del concreto, pero se disminuye la trabajabilidad de la misma.

Morejon (2015), en su estudio: Morteros de cemento con adiciones de humo de sílice y nano-sílice, para obtener el grado de magister en la universidad politécnica de Madrid, Madrid – España. Tiene como objetivo el estudio de la influencia generada en morteros por adición simultánea de micro-sílice (8%, 6% y 4%) y de nano-sílice (0%, 1% y 2%) para producir concretos, el tipo de investigación es aplicada con un enfoque cuantitativo de diseño experimental de nivel correlacional, su muestra son testigos de concreto. El concreto base utilizó superplastificante con una relación de gua 0.5, y llegó a la resistencia de 258 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días; mientras la adición al 6% de micro sílice y 1% de nano-sílice llegó a la resistencia de 492kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, un aumento del 50% con respecto al concreto de referencia.

Sánchez, Bernal, et al (2016) Propiedades reológicas y mecánicas de un hormigón autocompactante con adición de nano-sílice y micro-sílice. En la revista ALCOMPAT, tiene

como objetivo el de obtener hormigones autocompactantes con nano-sílice, humo de sílice y mezclas binarias de ambas adiciones para satisfacer la demanda de altas resistencias mecánicas y durables, el tipo de investigación es aplicada con un enfoque cuantitativo de diseño experimental de nivel correlacional, teniendo como muestra las distintas mezclas elaboradas con las diferentes dosis de los aditivos. Se utilizó los aditivos nano-sílice Levasil, micro-sílice Elkem MS940U, superplastificante Visconcrete 5720 y controlador de viscosidad Stabilizer 4r para la elaboración en diferentes tipos de mezclas del concreto autocompactante; el concreto base fue elaborado con aditivo superplastificante y aditivo controlador de viscosidad de esta manera se forma la base para los diferentes concreto elaborados en la investigación, los distintos tipos de mezclas mantuvieron las dosificaciones del concreto base con solo variación en la cantidad de superplastificante, ligera variación en la cantidad de agua y la posterior adiciones de nano-sílice y micro-sílice. El concreto base obtuvo la resistencia a la compresión de 48.67mpa, 60.33mpa y 63.81mpa a los 7, 28 y 90 días; la adición de nano-sílice se realizó en los portajes de 2.5%, 5% y 7.5% donde se obtuvo los mejores resultados con 7.5% de nano-sílice con 67.65mpa, 68.37mpa y 76.94mpa de resistencia a la compresión a los 7, 28 y 90 días; la adición de micro-sílice se realizó en los portajes de 2.5%, 5% y 7.5% donde se obtuvo los mejores resultados con 7.5% de micro-sílice con 60.58mpa, 68.86mpa y 68.17mpa de resistencia a la compresión a los 7, 28 y 90 días; y la adiciones binarias (nmSi) se realizó en los portajes de 2.5/2.5%, 5/2.5% y 2.5/5% donde se obtuvo los mejores resultados con 7.5% de nano-sílice con 67.65mpa, 68.37mpa y 76.94mpa de resistencia a la compresión a los 7, 28 y 90 días. Concluyendo que, la dosificación con mejores prestaciones es la que contiene 2.5% de nano y 2.5%.de humo de sílice con un aumento del 36% de la resistencia la compresión con respecto al concreto de referencia.

### **Antecedentes nacionales**

Escobedo (2014), en su tesis: Incidencia de la Nano-sílice en la resistencia mecánica de un concreto de alta resistencia con cemento portland tipo 1, para optar el título profesional de ingeniero civil en la universidad nacional de Cajamarca, Cajamarca – Perú. Tiene como objetivo general determinar la incidencia de Nano-sílice en la resistencia mecánica de un concreto de alta resistencia con cemento portland tipo 1. El tipo de investigación es aplicada-cuantitativa de nivel exploratorio y diseño experimental, con un amuestra de 72 probetas de concreto. Se diseñó un concreto base de alta resistencia de  $F'c$  600 Kg/cm<sup>2</sup>, para determinar

y analizar la variación de la resistencia a la compresión con las diferentes dosificaciones de nano-sílice. La investigación tuvo como resultado que el concreto base diseñado con el aditivo SIKAMENT presenta un asentamiento de 8.6” al adicionarle el Nano-sílice en las dosis de 0.5%, 1.5% y 3.0% se observan los asentamientos de 9.5”, 9.8” y 10” respectivamente. Determinando el peso unitario según la NTP 339.046 la cual sugiere que el peso unitario este entre los rangos de 1700 a 2500 Kg/cm<sup>3</sup>, donde el concreto patrón tiene un peso unitario de 2337.03 Kg/cm<sup>3</sup>, al adicionar el Nano-sílice en las dosis de 0.5%, 1.5% y 3.0% se obtienen 2412.50, 2413.49, 2415.74 Kg/cm<sup>3</sup> respetivamente. Llegando a la conclusión que la dosis óptima de Nano-sílice encontrada es de 1.5% con la cual se obtiene la máxima resistencia a la compresión de 785.30kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días, aumentando así un 15% de la resistencia del concreto patrón el cual obtuvo una resistencia a los 28 días de 671.41 Kg/cm<sup>2</sup>, mejorando las características del concreto tanto en estado fresco como en estado endurecido. Por otro lado, el porcentaje de 0.5% de Nano-sílice no produce variación en la resistencia a la compresión y al adicionar 3% de Nano-sílice a la mezcla esta presenta segregación.

Roldan y Vargas (2018), en su tesis: Diseño de mezcla para un concreto de alta resistencia adicionando Sika Visconcrete sc-50 y Gaia, para optar el título profesional de ingeniero civil en la universidad privada Antenor Orrego, Trujillo – Perú. Tiene como objetivo determinar la cantidad de variación de la resistencia a la compresión con la aplicación de diferentes porcentajes de Nano-sílice al concreto patrón de 420 kg/cm<sup>2</sup> y 600 kg/cm<sup>2</sup>, diseñada con 0.1% con respecto al peso del cemento de aditivo súper-plastificante (Visconcrete sc50) mediante el método ACI 2011.4. El tipo de investigación es aplicada cuantitativa de nivel exploratorio de diseño experimental, donde la muestra son las 72 probetas de concreto aplicando diferentes dosis del Nano-sílice. Se obtuvo como resultados que el concreto patrón de F'c 420 Kg/cm<sup>2</sup> sin la adición del aditivo Sika Visconcrete sc50 con relación a/c de 0.43 presenta un asentamiento de 1.75”; al incorporar el Nano-sílice en las dosis de 0.3%, 0.5% y 0.7% y Sika Visconcrete al 0.1% con respecto al peso del cemento se obtienen los asentamientos de 6.5”, 7.5” y 8.5” respectivamente, el peso unitario presenta variación por debajo del 1% lo cual es despreciable y el contenido de aire del concreto base es de 1.5% y el incorporado con Nano-sílice es de 2% para las diferentes dosis aplicadas. Para el concreto patrón de F'c 600 Kg/cm<sup>2</sup> sin la adición del aditivo SIKA VISCOCRETE SC-50 con relación a/c de 0.31 presenta un asentamiento de 1.5”; al incorporar el Nano-sílice en las

dosis de 0.3%, 0.5% y 0.7% y Sika Viscocrete al 0.1% con respecto al peso del cemento se obtienen los asentamientos de 7.7", 8.5" y 9" respectivamente, el peso unitario presenta variación nula debido a estar por debajo del 1% y el contenido de aire base es 1.5% modificado. En base a los objetivos se llegó a la conclusión que al diseñar los concretos patrones de  $F'c$  420 Kg/cm<sup>2</sup> y de  $F'c$  600 Kg/cm<sup>2</sup> con adición del aditivo Sika Viscocrete SC – 50 e incorporando nano-sílice la dosificación óptima es la de 0.5% con respecto al peso del cemento incrementando la resistencia a la compresión en un 10% con respecto al concreto patrón.

Loayza (2017), en su tesis: Influencia del nano-sílice en el concreto con agregado angular y agregado redondeado, para optar el título profesional de ingeniero civil en la universidad nacional de San Agustín, Arequipa – Perú. Tiene como objetivo estudiar la influencia del Nano-sílice (Aqua 840) en dos tipos de concreto, uno con agregado angular y otro con agregado redondeado. Tipo de investigación cuantitativa de nivel experimental, donde la muestra son las probetas de concreto a estudiar con diferentes dosis de nano-sílice. Para ello, se utilizó cemento portland T1 y una relación a/c de 0.4, para ser estudiados con los porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.2% de adición de Nano-sílice al concreto. En la aplicación de Nano-sílice hubo un porcentaje de reducción en el agua diferente por cada porcentaje aplicado con lo cual se disminuyó la relación a/c, llegando a los siguientes resultados: EL asentamiento del concreto patrón fue de 7" y con la aplicación de Nano-sílice al 0.5%, 1% y 1.2% hubo un aumento de variación en porcentajes de 27% 49% 58% aproximadamente, y la resistencia a la compresión a los 28 días del concreto patrón de diseño 350 kg/cm<sup>2</sup> llegó a 447.6 kg/cm<sup>2</sup> y mediante la aplicación de 1% de nano-sílice llegó a su mayor Resistencia a la compresión de 825.8 kg/cm<sup>2</sup> y 810.1 kg/cm<sup>2</sup> para agregado angular y redondeado respectivamente. Se llegó a la conclusión que la dosis óptima de Nano-sílice es 1% y para mayores a este porcentaje se presenta segregación en la mezcla, así como, se produce la disminución de la resistencia con respecto a la mayor resistencia alcanzada, 2% y 4% de disminución de la resistencia con la aplicación de 1.2% de nano-sílice con respecto al 1%, para agregado angular y redondeado respectivamente.

## **Teorías relacionadas al tema**

### **Concreto**

El Comité 363 del American Concrete Institute ACI aborda un concepto en el concreto de alta resistencia como “Aquel concreto que cumple con requerimientos especiales de desempeño y presenta una uniformidad constante, los cuales no se pueden obtener utilizando los materiales tradicionales en la elaboración del concreto”.

Los materiales de calidad deben primar en la elaboración del concreto para obtener una alta resistencia. En los siguientes párrafos se palmará más ampliamente del concreto, de cada material utilizado para la elaboración del concreto de alta resistencia y su importancia a la hora de selección y aplicación.

### **1. Componentes del concreto**

#### **A. Cemento para el concreto**

La real academia de la lengua española da el concepto de cemento, como: un material compuesto de arcilla y material calcáreo, de finas partículas que al combinarse con el agua y otros materiales forman una pasta blanda que fragua al contacto con el aire y el pasar del tiempo aumentando su dureza

Este aglomerante es un componente del concreto, con un alto costo unitario, es por esto que se debe seleccionar los materiales adecuado para elaborar un concreto con las características deseadas y factible económicamente.

El cemento es un material de color verdoso de partículas muy finas, que empieza a endurecerse luego de un tiempo de incorporarle agua, por lo cual el cemento es un aglomerante hidráulico que realiza la función de ligamento entre los componentes del cemento (Molina; Chara, 2017, p.30).

#### **B. Agua para el concreto**

La elaboración de un concreto debe contar con agua limpia, libre de impurezas, para no producir ni una alteración en las características del concreto, ya que la presencia de impurezas frente al cemento podría tener una reacción desfavorable para el concreto, alterando así las características de hidratación del concreto, retraso en el fraguado, bajar la resistencia o afectar en su durabilidad. La función que cumple el agua aparte de la hidratación

del cemento y de los demás componentes activos, es darle una trabajabilidad adecuada a la mezcla en su estado fresco.

Para todo el proceso de la elaboración del concreto, el agua debe cumplir con lo establecido en la Norma NTP 339.088 y de preferencias debe ser potable (Rivva, 2018, p.29)

Se debe tener en cuenta que el agua con sustancias extrañas incorporadas al concreto actuará sobre el de forma degradante, esto también dependerá a la dosificación y al tipo de cemento. La presencia de cloro en el agua puede generar eflorescencia al concreto o provocar corrosión en la armadura (Molina; Chara 2017, pp. 33-34).

El agua ocupa un papel importante para el concreto, tanto en la elaboración de la mezcla de concreto y durante su proceso de secado, en el cual se deberá realizar el curado adecuado.

### **C. Agregados para el concreto**

Según la Norma Técnica Peruana NTP 4000.011:

El agregado grueso o fino es el conjunto de partículas que se encuentran formadas de manera natural o por intervención del hombre, La NTP establece dimensiones para el uso del agregado.

Estos agregados que se empleará para la elaboración del concreto deben cumplir con lo solicitado en la NTP 400.037 o en la norma ASTM C33y las mismas especificaciones de la obra (Rivva, 2018, p.22). Para el uso de este material debe estar libre de contaminación como sustancias químicas que reaccionen con el concreto.

Uno de los componentes del concreto son los agregados, conocidos también como áridos, estos son materiales pétreos que se obtienen de la degradación de las rocas debido al efecto propio de la naturaleza o por la intervención del hombre, como la acción de la intemperie se producen las gravas y arenas. El agregado ocupa aproximadamente el 60% al 75% del volumen por unidad cubica del concreto.

La mayoría de los agregados se obtienen de las rocas ígneas, sedimentarios o metamórficas. En un principio, los agregados se consideraban materiales inertes, con poco costo, este es utilizado para aumentar la cantidad de volumen de la mezcla de concreto. Ahora se comprobó que los agregados no son inertes, pues sus propiedades térmicas, físicas y algunas veces químicas, pueden influir en el desempeño del concreto, como mejorar su durabilidad. Los agregados llegan a tener distintos tamaños de partículas, por ello, se utiliza la curva granulométrica para representar los diferentes porcentajes de la variedad de tamaños que tienen las partículas de agregados.

El estudio de los agregados y la influencia de las propiedades de partículas de tamaño máxima han sido largamente estudiados con el fin de obtener una óptima resistencia a la compresión del concreto con baja relación agua/cemento, es por ello que muchos investigadores llegaron a la conclusión que el tamaño máximo a emplear se encuentra oscilando entre  $\frac{1}{2}$ " a  $\frac{3}{4}$ ", y generalmente no se recomienda tamaños mayores a 1" para la elaboración del concreto. Los agregados con partículas menores producen concretos más resistentes debido a la menor congregación de esfuerzos que se dan alrededor de las partículas, producto de la diferencia que existe entre módulos de elasticidad entre la mezcla y el agregado del concreto.

Por su granulometría los agregados se pueden separar en:



### **Agregados finos**

Los agregados finos provienen de la ruptura secuencial de las rocas, ya sea de forma natural o por intervención de ser humano, y sus partículas deben pasar por el tamiz  $\frac{3}{8}$ " (9.52mm). Este agregado sirve para minimizar el agua de la mezcla de concreto, por esta razón es recomendable utilizar para la elaboración del concreto de alta resistencia. Los agregados finos tienen un efecto mayor en las proporciones de la mezcla que el agregado grueso. La óptima graduación de los agregados finos para la producción del concreto se determina más por su efecto en requisitos de agua que es su embalaje físico.

Los agregados con un módulo de finesa menor de 2.5 otorgan concretos de consistencia espesa, haciéndolo difícil de compactar, por otro lado, los agregados con módulo de finesa cercanos a 3.0 da mejor trabajabilidad y presentan una mayor resistencia a la compresión.

La granulometría de los agregados finos tiene un papel muy importante, por ejemplo, un excedente en la cantidad de materia que pasa por los tamices N.º 50 y N.º 100 aumentara la trabajabilidad de la mezcla del concreto.

### **Agregados gruesos**

Se denomina agregado grueso a las partículas que son retenidos en el tamiz N.º4(4.75) que proviene de la fragmentación de la roca por vía natural o artificial.

Todas las partículas de los agregados deben ser químicamente estables y estar libre de impurezas como material orgánico, sales, polvo, entre otras sustancias dañinas.

Para alcázar una óptima resistencia de la compresión en el concreto y tenga una proporción de agua/cemento baja, los tamaños de los agregados gruesos deberán ser conservado en un mínimo, en el orden de ½” a 3/8””; el tamaño máximo de ¾” y 1” también se puede usar con éxito para la elaboración de la mezcla.

El aumento de la resistencia mediante la disminución del agregado grueso se debe a que se minimiza los esfuerzos de adherencia, por el aumento de la superficie de las partículas.

### **D. Aditivos**

Los aditivos son componentes que se utiliza antes o durante el mezclado, los cuales modifican y/o mejorar distintas propiedades del concreto en cualquiera de sus dos estados (fresco o endurecido). Cumpliendo con las especificaciones de la noma ASTM.

Todo concreto debe ser fácil de trabajar, resistente, durable e impermeable. Estas cualidades en lo general son obtenidas mediante cálculos en el diseño de mezcla y la selección de materiales adecuados sin recurrir a aditivos, excepto con los agentes de incorporación de aire; por otro lado, si se requiere características especiales, así como, el disminuir el tiempo de fraguada, aumentara la resistencia inicial, controlar el calor de hidratación, entre otras características. En estos casos es recomendable utilizar ciertos aditivos, ya que su uso puede generar efectos positivos en el concreto.

De acuerdo a la Norma ASTM C 494, los aditivos se clasifican en:

- TIPO A Reductores de agua.
- TIPO B Retardantes de fraguado.

- TIPO C Acelerantes.
- TIPO D Reductores de agua y retardantes.
- TIPO E Reductores de agua y acelerantes.
- TIPO F Reductores de agua de alto rango.
- TIPO G Reductores de agua de alto rango y retardantes.

## 2. Caracterización de agregados finos y gruesos

### A. Granulometría

Ensayo para la separación del agregado de acuerdo al tamaño que presentan, mediante tamices. Importante para la trabajabilidad de la mezcla, el cual afecta las relaciones de agua y cemento respectivamente.

- Análisis granulométrico (NTP400.012)

Para elaborar un concreto siempre se deberá realizar el análisis de granulometría con la finalidad de obtener la cantidad de agregados finos y gruesos que se presenta en el agregado integral. Se determina las finuras de los agregados mediante el porcentaje de agregado que pasa por los tamices de abertura cuadrada, que son colocados de forma continua, del matiz con mayor abertura hasta terminar en el de menor abertura.

Con el análisis según la norma NTP400.012 y bajo la verificación de calidad de la norma ASTM C33, se obtendrá la curva granulométrica, donde se observará el diámetro de tamiz vs el porcentaje de acumulación que pasa del agregado.

Equipos necesarios

- Balanza con precisión a 0.1 gr.
- Tamices de: ¾”, ½”, 3/8”, N°.4, N°.8, 16, 30, 50 100, 200, la tapa y el fondo.
- Cepillo y brocha, requeridos para la función de limpiar las mallas de los tamices utilizados

Procedimiento del ensayo:

- Empieza con la colocación de la muestra sobre un recipiente que se encuentre totalmente limpia de impurezas y sustancias que puedan alterar el ensayo, evitado la pérdida de materia.

- Después se seleccionará la cantidad de muestra necesaria mediante la técnica del cuarteo, los tamices serán colocados de la abertura mayor que es la de ¾” hasta la abertura menor que es la de 200 posteriormente se colocará la tapa de fondo para evitar pérdida de finos, una vez ya colocado los tamices correctamente se procederá a colocar la muestra para después llevarlos al agitador mecánico.

Cálculo:

- Se determinará el peso retenido de cada uno de los tamices, para calcular el porcentaje en función al peso total y así calcular el porcentaje que pasa por cada una de ellas.

Pasos para el ensayo explícita:

- a) Para realizar el análisis granulométrico de los agregados gruesos y finos, se debe obtener los porcentajes de material que pasa por las mallas mencionadas párrafos atrás, por medio del agitador mecánico. Para aplicar la siguiente formula:

$$\% \text{ retenido} = \frac{\text{P. obtenido del material retenido en el tamiz}}{\text{P. obtenida de lamuestra}} \times 100$$

*Ecuación 1: % Retenido tamiz*

- b) Una vez obtenidos todos los porcentajes retenidos por los tamices, se sumarán gradualmente todos los pesos para así obtener los porcentajes retenidos acumulados. Para obtener el porcentaje que pasa de cada malla se utiliza la siguiente formula:

$$\% \text{ que pasa} = 100\% - \% \text{ retenido acumulado}$$

*Ecuación 2: % pasante de malla*

## **B. Módulo de fineza NTP 400.011**

Es la división de la suma de porcentaje de agregados que han sido retenido por cada nivel de los tamices del ensayo, los cuales son divididos entre el valor 100.

El módulo de fineza se halla al sumar el porcentaje acumulado retenido de los agregados en los tamices gradualmente colocados de mayor a menor (N°200; N°100; N°50; N°30; N°16; N°8; N°4; 3/8”; 3/4”; 1”; 1/2”: 3” y 6”). El módulo de fineza debe estar entre los valores de 2.3 a 3.1. Según el ACI 211.4 para un concreto de alta resistencia el módulo de fineza puede llegar a 3.2.

Para hallar el módulo de fineza se utiliza la siguiente formula

$$\text{modulo de fineza} = \frac{\% \text{ retenido acumulado}}{100} \quad (\text{N}^\circ 100; \text{N}^\circ 50; \text{N}^\circ 30; \text{N}^\circ 16; \text{N}^\circ 8; \text{N}^\circ 4; 3/8"; 3/4")$$

*Ecuación 3: Modulo de fineza por % acumulados*

### C. Peso unitario suelto y compactado

Basado en la Norma NTP 400.017.

El peso unitario es la relación existente entre la masa del agregado y la magnitud de volumen que está ocupando. En la realización del ensayo se presentarán dos valores:

- Peso Unitario Suelto (P-U-S): el material es colocado en el recipiente sin ninguna manipulación.
- Peso Unitario Compactado (P-U-C): El material es colocado en el recipiente por tres niveles, compactadas con una varilla por nivel.
- El peso unitario esta denotado por Kg/m<sup>3</sup>

Para hallar el peso unitario de los agregados se utiliza el mismo molde del ensayo de peso suelto y compactado de los agregados gruesos y finos.

Se debe tener los siguientes datos del molde:

- Altura (h)
- Radio (r)
- Peso del molde (g)

El volumen del molde halla mediante la siguiente ecuación:

$$V = \pi \times r^2 \times h$$

*Ecuación 4 Volumen molde P. unitario y compactado*

Datos requeridos para obtener el Peso Unitario:

- Peso del molde (PM):
- Volumen del molde (VM):
- Peso del molde más agregado (PT):
- Peso del agregado (PA): PT – PM
- Peso unitario (PU): PA/VM

- Para hallar el PU se realiza tres veces los pasos para promediar los resultados.
- Peso unitario del agregado fino
- Peso unitario suelto

Para hallar el PUS se usará la siguiente ecuación:

$$\text{P. Unitario suelto} = \frac{\text{P. Agregado sin compactar}}{\text{V. Molde}}$$

*Ecuación 5: Peso Unitario Suelto*

Para hallar PUC se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{P. Unitario Compac.} = \frac{\text{P. Agregado compac.}}{\text{V. Molde}}$$

*Ecuación 6: Peso Unitario Compactado*

#### **D. Contenido humedad**

Es la relación que expresa la cantidad de agua que presenta el agregado y el peso que tiene la muestra seca

- Ensayo contenido de humedad (NTP 339.185)

También nombrada agua total de los agregados se determina mediante la diferencia de estado actual del agregado y el estado seco del agregado.

Su objetivo es determinar la cantidad de agua que se encuentra en el agregado, esta se expresa como un porcentaje en relación del peso de la muestra (sin modificaciones) del agregado y el peso de la muestra secada. Este resultado está ligado a las condiciones atmosféricas en las que están expuestas los agregados, ya que estas varían el contenido de humedad. La normativa ASTM C-566 precisa contar con una muestra representativa y estar de acuerdo con el tamaño máximo.

Equipos necesarios

- El cálculo de peso requiere de una balanza con una sensibilidad de 0.01 gr
- Para el secado de requiere de un horno el cual tenga la función de poder graduar la temperatura de hasta 110° C.
- Contenedor (vasija) resistente al calor al que será expuesto en el horno, debe tener tapa.

Procedimiento:

- Se registra el peso del contenedor, incluyendo su tapa, luego se procede a colocar la muestra en el contenedor para registrar el peso de la muestra en su estado normal.
- Luego, se proceder a colocar el contenedor, sin tapa, en el horno a T:110° C por un periodo de 24 horas hasta que se presente un peso seco constante.
- Por último, se extrae la muestra seca y se deja enfriar sin pérdida de material en el proceso.

Calculo: se utilizará la siguiente formula:

$$(W\%) = \frac{P. \text{ agua por perdida de secado}}{P2} \times 100$$

*Ecuación 7: Contenido de humedad*

- P1: peso de la muestra húmeda
- P2: peso de la muestra secada al horno
- Peso del agua = P1 – P2

## **E. Peso específico**

Basado en la norma NTP 400.022

Procedimiento:

- Se debe tomar una muestra representativa mediante cuarto para obtener una muestra de ensayo de por lo menos 1kg.
- Se procede a cubrir la muestra o humedecer con agua por un lapso de 24h
- Luego de las 24 horas se procede al secado superficial, para ello se lleva y extiende la muestra a una superficie plana para obtener el sacado respectivo.
- Para verifica el secado se coloca el agregado en el cono mediante mediante 2 capaz y un compactado de 25 chuseadas por cada hasta cubrir el cono. Si al levantar el cono, el agregado fino de expande entonces ya está listo la muestra.
- Se calibra el picnómetro y se toma el peso, luego se vierte una muestra de 500g al picnómetro y se llena de agua hasta la línea superior del picnómetro, para luego tomar el peso.

Se tiene varias definiciones para el peso específico que del agregado debido a los poros que contiene:

- Y: Peso del agregado luego del secado
- U: Peso específico de masa SSS
- Vo: Volumen tomada de la muestra en la probeta graduada
- V1: Volumen obtenida del agua de la probeta graduada

$$V_{desplazado} = V_o - V_x$$

$$Pen = \frac{Y}{V_{desplazado}}$$

*Ecuación 8: peso específico*

#### F. Porcentaje de absorción

Basado en la norma NTP 400.022

Para calcular el porcentaje de absorción de los agregados para la corrección respectiva del diseño de mezcla del concreto.

Procedimiento:

- Se debe tomar una muestra representativa mediante cuarto para obtener una muestra de ensayo de por lo menos 1kg.
- Se procede a cubrir la muestra o humedecer con agua por un lapso de 24h
- Luego de las 24 horas se procede al secado superficial, para ello se lleva y extiende la muestra a una superficie plana para obtener el sacado respectivo.
- Para verificar el secado se coloca el agregado en el cono mediante 2 capas y un compactado de 25 chuseadas por cada hasta cubrir el cono. Si al levantar el cono, el agregado fino se expande entonces ya está lista la muestra.
- Se toma una muestra representativa y se procede a registrar el peso en estado SSS, luego se lleva al horno por 24 para tomar el respectivo peso seco.

Cálculo

- B: P.muestra satura superficialmente seca
- A: P.muestra secada al horno

Para hallar el peso específico del agregado fino ( $P_{em}$ ) se utilizó la siguiente formula:

$$\% \text{ Abs} = 100 \times \frac{B - A}{A}$$

*Ecuación 9: % absorción de agregados*

### 3. Concreto en estado Fresco

#### A. Ensayo de asentamiento del concreto

##### Trabajabilidad

Se puede definir como la manejabilidad con la que cuenta el concreto, para poder ser transportado, colocado y compactado en estado fresco. Esta propiedad está ligado a la consistencia de la mezcla.

Este ensayo sirve para determinar la plasticidad y/o consistencia del concreto en estado fresco determinando así el slump

Equipos necesarios:

- Molde resistente en forma de tronco de cono (diámetro de 203mm. en base mayor, diámetro de 102 mm en base menor y una altura de 305 mm)
- Varilla de acero de forma cilíndrica maciza (600x16 mm)
- Cuchara

Procedimiento:

- Se colocará la mezcla dentro del molde de cono humedecido, este se encuentra en una superficie plana que no presente propiedades de absorción.
- se colocará la mezcla en tres capas, la primera se colocará con una altura de 65 mm, posteriormente se varillará la mezcla, la segunda capa será de 155 mm y varillar, y la tercera al ras del molde, cada capa se varillará 25 veces por toda el área del cono.
- Inmediatamente se retirará el molde hacia arriba.
- Finalmente, se tomará la diferencia vertical existente entre la parte superior del molde (cono de abrams) y el centro desplazado de la superficie superior de la muestra. El ensayo debe tener una durabilidad de 2 a 2 minutos y medios para evitar variaciones de datos por el fraguado.

## **B. Ensayo de peso unitario**

Peso unitario del concreto NTP 339.046. ASTM C-029

El peso unitario del concreto esta expresado en unidad de masa entre volumen (kg/m<sup>3</sup>), ya que para este ensayo se divide el peso neto de la mezcla en estado fresco entre el volumen del molde. Como se muestra en la siguiente formula.

$$PU = \frac{\text{peso neto de la mezcla}}{\text{volumen del molde}}$$

*Ecuación 10: EC. Peso Unitario*

El peso unitario del concreto puede variar dependiendo de la cantidad de agregados, la cantidad de aire atrapado o incorporado intencionalmente y la cantidad de agua y cemento, ya que a mayor porcentaje de aire que contenga el concreto el peso unitario disminuirá, si se compacta bien el concreto reduciendo los espacios de aire el peso unitario aumentara. Por otro lado, el tamaño máximo nominal de los agregados influye en cantidad de agua y cemento, si se reduce la pasta de la mezcla, la cantidad de agregado aumentará, incrementando así el peso unitario del concreto.

El peso unitario del concreto en estado endurecido a comparación del concreto en estado fresco puede variar, debido a la perdida de agua que este sufre ya sea por la evaporación o por la reacción química que tiene el cemento con el agua.

## **C. Ensayo de contenido de aire**

Ensayo de contenido de aire basado en la NTP.339.080 - ASTM C 23.

Este ensayo se realiza a concretos que contengan agregados de alta densidad en los cuales se pueda aplicar un factor de corrección.

Equipos necesarios;

- Medidor de aire tipo A o B
- Varilla (600x16mm)
- Mazo de goma
- Regleta (3x20x300mm)
- Jeringa (50ml)
- Recipiente para agua
- Cuchara
- Recipiente para mezclar la muestra

## Procedimiento

- Para empezar a realizar el ensayo se humedezca los recipientes a utilizar.
- Se procede a llenar el recipiente con la mezcla en tres partes, el primer volumen que será de  $1/3$  del volumen de la muestra, para luego proceder a chusear la muestra con la varilla 25 veces por toda el área del recipiente, con el mazo se golpeará de 10 a 15 veces por fuera del molde, luego llenar a  $2/3$  del volumen del recipiente con la mezcla y repetir el procedimiento, así mismo con la última porción de mezcla,
- Se utiliza la regleta para retirar el material excedente de la parte superior
- Se cubre el molde con su respectiva tapa. Después de colocar la tapa se cerrará la válvula de purga de aire, con la jeringa se procederá a incorporar agua por las purgas de aire
- Se empieza a bombear aire dentro de la cámara, para después cerrar por completo las purgas de agua para así crear el sello hermético total y así dar lectura al contenido de aire

## 4. Concreto en estado endurecido

### A. Resistencia a la compresión

Se puede definir a la resistencia a la compresión como el mayor esfuerzo que puede llegar a soportar un material sin presentar fallas. Por lo que el concreto está sometido a este tipo de cargas, es mediante la medida de este factor que se toma para determinar el índice de calidad con la que cuenta (Rivva, 2018, p.42).

Para realizar un concreto es muy importante realizar el diseño de mezcla, de esta manera se le puede otorgar y mejorar una gran variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad, lo cuales lleguen a cumplir los requerimientos de diseño de la estructura y normativas. Los ingenieros para diseñar las estructuras utilizan a la resistencia a la compresión del concreto como uno el principal factor de base para el diseño. Este factor de desempeño se puede medir mediante la fractura de probetas de concreto de forma cilíndrica en el ensayo de compresión. Pueden ser probetas de 6"x12" y 4"x6".

La obtención de resistencia a la compresión del concreto ( $F'_c$ ), se halla mediante la división de la carga de ruptura entre el área de sección que soporta la carga, se debe tener presente el control de las variables que pueden alterar nuestra resistencia inicial y final.

Las unidades que se utilizan para la medida de la resistencia a la compresión es la psi, Mpa y Kg/cm<sup>2</sup>.

### **B. Ensayo de resistencia a compresión (Norma NTP 339.034)**

Se determina la resistencia a la compresión ( $F'c$ ) de las probetas cilíndricas de concreto que se realizan en el laboratorio.

Equipos a utilizar

- Moldes cilíndricos de 15x30 cm
- Varilla de 10x300 mm
- Maso de goma peso de 600 gr
- Pala
- Bandeja para la preparación de mezcla
- Prensa para rotura de probetas

Procedimiento:

- Se realiza la preparación de la mezclay se toma una muestra representativa
- Luego se colocará la mezcla en el molde humedecida mediante 3 capaz, donde se realizará 25 chuseadas con una varilla metalica y 15 golpes con el martillo de goma alrededor del molde (6"x12").
- Luego se procede al curado de probetas hasta el día que se determine el ensayo, generalmente son en los días 7, 14 y 28.
- Se saca el poso de curado para un secado superficial antes de ser llevado a la maquina compresora.
- La probeta antes de ser ensayada debe estar refrentado ya sea por azufre o por almohadillas de neopreno,
- Se toman los datos de diámetro, altura y peso antes del ensayo.
- Finalmente se lleva la probeta a la Maquina compreso para obtener el  $F'c$  respectivo.

## **Nano-sílice**

La nano-sílice es parte de los nuevos materiales que es desarrollado por la nanotecnología, donde 1 nanómetro correspondería a mil millonésimas parte de un metro, y se debe tener presente que un átomo mide menos de un nanómetro, todo ello está bajo leyes de la Mecánica cuántica.

Nano-partículas de SiO<sub>2</sub> amorfas e insolubles en el agua que son comercializadas en estado líquido mezclado con diferentes compuestos, los cuales buscan que su traslado sea fácil y tengan una adecuada trabajabilidad; el compuesto formado con la dilución de agua se llama sílice coloidal. (Dávila, Mario 2013)

Este nano-material es el estado líquido de la sílice, cuyas partículas están en tamaños promedios manométricos, en comparación con las partículas de la micro-sílice podrían llegar a ser hasta 1000 veces más pequeñas. Las propiedades de la nano-sílice están ligado al tamaño de sus partículas (Raki et al.,2010).

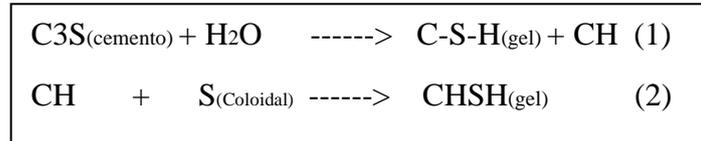
Debido al tamaño de sus partículas son capaces de reaccionar frente al cemento anhídrido formando una composición de hidratados que crean microestructuras con mayor densidad y menos porosidad (Heche,2011)

Durante el proceso de hidratación, las partículas de nano-sílice actúan como núcleos debido a que cuentan con una gran energía superficial y sus átomos tienen una actividad que le otorgan la posibilidad de generar más nucleación para la creación de productos hidratados; en síntesis, hay un incremento en la adherencia del cemento hidratado como en su velocidad de hidratación que se traduce en beneficio a la resistencia que obtendrá el concreto elaborado (TOBÓN, 2005).

La aplicación de nano-sílice genera una mejora en las propiedades de la mezcla, teniendo como resultado un concreto con mejor densidad, cohesión e impermeabilidad. Y como consecuencia se produce una mejor estabilidad e integración de los compuestos hidratados, provocando un crecimiento en la resistencia que llega a presentar el concreto. (Li, 2006). Todos estos beneficios es el producto de la partícula de nano-sílice que entra en reacción con

la portlandita (Ca(OH)<sub>2</sub>) y la rapidez que se da en la hidratación, generación de CSH, el cual es un gel que llenará los vacíos.

Científicamente, la reacción de la nano-sílice en el concreto se define como: un gel de silicato de calcio (CSH) producto de la reacción de los iones de calcio obtenidos en la hidratación del cemento con la sílice coloidal. (Huincho Edher, 2011. P. 26).



*Ilustración 1:* Formula de Reacción química nano-sílice

## 1. Propiedades Físicas

Una comparación que se podría realizar a la nano-sílice, sería con la micro-sílice teniendo como diferencias su estado, el color y el tamaño entre ambos. Este material en baja cristalinidad llega a otorgar la máxima reactividad y presenta una pureza que oscila entre el 99.9% (Dávila Mario, 2013)

### A. Tamaño de partículas

Oscilan entre 3 - 150 nm.

En comparación con la micro sílice, las partículas del nano-sílice son mucho más pequeñas. Tomando en cuenta que las micros-sílices llegan a ser 100 veces más fino en relación al cemento.

### B. Superficie específica

Es la relación que se presenta del área superficial y la masa de una partícula. La nano-sílice al estar en tamaños manométricos otorga plasticidad a la mezcla de concreto, por lo cual, la necesidad de súper-plastificante se reduce debido al contar con adecuados niveles de esta propiedad.

La gran superficie específica le otorga una mejor reactividad química para su desempeño, superando la superficie específica de la micro-sílice y los efectos que este le genera a la mezcla. (Loayza, Klaus, 2017. P 25).

### **C. Densidad:**

Cuenta con una densidad que oscila entre 1.03 kg/m<sup>3</sup>.

Si es comparado con la micro-sílice tendría una densidad 4 veces menor; resultado de presentarse en estado líquido

### **2. Propiedades Químicas**

A. Amorfa: Al ser un material cristalino no tiene una forma definida. Propiedad otorgada debido a ser sílice líquida.

B. Dióxido de silicio: Presenta una alta actividad puzolánica en contacto con la cal hidratada. (SiO<sub>2</sub>). V Su composición está conformada en mayor medida de dióxido de silicio.

### **3. Reacción frente al concreto**

Los concretos son elemento que presentan una buena resistencia a la compresión, dependiendo de los materiales o componentes utilizados para su elaboración; sin embargo, no cuenta con una buena resistencia en tracción y flexión, así como su resistencia a la fractura. Los concretos comunes que tienen como base de elaboración los agregados, el cemento y agua, presentan una composición estructural con menor densidad en relación a concretos con aditivos. Esto podría generar una interacción entre los agregados y la pasta inadecuada, y termine fallando la estructura, si no se tiene un control de calidad en la elaboración del concreto (Raki et al.,2010).

#### **A. Concreto Fresco**

Cohesión: La adición de nano-sílice genera una mejor cohesión en la mezcla, con una disminución de la cantidad de agua que se pierde y la predisposición a la segregación. En cantidades grandes de nano-sílice el concreto va a requerir de plastificantes (J. Paujelo et al, 2013).

- La exudación: del concreto con adiciones de nano-sílice tiende a ser nula.
- Segregación: Otorga un incremento a la resistencia a la segregación debido al aumento de la viscosidad en la fase líquida, producto de una adecuada suspensión del cemento y agregados
- Trabajabilidad: La incorporación de nano-sílice y el contenido de agua que requiere la mezcla presentan una relación directa. Debido al gran tamaño de la superficie

específica de las partículas se requiere de mayor adición de agua para cuidar la trabajabilidad (L. Senff et, 2012)

La adición de nano-sílice trae como desventaja la disminución de la trabajabilidad de la pasta debido a la fricción que se genera entre las partículas, lo que hace necesario aumentar la cantidad de agua. También tiene una tendencia a absorber iones en un medio acuoso con lo que se espera la aglomeración; por ende, se debe utilizar un dispersante o plastificante. [5] Dávila, Mario; Da Costa, Daniela y Duarte, David. (2013)

La nano-sílice puede formar compuestos hidratados con el hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) produciendo más tobermorita. Además, se reduce la cantidad, grado de cristalinidad y tamaño de cristales de la Portlandita. [5] Dávila, Mario; Da Costa, Daniela y Duarte, David. (2013)

Un efecto interesante de la adición de nanosílice es la influencia sobre el coeficiente de migración del ion cloruro presente; seguidamente se presenta la gráfica 1 donde se puede apreciar la variación del coeficiente [7]. [5] Dávila, Mario; Da Costa, Daniela y Duarte, David. (2013)

## **B. Concreto endurecido**

Propiedades mecánicas;

La aplicación de nano-partículas de sílice al concreto generan que su resistencia a la compresión incremente, con pequeñas dosis. Con adiciones menores o iguales al 3% se mejora la resistencia a la compresión y flexión, presentes en el concreto. Pero aplicaciones en porcentajes altos perjudica la resistencia a la flexión (-1.87% aproximadamente) y la resistencia a la compresión podrían tener un aumento del 3.51% (Li, Zhang & Ou, 2006)

Permeabilidad:

La disminución de la permeabilidad debido al nano-sílice produce un concreto más resistente al cloruro, causante de daño a la armadura.

Trae un aumento a la durabilidad del concreto

La baja permeabilidad es producto llenar los vacíos presentes entre el cemento que evitan la movilización del agua libremente (efecto Filler)

Resistencia a la abrasión:

Se produce un aumento debido principalmente a la compactación que se genera en el concreto.

La utilización de nano-sílice mejoran las propiedades mecánicas, se deduce de los resultados generales de diferentes estudios. Con la aplicación de nano-sílice, tamaños que van de 5 – 70 nm, se pudo obtener como conclusión que la resistencia a la compresión y a su vez las resistencias a la flexión de los concretos tienen un porcentaje de 16% de incremento para las evaluaciones a las 24h y un incremento de 18% a las 28h, con la aplicación de un 0.25% en proporción al cemento portland (Sobolev et. Al. 2009)

Los agregados presentan una mejor adherencia, también se presenta en la pasta, lo cual resultan en el incremento de propiedades mecánicas; características que se obtuvieron del estudio de una película delgada de nano-partículas que se forman sobre la superficie de los agregados (San Filippo et. al., 2009).

La sílice que se encuentra en tamaños nanométricos utilizados en el concreto presentan una aceleración en el proceso de hidratación y a su vez un incremento en la formación de gel CSH, todo esto debido a la dominante energía superficial que presenta; en síntesis, con la aplicación de porcentajes de nano-sílice la mezcla presenta un incremento de calor de hidratación que es el producto de la finura del nano-sílice (Björnström et. al., 2004, Morteza et. al., 2014 y Li et. al., 2004).

La aplicación de nano-partículas en el concreto genera que a la resistencia a la compresión incremente y reduzca la permeabilidad que presenta el concreto endurecido, esto debido a la característica puzolánica que generan un incremento en la formación de CSH y el concreto sea más denso (Quercia et. al., 2012 y Li et. al., 2004).

Se tiene como conclusión, de diferentes estudios, que los usos de minerales aplicados en el concretos son de mucho beneficio; su aplicación incrementa la Resistencia a la fisuración térmica como consecuencia del bajo calor de hidratación presente, también aumenta la Resistencia final y disminuye la permeabilidad (Mehta; Monteiro, 2014).

La sílice activa es una súper puzolana que actualmente se encuentra en el mercado como uno de los importantes complementos minerales, el cual también está formado por partículas que son más finas de las partículas presentes en el cemento, que cuenta con un diámetro alrededor de 0,1 – 0,2  $\mu\text{m}$  (Dal Molin, 2011).

## **Formulación del problema**

El concreto aun es un tema complejo para estudiar debido a la alta cantidad de variables que este presenta, es por ello, que la presente investigación solo tomará el nano-sílice como única variable. Se tomará un concreto base de  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  de diseño propio de los investigadores, al cual no se modificará ningún componente de su diseño como el agregado fino, agregado grueso y relación agua cemento. De esta manera se buscará como afecta directamente la Nano-sílice a las propiedades del concreto

### **Problema General**

- ¿Cómo influye la adición de nano-sílice en las propiedades de un concreto de  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ ?

### **Problemas específicos**

- ¿Cuál es el efecto que causa la adición de nano-sílice al concreto en relación a su trabajabilidad en un concreto base de  $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$ ?
- ¿Cuál es el efecto que causa la adición de Nano-sílice al concreto en relación al peso unitario en un concreto base de  $F'c=350\text{Kg/cm}^2$ ?
- ¿Cuál es el efecto que causa la adición de Nano-sílice al concreto en relación al contenido de aire en un concreto base de  $F'c=350\text{Kg/cm}^2$ ?
- ¿Cuál es el efecto que causa la adición de Nano-sílice al concreto en relación a la resistencia de compresión en un concreto base de  $F'c=350\text{Kg/cm}^2$ ?
- ¿Cuál es el porcentaje óptimo de Nano-sílice para mejorar las propiedades de un concreto base de  $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$ ?

## **Justificación de la investigación**

### **Justificación teórica**

Este tema de investigación se centrará en un tema que aún no ha sido estudiado en su totalidad, el cual es determinar los efectos que produce la adición de nano-sílice a las propiedades del concreto sin modificar su diseño base, de este modo se busca la variación directa de la adición mencionada en un concreto con el fin de obtener una alta resistencia. El cual se desarrollará mediante ensayos de laboratorio donde se desprenderá un análisis físico, con los cuales se estudiará el comportamiento y el mecanismo físico con

incorporación de nano-sílice en el concreto analizados por los ensayos de consistencia, peso unitario, contenido de aire y sometido a esfuerzo de compresión.

Diferentes investigadores o empresas, que proporcionan el nano-sílice, proponen adiciones próximo al 10% y otros en adiciones menores al 1%, es por ello, todavía no hay rangos óptimos definidos para la adición del nano-sílice (Dávila, Da Costa y Duarte, David; 2013) Reforzando la importancia de la presente investigación que busca ampliar el conocimiento del uso de nano-sílice en el concreto. Para el presente estudio se adicionará nano-sílice a un concreto patrón de un  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  elaborado por los investigadores y de tal modo determinar los efectos que causa en las propiedades del concreto.

### **Justificación práctica**

El concreto, aunque es un material muy resistente, aun puede mejorar sus características. Los esfuerzos de las estructuras requieren de un concreto con mucha más resistencia para poder soportar toda la fatiga. Por tal motivo lo que busca la investigación presente es dar indicadores de la variación en las propiedades del concreto solamente aplicando diferentes dosificaciones de nano-sílice y sin intervenir en el diseño del concreto base, de esta manera tomar como base los resultados obtenido para la utilización de esta adición en diferentes edificaciones.

### **Justificación Metodológica**

La aplicación de nano-sílice en el concreto es tomado como investigación debido a la variación que produce en las propiedades al concreto, a las propiedades mismas de la nano-sílice que hacen que no se presenten daño al medio ambiente ni al personal destinado a su utilización, debido a su estado líquido, y a su reducción de costos al concreto debido a su utilización en pequeños porcentajes con respecto a otras adiciones que buscan mejorar la característica del concreto como la micro-sílice, material más utilizado en la actualidad para obtener los concretos de alta resistencia donde tienen un uso en porcentajes mayores al 10%.

## **HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Hipótesis general**

- La adición de nano-sílice mejora las propiedades del concreto para un concreto de base de 350 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Hipótesis específicas**

- La trabajabilidad aumentará en el concreto con adición de nano-sílice, para un concreto base de  $F'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>.
- El Peso unitario del concreto con adición de nano-sílice no variará significativamente para un concreto base de  $F'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>.
- El contenido de aire del concreto disminuirá con la adición de nano-sílice en un concreto base de  $F'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia a la compresión aumentará significativamente en el concreto con adición de nano-sílice para un concreto base de  $F'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>.
- El porcentaje óptimo de Nano-sílice será de 2% con respecto al peso del cemento para un concreto base de  $F'c= 350$ kg/cm<sup>2</sup>.

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Objetivo General**

- Determinar la variación de las propiedades del concreto con adición de nano-sílice, para un concreto base de  $F'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>.

### **Objetivos específicos**

- Determinar la trabajabilidad del concreto con adición de nano-sílice para un concreto base de  $F'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>.
- Determinar el peso unitario del concreto con adición de nano-sílice para un concreto base de  $F'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>.
- Determinar el contenido de aire del concreto con adición de nano-sílice para un concreto base de  $F'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>.
- Determinar a la resistencia de compresión del concreto con adición de nano-sílice, para un concreto base de  $F'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>.
- Determinar la dosis optima de nano-sílice para un concreto base de  $F'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>.

## **II. MÉTODO**

### **2.1 Tipo y diseño de investigación**

Esta investigación es de tipo aplicada debido a su fin principal, resolver problemas prácticos de forma rápida teniendo un orden.

Este diseño realiza la implementación de conocimiento en la práctica y amplía el conocimiento de una disciplina, para la ciencia busca una consecuencia que pueda ser aplicada posteriormente (Vargas, 2009).

Por ello, el estudio se desarrolla mediante la adición de nano-sílice en el concreto, en porcentajes de 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0% con respecto al peso del cemento; buscando los efectos que produce en sus propiedades de trabajabilidad, peso unitario, contenido de aire y resistencia a la compresión. Y mediante los resultados que se obtengan, puedan tomar como indicadores posteriormente para que el nano-sílice pueda utilizado en remplazo de otros materiales que buscan mejorar las propiedades del concreto. O puedan ser base para próximos estudios que tengan relación con el tema planteado.

#### **A. Nivel de Investigación**

El nivel en el cual se desarrolla la presente investigación es exploratorio. Se realiza en base a un tema o característica que ha sido poco estudiado. Por lo cual los resultados son aproximados y son puntos importantes para próximas investigaciones (ARIAS Fidias, 2012) Esta investigación puede tener una reformulación del problema planteado durante el proceso de investigación, debido a la carencia e insuficiente información previo del estudio (ARIAS Fidias, 2012).

El nano-sílice es un material que aún está en estudio, por lo cual la investigación que se realizan respecto a ello son de nivel exploratorio. Buscando información que pueda ampliar el conocimiento que se tiene respecto a este material.

#### **B. Enfoque de investigación**

Una investigación que se desarrolla en un enfoque cuantitativo, permitiendo recolectar datos para validar las hipótesis, con bases numéricas y estadísticas con la finalidad de obtener datos y poder analizarlos con los patrones de comportamiento y así probar la teoría. (Hernández et al, 2014.p. 15).

El presente trabajo es de carácter Cuantitativa, quiere decir, son datos numéricos que resultan de la condición formal elaborados a través de los ensayos del concreto desarrollados en el laboratorio. Este tipo de investigación tiene como objetivo el de establecer relaciones causales que dé a conocer una explicación del objeto de investigación, basada en muestra de gran tamaño.

Los ensayos del concreto de laboratorio darán cifras numéricas con relación a los indicadores del estudio, de tal manera se busca dar respuesta a los problemas (general y específicos) planteados en el estudio.

### **C. Diseño metodológico de la Investigación**

El diseño del presente estudio es Cuasi-experimental, se define como experimentos donde se realiza una asignación aleatoria a todos los aspectos, con la diferencia que no se puede conjeturar que los diferentes grupos que son parte del tratamiento sean originalmente equivalentes dentro de los rangos del error muestral (Cook y Campbell, 1986. p. 142)

Entonces un diseño cuasi experimental permite la utilización de tratamientos aleatorios que presentaran carencia de control total de la experimentación, y los resultados que se llegan a interpretar de este diseño tienen la posibilidad de ser consecuencia de otros factores que no se tuvieron en cuenta en la experimentación.

Para la presente investigación es de diseño Cuasi experimental, ya que estudia la relación causal mediante la metodología cuasi experimental con el propósito de controlar ciertos fenómenos de la variable. Debido a ello, se manipulará el concreto base solamente con la adición de nano-sílice (variable independiente – causa) para obtener los efectos que esta adición provoca a las propiedades del concreto (variable dependiente – Efecto).

## **2.2 Operacionalización de variables**

Variables

- Variable dependiente: PROPIEDADES DEL CONCRETO
- Variable Independiente: NANO-SÍLIC

**“Matriz de O. de variables: “Influencia del Nano-sílice en las propiedades de un concreto de F’C 350 kg/cm2 para obtener un concreto de alta resistencia, Lima 2019”**

<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>INDICE / unid. medida</b>
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO</b>	Los parámetros principales que se deben tomar en cuenta son la trabajabilidad, peso unitario, contenido de aire y la resistencia a la compresión, para contar con un concreto moldeable y con una adecuada resistencia	Estado Fresco	Ensayo de Consistencia	Pulgadas
			Ensayo peso Unitario	Kg/cm3
			Ensayo contenido de aire	%
		Estado endurecido	Ensayo resistencia a la compresión	Kg/cm2
<b>NANO-SÍLICE</b>	La nano-sílice está formada por partículas muy pequeñas de tamaño manométrico (decenas de nanómetro) compuestas mayoritariamente por SiO <sub>2</sub> . Debido a su tamaño manométrico, cuenta con mejores propiedades para mejora las características del concreto.	Nano-sílice	Porcentajes	0.5%
				1%
				1.5%
				2%

## **2.3 Población, muestra y muestreo**

### **A. Población**

Desde la estadística, se define la población o Universo como la agrupación de elementos o sujetos de interés que serán motivo de estudio y donde se busca obtener un aporte de la problemática (Borja, 2012). La selección de la población depende de los objetivos de estudio, hay casos donde la población no se puede determinar debido a ser desconocida o contar con diversas variables que se hace difícil determinar la población que se debe estudiar, para ello se puede tomar muestras representativas para el estudio.

Esta investigación presenta una población desconocida y se vuelve infinita, debido a los diversos factores que puedan afectar al proceso de experimentación; por ello, se toma muestras de concreto significativas bajo los procedimientos de la normativa NTP 400.010, normativa para selección de muestras significativas de concreto bajo normas de calidad que dan confiabilidad a los resultados de los ensayos que se aplicarán, para analizar el efecto que causa la adición de nano-sílice a las propiedades del concreto patrón.

### **B. Muestra**

Se define como un subgrupo de la población que serán la base de la investigación y aportarán datos, con la finalidad de estudiar las características y la propiedad de la población. (Hernández et al., 2014). La muestra se puede tomar de una parte de la población o de la población completa, esto va a depender del objeto de estudio, del tamaño y las características de la población.

Los criterios tomados para la muestra de la investigación fueron a través de dos tipos:

- Muestreo discrecional: en base al criterio del investigador para toma de muestras que serán estudiadas, fundamentado por asesorías de ingenieros civiles e investigaciones anteriores, que son indicadores del número de muestras para los ensayos que se realizaran debido a que se trabaja con concreto.
- En base a las normativas ASTM, ACI y NTP que determinan los procedimientos, calidad y cantidad de muestras para la realización de los ensayos planteados en la presente investigación, con una alta confiabilidad y bajo parámetros ya establecido para obtener datos con gran precisión.

La cantidad de muestra también estará basada en las diferentes dosis de Nano-sílice que se aplicará a la mezcla, tomando como base diferentes investigaciones, donde se aplicaron diferentes dosis de nano-sílice. Concluyendo, que las dosis de nano-sílice que aportarán en mayor medida al objeto de estudio serán a 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0% con respecto al peso del cemento.

Algunos autores toamdos de referencia son:

- Gonzales Zamora (2016): 0.3% y 5% de Nano-sílice
- Sovolev (2009): 0.25 y 3%% de Nano-sílice
- Hossenl, et al (2010): 2% y 3% de Nano-sílice
- Zoman thiago (2019): 0.5% y 0.7% de Nano-sílice
- Sanchez E. (2016): 2.5%, y 5% de Nano-sílice

En síntesis, las muestras para la presente investigación se basan en las normativas para ensayos de concreto, normativas como la N.T.P, ASTM y ACI, y en base asesorías de ingenieros y estudios anteriores, y estas dependerán de las diferentes dosis de Nano-sílice, determinadas por las conclusiones tomadas de la revisión de antecedentes para obtener la dosificación que aportarán en mayor medida a la investigación, en porcentajes de 0.5%, 1.0%, 1.5% y2.0%.

Para el estudio de trabajabilidad del concreto:

La trabajabilidad se evaluará mediante la consistencia que tenga el concreto para estado fresco, para ello se toma las siguientes muestras de la mezcla de concreto para la evaluación:

**Tabla 1:** Muestras para trabajabilidad del concreto

Porcentaje de Nano-sílice aplicado con respecto al peso del cemento					
	0% (C.P)	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%
Muestras	3	3	3	3	3
<b>Total</b>					<b>15</b>

Fuente: Elaboración propia

Nota: La Tabla 1 muestra el total de 15 muestras, 3 muestras por el concreto base y por cada dosis de Nano-sílice aplicado, que serán estudiadas mediante el ensayo de Cono de Abrams.

Para el estudio de peso unitario del concreto:

El Peso Unitario de la mezcla de concreto se evaluará mediante 2 diferentes tomas de muestras, la primera será mediante la utilización de la Olla de Washington y la segunda mediante los moldes normalizados de 6"x12".

Para ello se toma las siguientes muestras de la mezcla de concreto para la evaluación:

**Tabla 2:** Muestras para Peso unitario del concreto (olla de Washington)

Porcentaje de Nano-sílice aplicado con respecto al peso del cemento					
	0% (C.P)	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%
Muestras	3	3	3	3	3
<b>Total</b>					<b>15</b>

Fuente: elaboración propia

Nota: La Tabla 2 muestra el total de 15 muestras, 3 muestras por el concreto base y 3 por cada dosis de Nano-sílice aplicado, que serán estudiadas mediante el ensayo de Peso Unitario usando la Olla de Washington.

**Tabla 3:** Muestras para Peso unitario del concreto (Moldes 6"x12")

Porcentaje de Nano-sílice aplicado con respecto al peso del cemento					
	0% (C.P)	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%
Muestras	10	10	10	10	10
<b>Total</b>					<b>50</b>

Fuente: elaboración propia

Nota: La Tabla 3 muestra el total de 50 muestras, 10 muestras por el concreto base y 10 por cada dosis de Nano-sílice aplicado, que serán estudiadas mediante el ensayo de Peso Unitario usando la los moldes de 6"x12".

Para el estudio de contenido de aire del concreto:

El porcentaje de contenido de aire de la mezcla de concreto se evaluará mediante la utilización de la Olla de Washington del concreto para estado fresco, para ello se toma las siguientes muestras de la mezcla de concreto para la evaluación:

**Tabla 4:** Muestras para Contenido de aire del concreto

Porcentaje de Nano-sílice aplicado con respecto al peso del cemento					
	0% (C.P)	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%
Muestras	3	3	3	3	3
<b>Total</b>					15

Fuente: elaboración propia

Nota: La Tabla 4 muestra el total de 15 muestras, 3 muestras por el concreto base y 3 por cada dosis de Nano-sílice aplicado, que serán estudiadas mediante el ensayo de Contenido de aire mediante la olla de Washington.

Para el estudio de resistencia a la compresión:

Citando a la Normativa ACI – 318S – 11 el ensayo de resistencia para un espécimen de concreto debe estar compuesto de al menos 2 probetas, esto para probetas de dimensiones 150mmx300mm, o en el caso de utilizar probetas de dimensiones 100 mm x 200 mm será un mínimo de 3 probetas por espécimen, y ensayadas al día 28 o al tiempo que se haya dispuesto para determinar la resistencia (p- 76).

**Tabla 5:** Muestras para ensayo de Resistencia a la compresión

Porcentaje de Nano-sílice aplicado con respecto al peso del cemento					
Días	0% (C.P)	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%
1	4	4	4	4	4
3	4	4	4	4	4
7	4	4	4	4	4
14	4	4	4	4	4
28	4	4	4	4	4
Sub-total	20	20	20	20	20
<b>Total</b>					100

Fuente: elaboración propia

Nota: La Tabla 5 muestra el total de 100 muestras, 4 muestras por cada tipo de mezcla por cada día de estudio que serán a los 1, 3, 7, 14 y 28 días.

El número total de muestras para la investigación es un total de 195 muestras obtenidas de los diferentes tipos de ensayos realizados.

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **Técnica**

Las técnicas son instrucciones o recursos que se utiliza para recolectar, conservar, analizar y transmitir la información de los fenómenos investigados (Herrera y Villón, 2015).

La técnica para la investigación está basada en la normativa NTP, ACI y ASTM que son métodos para evaluación mediante ensayos, para la presente investigación esta en relación a los procesos de ensayos del concreto en estado fresco y endurecido, donde los datos obtenidos serán registrados e interpretados. Para la investigación primero se tomará como técnicas estas normativas para realizar y observar el comportamiento de los materiales que forman parte del concreto, para luego ensayar, observar y evaluar el comportamiento del concreto fresco y el comportamiento en su estado endurecido.

### **Instrumento de recolección de datos**

Para este estudio se usó métodos estandarizados teniendo en cuenta la norma NTP, ACI y ASTM la cual permite recolectar los datos de manera directa y con una adecuada confiabilidad en los siguientes ensayos. Para determinar los resultados de los ensayos correspondientes y proceder a evaluar.

Las fichas técnicas es el instrumento importante y adecuado para trabajar con los resultados obtenidos de los ensayos realizados. Los datos obtenidos de laboratorio serán registrados en fichas técnicas estandarizados por las normativas antes mencionadas mediante programas como Excel (Ver Anexos).

### **Validez y confiabilidad**

La validez, en conceptos básicos, se basa en el grado donde un instrumento mide realmente la variable de estudio. (Hernández et al, 2014.p. 200).

Por otro lado, el grado de confiabilidad que tenga un instrumento de determinar mediante la repetición de estudio a un mismo individuo y se sigan obteniendo los mismos resultados (Hernández et al, 2014.p. 200).

La validez y confiabilidad de los instrumentos utilizados para los ensayos que determinaran la aceptación o rechazo de las hipótesis planteadas, están respaldadas por las normativas utilizadas ASTM, ACI y NTP que son métodos estandarizados, por lo cual se otorga la

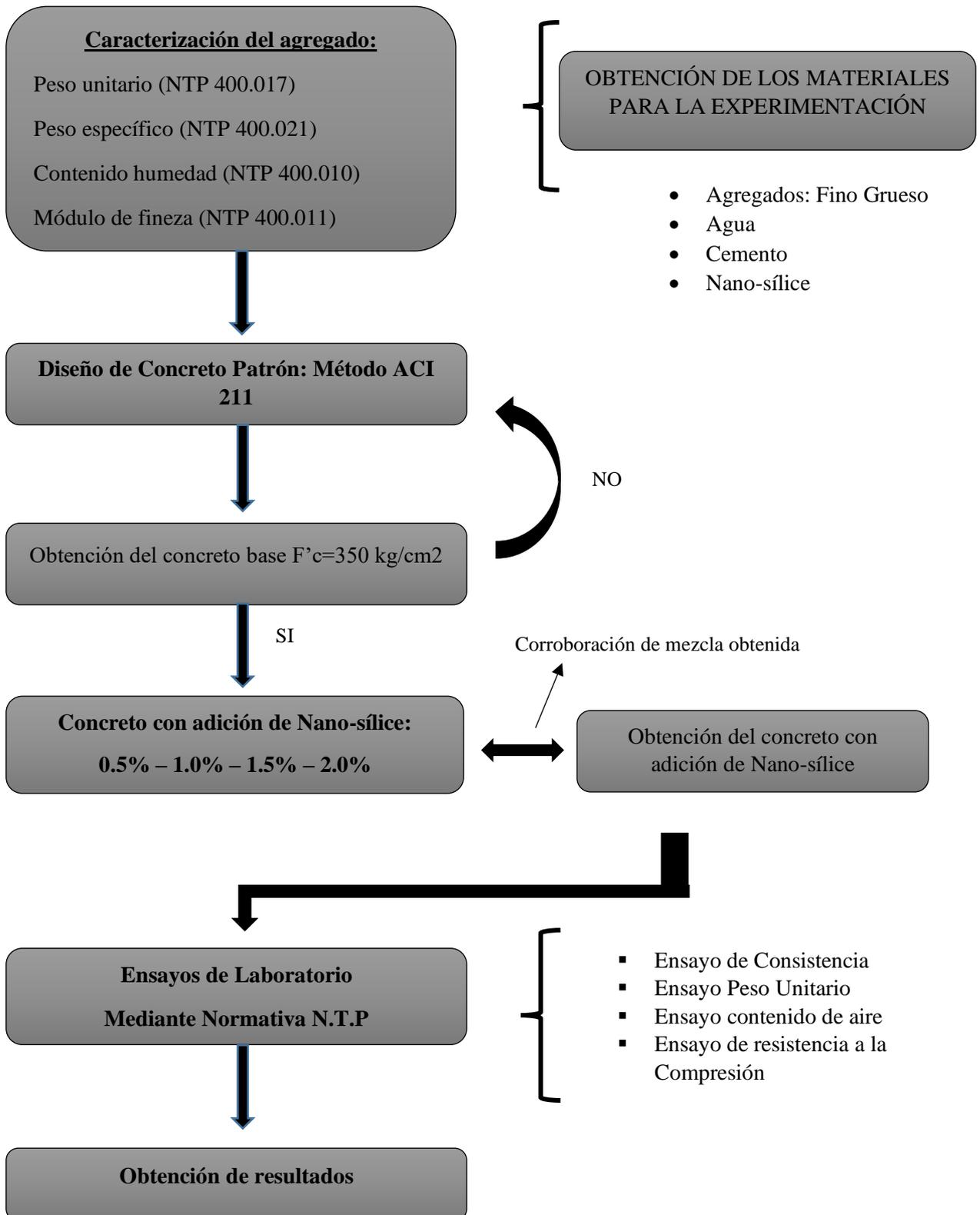
validez y confiabilidad respectiva a los instrumentos y técnicas utilizadas en la presente investigación.

Para la validez y confiabilidad y de los ensayos, a pesar de estar estandarizado, se usarán dos tipos de evaluaciones adicionales para corroborar la confiabilidad de los resultados, siendo las siguientes evaluaciones:

- 1) Método de evaluación estadístico de la calidad del concreto en laboratorio según la normativa ACI.
- 2) Método de aplicación del programa IBM SPSS statistics, del cual se obtendrá la normalidad y la aplicación de ANOVA para el nivel de significancia de los objetivos específicos y corroborar las hipótesis específicas planteadas, de tal modo se corroborará la hipótesis general.

## 2.5 Procedimiento

### Diagrama del Proceso de experimentación



## **2.6 Método de análisis de datos**

Respecto a las escalas con las que cuentan las variables de la presente investigación, los resultados obtenidos se tabularon mediante los datos de las tablas de frecuencias o los gráficos de barras dependiendo de la naturaleza que presenten los resultados. Se evaluará datos obtenidos de los agregados finos y gruesos a través de los ensayos planteados en la presente investigación y las formulas respectivas para su caracterización y posterior utilización del diseño de concreto mediante el método ACI 211.4.

La investigación es un enfoque cuantitativo, por lo cual el método de análisis de datos se dará por la evaluación de datos numéricos obtenido de los ensayos de laboratorio para obtener los resultados del problema planteado de la investigación. Se desarrollará una comparación de las 195 muestras, la comparación será individualmente entre cada grupo de estudio o ensayo, con respecto al efecto que causo la adición de Nano-sílice al concreto en relación a las propiedades en estudio que son: asentamiento, peso unitario, contenido de aire y resistencia a la compresión.

Por último, se evaluará mediante los resultados obtenidos que dosificación de Nano-sílice aplicada es la más optimas, la que mayores beneficios otorgó al concreto base. Los resultados serán analizados y evaluados mediante cuadros, tablas, ecuaciones y figuras realizados en el programa Excel para su comparación de los datos obtenidos de los ensayos con respecto a cada tipo de evaluación descrita en la investigación de la influencia del Nano-sílice en el concreto.

## **2.7 Aspectos éticos**

El presente trabajo tuvo como base en su desarrollo diversos aspectos éticos, donde los resultados obtenidos se realizaron con criterios necesarios para recaudar datos reales, los cuales no se manipularán ni alterará la información de antecedentes y conceptos de marcos teóricos que se tomaron de distintos libros, artículos científicos, tesis y normas. Todos están debidamente citados y se respetara la autoría.

Por consiguiente, se certifica que:

- Se respeta la autoría de la información.
- Los resultados de investigación serán respaldados por los laboratorios utilizados para la experimentación y verídicos.

### III. RESULTADOS

#### 1. Ensayos para la caracterización de agregados

##### A. Determinación de la granulometría del Agregados Finos según la normativa

En base al procedimiento y parámetros de la normativa siguiente:

**NTP. 400.012**

**ASTM-C136:1996**

Análisis granulométrico del agregado fino y grueso”.

Se aplicó las ecuaciones de % retenido (ecuación N°1) y % pasante (ecuación N° 2) obteniendo los resultados mostrados en la siguiente tabla:

**Tabla 6:** *Granulometría Agregado Fino*

Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr.)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	% Que pasa
N°4	4.75	32.00	3.20	3.20	96.80
N°8	2.36	168.00	16.80	20.00	80.00
N°16	1.18	207.00	20.70	40.70	59.30
N°30	0.60	238.00	23.80	64.50	35.50
N°50	0.30	269.00	26.90	91.40	8.60
N°100	0.15	79.00	7.90	99.30	0.70
N°200	0.08	7.00	0.70	100.00	0.00
FONDO	0.00				
<b>Total</b>		1000.0		M.F	3.19

Fuente: elaboración propia

Nota: La Tabla 6 muestra el ensayo granulométrico del agregado fino, obtenidos a través de tamizado según el orden de mallas o tamices indicados en la tabla, con la finalidad de obtener su granulometría y módulo de fineza.

Para una mejor visualización de los datos obtenidos, se muestra la siguiente imagen donde se presenta la curva granulométrica del agregado fino a utilizar en la elaboración del concreto base.

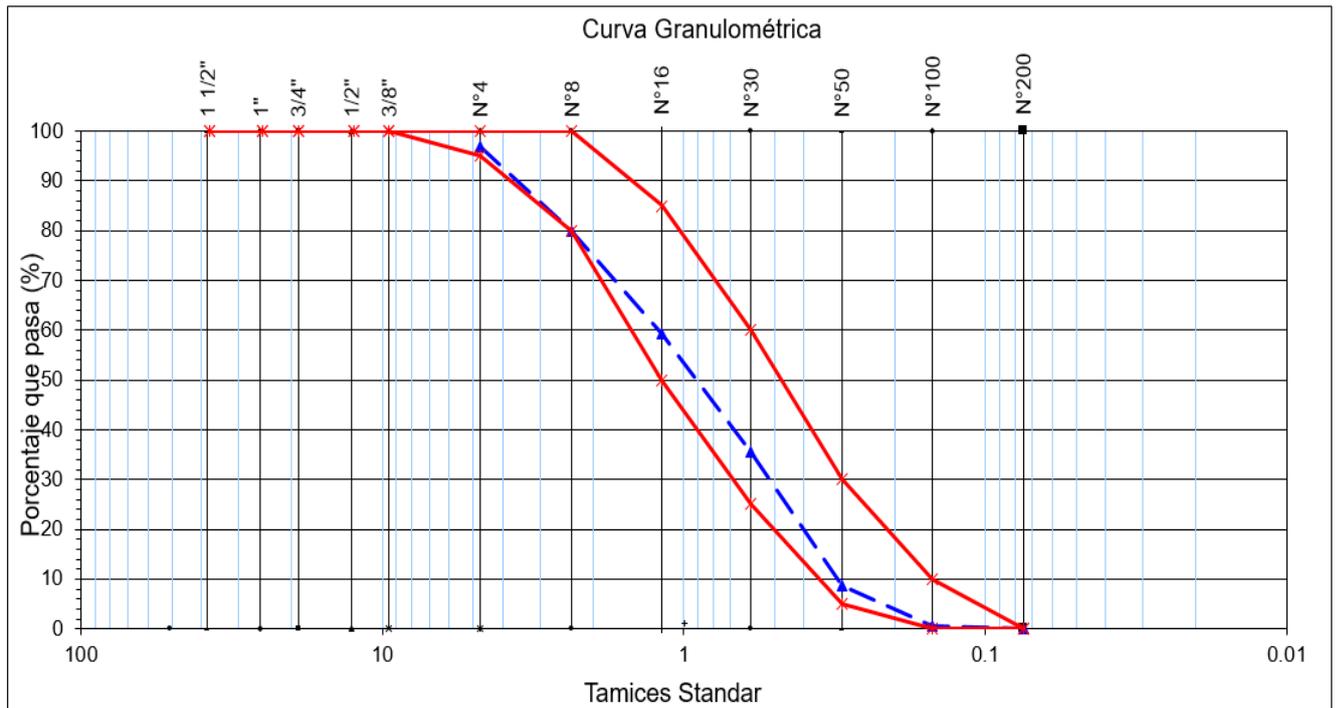


Ilustración 2: Curva Granulométrica de Agregado

### Módulo de fineza

Se realizó dos ensayos de granulometría del agregado fino para corroborar los datos que se obtengan, en base a estos ensayos se llegó a los siguientes resultados del módulo de fineza.

Aplicando la ecuación de módulo de fineza (Ecuación N°3) obteniendo los siguientes resultados:

$$\text{modulo de fineza} = \frac{99.30 + 91.40 + 64.50 + 40.70 + 20.00 + 3.20}{100}$$

$$\text{modulo de fineza} = \frac{319.1}{100}$$

$$\text{modulo de fineza} = 3.19$$

Los datos aplicados son los obtenidos del ensayo de granulometría, % de pesos retenidos; con los cuales se llegó a un módulo de fineza de 3.19.

Según el ACI 211.4 El dato obtenido mencionado anteriormente está dentro del rango de módulo de finezas para la elaboración de un concreto de alta resistencia, por consiguiente, se puede utilizar el agregado fino estudiado para la elaboración del concreto.

## B. Determinación del Peso Unitario suelto y compactado del Agregado Fino según la normativa NTP

### Peso unitario del agregado fino

En base al procedimiento y parámetros de la siguiente normativa: **NTP. 400.017**

Dimensiones del molde

- Altura (h): 18 cm
- Radio (r): 7.5 cm
- peso del molde: 7885g

Se aplica la ecuación N° 4 para obtener el volumen del molde:

$$V = \pi \times 7.5^2 \times 18$$

$$V = 3180.863 \text{ cm}^3$$

Datos requeridos para obtener el Peso Unitario:

- Peso del molde (PM):
- Volumen del molde (VM):
- Peso del molde más agregado (PT):
- Peso del agregado (PA): PT – PM
- Peso unitario (PU): PA/VM
- Para hallar el PU se realiza tres veces los pasos para promediar los resultados.
- Peso unitario del agregado fino
- Peso unitario suelto

**Tabla 7:** *Peso unitario A. Fino*

Ensayo	PT (gr)	PM (gr)	PA (gr)
1	12653	7885	4768
2	12708	7885	4823
3	12580	7885	4695
Promedio de (PA)			4762

Fuente: elaboración propia

Nota: La Tabla 7 muestra el peso suelto del agregado Fino de 4762gramos.

Para hallar el PU se aplicó la ecuación N° 5 obteniendo los siguientes resultados:

$$PU = \frac{4762}{3180.863}$$

$$PU = 1497.07 \text{ Kg/cm}^3$$

### **Peso unitario compactado del agregado fino**

En base al procedimiento y parámetros de la siguiente normativa: **NTP. 400.017**

**Tabla 8:** *Peso unitario compactado A. Fino*

<b>Ensayo</b>	<b>PT (gr)</b>	<b>PM (gr)</b>	<b>PAC (gr)</b>
<b>1</b>	14163	7885	6278
<b>2</b>	14151	7885	6266
<b>3</b>	14313	7885	6428
Promedio de (PA)			6324

Fuente: elaboración propia

Nota: La Tabla 8 muestra el peso compactado del agregado Fino de 6324gramos.

Para hallar el PUC se aplicó la ecuación N° 6 obteniendo los siguientes resultados:

$$PU = \frac{6324}{3180.863}$$

$$PU = 1988.14 \text{ Kg/cm}^3$$

### **Peso unitario del agregado Grueso**

En base al procedimiento y parámetros de la siguiente normativa: **NTP. 400.017**

**Tabla 9:** *Peso unitario Suelto A. Grueso*

<b>Ensayo</b>	<b>PT (gr)</b>	<b>PM (gr)</b>	<b>PA (gr)</b>
<b>1</b>	12317.6	7885	4432.6
<b>2</b>	12295.2	7885	4410.2
<b>3</b>	12051.52	7885	4166.52
Promedio de (PA)			4336.44

Fuente: elaboración propia

Para hallar el PU se aplicó la ecuación N° 5 obteniendo los siguientes resultados:

$$PU = \frac{4336.44}{3180.863}$$

$$PU = 1.36329 \text{ gr/cm}^3$$

$$PU = 1363.29 \text{ Kg/cm}^3$$

### **Peso unitario compactado del agregado Grueso**

En base al procedimiento y parámetros de la siguiente normativa: **NTP. 400.017**

**Tabla 10:** *peso unitario compactado A. grueso*

<b>Ensayo</b>	<b>PT (gr)</b>	<b>PM (gr)</b>	<b>PAC (gr)</b>
<b>1</b>	13088.10	7885	5203.10
<b>2</b>	12963.23	7885	5078.23
<b>3</b>	12923.92	7885	5038.92
Promedio de (PA)			5106.75

Fuente: elaboración propia

Nota: La Tabla 8 muestra el peso compactado del agregado Grueso de 5106.8 gramos.

Para hallar el PUC se aplicó la ecuación N° 6 obteniendo los siguientes resultados:

$$PU = \frac{5106.75}{3180.863}$$

$$PU = 1.60546 \text{ gr/cm}^3$$

$$PU = 1605.46 \text{ Kg/cm}^3$$

Se obtuvo un peso unitario del agregado grueso de 1605.5 kg/cm<sup>3</sup>

### **C. Determinación del contenido de humedad del Agregado Fino según la normativa NTP**

En base a la normativa NTP 339.185 para una mayor confiabilidad en los resultados obtenidos, se siguió los procedimientos de la normativa mencionada.

Se obtuvo a la siguiente tabla con los datos para la obtención del contenido de humedad del agregado Fino:

**Tabla 11:** *contenido de humedad A. fino*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD – A. FINO</b>		
<b>Muestra: 40kg (cuarteo)</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Peso</b>	<b>Indicador</b>
A. Fino Natural	1500	g
Tara	120	g
A. Fino Natural + tara	1620	g
A. Fino Secado + tara	1596	g
A. Fino Secado	1476	g
<b>Contenido de Humedad</b>	1.6	g/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

Nota: Para la obtención del contenido de humedad, indicada en la tabla 11, se utilizó la ecuación N° 7:  $W\% = 1.6 \text{ g/cm}^3$

#### **D. Determinación del contenido de humedad del Agregado Grueso según la normativa NTP**

En base a la normativa NTP 339.185 para una mayor confiabilidad en los resultados obtenidos, se siguió los procedimientos de la normativa mencionada.

**Tabla 12:** *contenido de humedad A. Grueso*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD – A. GRUESO</b>		
<b>Muestra: 40kg (cuarteo)</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Peso</b>	<b>Indicador</b>
A. Fino Natural	2000	g
Tara	120	g
A. Fino Natural + tara	2120	g
A. Fino Secado + tara	2112	g
A. Fino Secado	1992	g
<b>Contenido de Humedad</b>	0.41	g/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

Nota: Para la obtención del contenido de humedad, indicada en la tabla 12, se utilizó la ecuación N° 7:  $W\% = 1.6 \text{ g/cm}^3$

### E. Determinación del Peso Específico y Absorción del Agregado fino según la normativa NTP:

En base a la normativa NTP 400.022 para una mayor confiabilidad en los resultados obtenidos, se siguió los procedimientos de la normativa mencionada.

Se obtuvo a las siguientes tablas con los datos para la obtención del peso específico y absorción del agregado Grueso respectivamente:

Para la obtención de los pesos específicos y porcentajes de absorción respectivamente, indicada en la tabla anterior, se utilizó las siguientes formulas. Luego se procedió a realizar el promedio aritmético de las tres muestras ensayadas para obtener el peso específico y porcentaje de absorción final del agregado fino respectivamente.

#### Peso específico del agregado fino

La siguiente tabla muestra los datos obtenidos de laboratorio del agregado fino para la obtención del peso específico:

**Tabla 13:** *peso específico A. Fino*

<b>Peso específico – A. Fino</b>				
<b>Muestra: 40kg (cuarteo)</b>				
<b>Nombre</b>	<b>Peso M1</b>	<b>Peso M2</b>	<b>Peso M3</b>	<b>Indicador</b>
Picnómetro	138	138	138	g
Pic. calibrado	635	636	636	g
Pic + A. Fino SSS	248	438	238	g
A. Fino SSS	110	300	100	g
Pic+A.F.SSS+ h2o	702	815	698	g
Vol. Desplaz.	43	121	38	cm3
<b>P. Especific.</b>	<b>2.558</b>	<b>2.479</b>	<b>2632</b>	<b>g/cm3</b>

Fuente: Elaboración propia

Nota: Para la obtención del contenido de humedad, indicada en la tabla 13, se utilizó la ecuación N° 8 por cada muestra y se procedió a promediar los 3 resultados obteniendo:  $Pe = 2.520\text{kg/cm}^3$

## Porcentaje de absorción del agregado fino

La siguiente tabla muestra los datos obtenidos de laboratorio:

**Tabla 14:** % absorción A. Fino

Porcentaje de Absorción – A- Fino				
Muestra: 40kg (cuarteo)				
Nombre	Peso M1	Peso M2	Peso M3	Indicador
Picnómetro	45	45	45	g
A. Fino SSS	500	600	700	g
Tara + A. Fino SSS	545	645	745	g
Ta+A.F.SSS+ h2o	529	627	723	g
A.Fsss secado	484	582	678	g
<b>% Abs.</b>	3.3	3.09	3.24	g/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

Nota: Para la obtención del % de absorción, indicada en la tabla anterior, se utilizó la ecuación N° 9 por cada muestra y se procedió a promediar los 3 resultados obteniendo:  $P_e = 3.21 \text{ kg/cm}^3$

## F. Determinación del Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso según la normativa NTP:

En base a la normativa NTP 400.022 para una mayor confiabilidad en los resultados obtenidos, se siguió los procedimientos de la normativa mencionada

Se obtuvo a las siguientes tablas con los datos para la obtención del peso específico y absorción del agregado Grueso respectivamente:

Para la obtención de los pesos específicos y porcentajes de absorción respectivamente, indicada en la tabla anterior, se utilizó las ecuaciones 8 y 9 respectivamente. Luego se procedió a realizar el promedio aritmético de las tres muestras ensayadas para obtener el peso específico y porcentaje de absorción final del agregado fino respectivamente.

### Peso específico del agregado Grueso

La siguiente tabla muestra los datos obtenidos de laboratorio del agregado grueso:

**Tabla 15:** *Peso específico A. Grueso*

<b>Peso específico – A. Grueso</b>				
<b>Muestra: 40kg (cuarteo)</b>				
<b>Nombre</b>	<b>Peso M1</b>	<b>Peso M2</b>	<b>Peso M3</b>	<b>Indicador</b>
Picnómetro	455	455	455	g
H2O	250	250	250	cm3
H2O + A. Grueso	322	355	434	ml
V. desplazado	72	105	184	cm3
Pic. calibrado	702	702	702	g
Pic + A.Gsss	655	755	955	g
A. Grueso SSS	200	300	500	g
<b>P. Especif.</b>	<b>2.788</b>	<b>2.85</b>	<b>2.716</b>	<b>g/cm3</b>

Fuente: Elaboración propia

Nota: Para la obtención del peso específico, indicada en la tabla anterior, se utilizó la ecuación N° 8 por cada muestra y se procedió a promediar los 3 resultados obteniendo:  $Pe = 2.788\text{kg/cm}^3$

**Tabla 16:** *% absorción A. Grueso*

<b>Porcentaje de Absorción – A- Grueso</b>				
<b>Muestra: 40kg (cuarteo)</b>				
<b>Nombre</b>	<b>Peso M1</b>	<b>Peso M2</b>	<b>Peso M3</b>	<b>Indicador</b>
Picnómetro	120	120	120	g
A. Fino SSS	2100	2100	2200	g
Tara + A. Fino SSS	2220	2120	2320	g
Ta+A.F.SSS+ h2o	2201	2102	2300	g
A.Fsss secado	2081	1982	2180	g
<b>P. Especif.</b>	<b>0.913</b>	<b>0.908</b>	<b>0.909</b>	<b>g/cm3</b>

Fuente: Elaboración propia

Nota: Para la obtención del % de absorción, indicada en la tabla anterior, se utilizó la ecuación N° 9 por cada muestra y se procedió a promediar los 3 resultados obteniendo:  $Pe = 0.91\text{ kg/cm}^3$

## 2. Diseño de mezcla del concreto según la normativa ACI 211

Se elaboró un concreto patrón diseñado bajo las recomendaciones del método ACI 211, fijado la relación agua/cemento de 0.35 con un Slump de 2" con la caracterización de los componentes del concreto como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 17:** Información de materiales

CEMENTO		
<b>Marca</b>	Sol	
<b>Tipo</b>	I	
<b>Peso específico</b>	3.12	
AGUA (Agua potable)		
<b>Peso específico</b>	1000 Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADOS		
	GRUESO	FINO
<b>Perfil</b>	Angular	
<b>Peso específico Kg/m<sup>3</sup></b>	2788	2556
<b>Peso unitario suelto Kg/m<sup>3</sup></b>	1363.29	1497.07
<b>Peso unitario compactado Kg/m<sup>3</sup></b>	1605.46	1988.19
<b>Módulo de finura</b>	6.85	3.19
<b>TMN</b>	½"	
<b>% de absorción</b>	0.91	3.22
<b>Contenido de humedad %</b>	0.4	1.6

Fuente: elaboración propia

Nota: La tabla N° 17 muestra los datos de los materiales utilizados para el diseño del concreto que será tomado como patrón y a quien se le aplicará la nano-sílice posteriormente para la evaluación en las propiedades del concreto.

### A. Características del concreto patrón

Para diseñar el concreto patrón se tomó como base una resistencia de 350 Kg/cm<sup>2</sup>, al no tener registros de obras anteriores, el método ACI 211 indica el aumento de un factor de riesgo a tu F'c de diseño como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 18:** *factor de riesgo*

<b>F'c</b>	<b>F'cr</b>
<b>Menor a 210 Kg/cm<sup>2</sup></b>	F'c + 70
<b>210 – 350</b>	F'c + 84
<b>&gt;350</b>	F'c + 98

Fuente: ACI 2011

Nota: Tabla 18: especifica la cantidad o el valor de riesgo que se le aumenta al F'c que se diseña según la resistencia requerida.

Obtención del Factor de riesgo:

- F'c = 350 Kg/cm<sup>2</sup>
- F'cr = 450 Kg/cm<sup>2</sup>
- Slump = 3a4"
- Sin adición de aire

## **B. Determinar la relación de agua/cemento**

Se determinó el aire atrapado respecto al tamaño máximo nominal del agregado grueso como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 19:** *% aire atrapado*

<b>Tamaño máximo nominal del agregado grueso</b>	<b>Aire atrapado</b>
<b>3/8"</b>	3.0%
<b>1/2"</b>	2.5%
<b>3/4"</b>	2.0%
<b>1"</b>	1.5%
<b>1 1/2"</b>	1.0%
<b>2"</b>	0.5%
<b>3"</b>	0.3%
<b>4"</b>	0.2%

Fuente: ACI 211

Nota: La tabla N° 19 muestra el contenido de aire atrapado en la mezcla según el tamaño máximo nominal que presenta el agregado grueso

- Aire atrapado = 2.5

### C. Determinación del agua de mezcla

Se determinó la cantidad de agua para 1 m<sup>3</sup> de concreto con la relación del Slump de diseño y el tamaño máximo nominal del agregado grueso como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 20:** Cantidad de agua de mezclado

Agua en m <sup>3</sup> para los TMN del agregado grueso y el Slump indicado								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	.....

Fuente: ACI 211

Nota: La tabla N° 20 permite determinar la cantidad de agua de nuestra mezcla según el asentamiento y el tamaño máximo nominal que presenta en agregado grueso.

- Cantidad de agua = 216 m<sup>3</sup>

### D. Determinación de la relación a/c:

Se determinó la relación agua/cemento con la resistencia a la compresión requerida y el TMN del agregado grueso como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 21:** Relación agua/cemento

F'cr Kg/cm <sup>2</sup>	Edad (días)	Relación agua/cemento
150	28	0.80
200	28	0.70
250	28	0.62
300	28	0.55
350	28	0.48
400	28	0.43
450	28	0.37

Fuente: ACI 211

Nora: Tabla 21 Indica la relación de agua y cemento de la mezcla en base al tamaño máximo nominal del agregado grueso y la resistencia requerida a los 28 días

- Relación a/c = 0.37

$$C = 216/0.37$$

- Cantidad de cemento = 583.784 Kg
- bls de cemento = 13.74 bls

### E. Determinación del peso del agregado grueso:

Para determinar el peso del agregado grueso para 1 m<sup>3</sup> de concreto se multiplica el peso unitario compactado del material y el peso del agregado grueso por unidad de volumen mediante la relación del TMN del agregado grueso y el módulo de finura del agregado fino, como se muestra en la siguiente tabla

**Tabla 22:** Cantidad de agregado grueso

TMN del agregado grueso	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

Fuente: ACI 211

Nota: Tabla 22 Indica el volumen de agregado grueso en base al tamaño máximo nominal del agregado grueso, para el estudio se tomó para 1/2".

- Peso de agregado grueso por unidad de volumen = 0.511
- Peso del agregado grueso = 820.390

### F. Determinación de volúmenes de los componentes

Para hallar la unidad de volumen de los componentes del concreto se divide la cantidad de material entre el peso específico de cada uno de ellos, como se muestra en la siguiente tabla. Para así determinar la unidad de volumen del agregado mediante la resta 1 m<sup>3</sup> menos el volumen absoluto.

**Tabla 23:** Volúmenes de componentes de mezcla

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad de material</b>	<b>Peso específico</b>	<b>Volúmenes</b>
<b>Cemento</b>	583.784	3.12	0.187
<b>Agua</b>	216	1000	0.216
<b>Agregado grueso</b>	820.390	2788	0.294
<b>Aire atrapado</b>	2.5%	100	0.025
<b>Volumen absoluto</b>			<b>0.722</b>

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Tabla N°23 Muestra los volúmenes de los componentes del concreto obtenidos debido al diseño

$$\text{agregado fino} = 1 - 0.733$$

Ecuación 11: volumen A. fino

$$\text{agregado fino} = 1 - 0.679 = 0.321$$

### G. Determinación del peso de agregado fino:

Para hallar la cantidad de agregado fino que se utilizara en la mezcla

**Tabla 24:** Volumen agregado fino

<b>Materiales</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso específico</b>	<b>Cantidad de material</b>
<b>Agregado fino</b>	0.278	2556	709.628

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Tabla N° 24 muestra el volumen obtenido de agregado fino que se multiplica por su peso específico para obtener su peso en kg, el cual será la cantidad que entrará en 1 m<sup>3</sup> de concreto.

Presentación en estado seco de los componentes del concreto.

**Tabla 25:** Cantidad de componentes en estados seco

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Cemento</b>	583.784
<b>Agregado fino</b>	709.628
<b>Agregado grueso</b>	820.390
<b>Agua</b>	216

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Tabla 25 Cantidad en kg de los componentes en estado seco del concreto diseñado.

## H. Determinación del agua de corrección

Para determinar el agua total que ingresará en el concreto se hace la corrección de esta con respecto a los agregados.

**Tabla 26:** *Corrección de agua*

<b>Corrección de agua</b>			
	<b>Cemento</b>	<b>A. Grueso</b>	<b>A. Fino</b>
<b>Estado seco</b>	583.784	820.390	709.628
<b>% Abs.</b>	-	0.91	3.22
<b>C. Humedad</b>	-	0.4	1.6
<b>Corrección</b>	-	823.672	720.982
<b>Aporte H2O</b>	-	-4.201	-11.680
<b>Aporte</b>		-15.881	
<b>Agua</b>		216	
<b>Agua efectiva</b>		231.881	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Tabla N° 26 muestra la corrección por absorción y contenido de humedad, por lo cual hay un aumento en el agua de diseño obteniendo un agua efectiva de 215.6 lt

## I. Diseño final con corrección del agua.

**Tabla 27:** *Dosificación final de mezcla patrón*

<b>Diseño final</b>	<b>Pesos</b>
<b>Cemento Kg</b>	583.784
<b>Agregado fino Kg</b>	720.982
<b>Agregado grueso Kg</b>	823.672
<b>Agua Lt</b>	231.881

Fuente: Elaboración propia.

Dosificación:

**Tabla 28:** *Relación de mezcla patrón*

<b>Cemento</b>	<b>Agregado fino</b>	<b>Agregado grueso</b>	<b>Agua</b>
<b>1</b>	1.235	1.411	0.397

Fuente: Elaboración propia.

### 3. Ensayos de concreto en Estado Fresco

#### A. Determinación de Asentamiento del concreto según la normativa NTP.339.035

El asentamiento se realizó mediante el ensayo del Cono de Abrams, donde se obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla 29:** Resultados SLUMP por diseño

Tipo de Concreto	SLUMP
Concreto patrón (C.P)	3.2
Concreto con 0.5% Nano-sílice (N.S 0.5%)	4.6
Concreto con 1.0% Nano-sílice (N.S 1.0%)	7.6
Concreto con 1.5% Nano-sílice (N.S 1.5%)	9.7
Concreto con 2.0% Nano-sílice (N.S 2.0%)	10.6

Fuente: Elaboración propia

Nota: Tabla N° 29 Se muestra los resultados de SLUMP mediante el ensayo del Cono de Abrams.

Los ensayos de Consistencia muestran que con forme se aumenta el porcentaje de Nano-sílice la consistencia del concreto base de 350 kg/cm<sup>2</sup> aumenta, obteniendo un aumento en los porcentajes de 43.75%, 137.5%, 203.1%, 231.25% con respecto a cada dosis de Nano-sílice.

#### B. Determinación del Peso Unitario del Concreto según normativa NTP. 339.046

**Tabla 30:** Resultados Peso Unitario del concreto fresco moldes normalizado 6"x12"

Cantidad	Pesos Unitarios por porcentaje de Nano-sílice				
	C.P	0.5% Nano-sílice	1.0% Nano-sílice	1.5% Nano-sílice	2.0% Nano-sílice
1	2414.63	2408.36	2370.11	2355.02	2363.32
2	2437.83	2410.70	2372.75	2355.78	2354.14
3	2388.41	2420.66	2375.20	2356.53	2354.26
4	2382.19	2410.04	2380.30	2364.83	2355.59
5	2378.21	2410.42	2390.11	2372.54	2364.57
6	2408.21	2426.49	2390.86	2380.48	2378.60
7	2416.39	2424.19	2401.42	2381.43	2385.58
8	2395.50	2437.32	2403.69	2381.40	2395.95
9	2399.88	2437.89	2405.76	2393.88	2386.71
10	2408.16	2439.34	2406.89	2405.76	2387.23
<b>P.U (kg/cm<sup>3</sup>) promedio</b>	2402.94	2422.54	2389.71	2374.77	2372.60

### C. Determinación del contenido de aire del concreto según la normativa NTP.

#### 339.080

El ensayo realizado determino que el contenido de aire del concreto no se modifica considerablemente por la adición de nano-sílice.

**Tabla 31:** Resultados contenido de aire

Tipo de Concreto	Contenido de aire
<b>Concreto patrón (C.P)</b>	2.7
<b>Concreto con 0.5% Nano-sílice (N.S 0.5%)</b>	2.1
<b>Concreto con 1.0% Nano-sílice (N.S 1.0%)</b>	3.2
<b>Concreto con 1.5% Nano-sílice (N.S 1.5%)</b>	3.9
<b>Concreto con 2.0% Nano-sílice (N.S 2.0%)</b>	4.0

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Tabla N° Se muestra los resultados de contenido de aire mediante el ensayo del Cono de Abrams.

Los ensayos de Contenido de aire muestran que el concreto con la aplicación de la Nano-sílice respecto al C.P presenta una disminución del 22%, mientras con las otras dosificaciones mayores el contenido de aire aumenta en porcentajes de 18.52% 44.4% 48.15% para dosis de 1.0%, 1.5%, y 2.0% respectivamente.

#### 4. Evaluación estadística para la validez, confiabilidad y significancia de los resultados de Concreto en estado Fresco

##### 4.1 Análisis Estadístico de los ensayos de Asentamiento del concreto

Para la prueba de ANOVA el cual analiza las varianzas para determinar la confiabilidad de los ensayos realizados requiere de comprobar la existencia de 4 supuestos en las muestras ensayadas:

- 1) Normalidad en las muestras de ensayos.
- 2) Homogeneidad de varianzas.
- 3) Equivalencia de grupos.
- 4) Independencia de observaciones.

Las hipótesis para el análisis de la resistencia a Compresión serán las siguientes:

- Ho = No existen variaciones significativas en la aplicación de Nano-sílice con respecto a las propiedades del concreto
- H1 = Existe variaciones significativas en la aplicación de Nano-sílice con respecto a las propiedades del concreto

El análisis se realiza al 95% de confiabilidad.

##### A. Prueba de Normalidad

**Tabla 32:** Prueba de normalidad Asentamiento

Pruebas de normalidad							
	Porcentaje de Nano-sílice	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Asentamiento según Cono de Abrams	Concreto Patrón	,204	3	.	,993	3	,843
	0.5% Nano-sílice	,328	3	.	,871	3	,298
	1.0% Nano-sílice	,253	3	.	,964	3	,637
	1.5% Nano-sílice	,356	3	.	,818	3	,157
	2.0% Nano-sílice	,284	3	.	,934	3	,503

Nota: a. Corrección de significación de Lilliefors

La prueba de normalidad Kolmogorov\_Smirnov y Shapiro Wilk detalla y muestra el cumplimiento del supuesto de normalidad con los siguientes datos:

- Rango de Estsdistico: 0.204 a 0.284
- El grado de libertad: 3
- P (significancia): > 0.05

Se puede observar que se cumple el supuesto de normalidad para las muestras ensayadas. Ya que, ningún grupo no cumple con los supuestos de normalidad por tal motivo se acepta el supuesto de normalidad de los datos de ensayo a compresión

## B. Homogeneidad de varianzas.

**Tabla 33:** Homogeneidad de varianzas (Asentamiento)

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Asentamiento según Cono de Abrams	Se basa en la media	3,310	4	10	,057
	Se basa en la mediana	,479	4	10	,751
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,479	4	5,949	,752
	Se basa en la media recortada	2,904	4	10	,078

La prueba de homogeneidad de varianzas de Levene detalla y muestra el cumplimiento del supuesto de normalidad con los siguientes datos:

- El grado de libertad 1: 4 (cantida de grupo -1) grado de libertad para la varianza entre los grupos
- El grado de libertad 2: 10 (cantidad de ensayos utilizados – lg -1)
- P (significancia): > 0.05

Se puede observar que se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas para las muestras ensayadas.

### C. Equivalencia de grupos:

Se verifica que se cumple con el supuesto de equivalencia de grupos debido al número de muestras ensayadas, 3 ensayos de resistencia para cada diferente aplicación de Nano-sílice.

### D. Independencia de observaciones:

Se verifica que se cumple con este supuesto de independencia de observaciones, debido a las diferentes adiciones de Nano-sílice aplicadas al concreto que le dan características diferentes.

### E. Aplicación de ANOVA de un factor para verificación de hipótesis.

Mediante la aplicación se verificará y comprobará o se rechazará la hipótesis planteada para el análisis del ensayo. Así, se determinará si hay diferencias en el asentamiento en los resultados obtenidos de acuerdo a las aplicaciones planteadas.

**Tabla 34:** ANOVA de un Factor para Asentamiento:

ANOVA					
Asentamiento según Cono de Abrams					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	122,250	4	30,562	615,848	,000
Dentro de grupos	,496	10	,050		
Total	122,746	14			

Fuente: Elaboración propia mediante el programa IBM SPSS

- F= 615.848
- P=.000 < 0.05 indica que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis de trabajo

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna; por consiguiente, Existe variaciones significativas en la aplicación de Nano-sílice con respecto a las propiedades del concreto

## F. Pruebas Post Hoc

Se realiza el análisis posterior al ANOVA para identificar entre que grupos se encuentran las diferencias significativas del concreto patrón y los concreto con aplicación de Nano-sílice.

Debido a la homogeneidad de varianzas de las muestras se aplicará la prueba Tukey.

**Tabla 35:** Comparación de diferencia significativas entre los grupos

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Asentamiento según Cono de Abrams						
HSD Tukey						
(I) Porcentaje de Nano-sílice	(J) Porcentaje de Nano-sílice	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Concreto Patrón	0.5% Nano-sílice	-1,43333*	,18189	,000	-2,0320	-,8347
	1.0% Nano-sílice	-4,36000*	,18189	,000	-4,9586	-3,7614
	1.5% Nano-sílice	-6,52000*	,18189	,000	-7,1186	-5,9214
	2.0% Nano-sílice	-7,42000*	,18189	,000	-8,0186	-6,8214
0.5% Nano-sílice	Concreto Patrón	1,43333*	,18189	,000	,8347	2,0320
	1.0% Nano-sílice	-2,92667*	,18189	,000	-3,5253	-2,3280
	1.5% Nano-sílice	-5,08667*	,18189	,000	-5,6853	-4,4880
	2.0% Nano-sílice	-5,98667*	,18189	,000	-6,5853	-5,3880
1.0% Nano-sílice	Concreto Patrón	4,36000*	,18189	,000	3,7614	4,9586
	0.5% Nano-sílice	2,92667*	,18189	,000	2,3280	3,5253
	1.5% Nano-sílice	-2,16000*	,18189	,000	-2,7586	-1,5614
	2.0% Nano-sílice	-3,06000*	,18189	,000	-3,6586	-2,4614
1.5% Nano-sílice	Concreto Patrón	6,52000*	,18189	,000	5,9214	7,1186
	0.5% Nano-sílice	5,08667*	,18189	,000	4,4880	5,6853
	1.0% Nano-sílice	2,16000*	,18189	,000	1,5614	2,7586
	2.0% Nano-sílice	-,90000*	,18189	,004	-1,4986	-,3014

2.0% Nano-sílice	Concreto Patrón	7,42000*	,18189	,000	6,8214	8,0186
	0.5% Nano-sílice	5,98667*	,18189	,000	5,3880	6,5853
	1.0% Nano-sílice	3,06000*	,18189	,000	2,4614	3,6586
	1.5% Nano-sílice	,90000*	,18189	,004	,3014	1,4986

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

De acuerdo con la prueba post hoc HSH turkey se observa que existen diferencias significativas entre todos los ( $p < 0.05$ ), Por ello, se deduce que hay diferencia significativa entre los diferentes tipos de mezclas ensayados.

### G. Subconjuntos homogéneos

**Tabla 36:** Cuadro se resumen de significancia

Asentamiento según Cono de Abrams						
HSD Tukey <sup>a</sup>						
Porcentaje de Nano-sílice	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
Concreto Patrón	3	3,2000				
0.5% Nano-sílice	3		4,6333			
1.0% Nano-sílice	3			7,5600		
1.5% Nano-sílice	3				9,7200	
2.0% Nano-sílice	3					10,6200
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Se observa que la mayor significancia con respecto al concreto patrón se obtiene del concreto con aplicación de Nano-sílice al 2% con respecto al peso del cemento.

## 4.2 Análisis Estadístico de los ensayos de Peso Unitario

Para la prueba de ANOVA el cual analiza las varianzas para determinar la confiabilidad de los ensayos realizados requiere de comprobar la existencia de 4 supuestos en las muestras ensayadas:

- 1) Normalidad en las muestras de ensayos.
- 2) Homogeneidad de varianzas.
- 3) Equivalencia de grupos.
- 4) Independencia de observaciones.

Las hipótesis para el análisis de la resistencia a Compresión serán las siguientes:

- Ho = No existen variaciones significativas en la aplicación de Nano-sílice con respecto a las propiedades del concreto
- H1 = Existe variaciones significativas en la aplicación de Nano-sílice con respecto a las propiedades del concreto

El análisis se realiza al 95% de confiabilidad.

### A. Prueba de Normalidad

**Tabla 37:** Prueba de normalidad Peso Unitario

Pruebas de normalidad							
	Porcentaje de Nano-sílice	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Peso Unitario estado fresco (Molder normalizados 6"x12")	Concreto Patrón	,100	10	,200*	,972	10	,906
	0.5% Nano-sílice	,229	10	,148	,863	10	,082
	1.0% Nano-sílice	,193	10	,200*	,891	10	,175
	1.5% Nano-sílice	,157	10	,200*	,924	10	,393
	2.0% Nano-sílice	,193	10	,200*	,880	10	,132

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La prueba de normalidad Kolmogorov\_Smirnov y Shapiro Wilk detalla y muestra el cumplimiento del supuesto de normalidad con los siguientes datos:

- Rango de Estadístico: 0.100 a 0.229
- El grado de libertad: 10
- P (significancia): > 0.05

Se puede observar que se cumple el supuesto de normalidad para las muestras ensayadas. Ya que, ningún grupo no cumple con los supuestos de normalidad por tal motivo se acepta el supuesto de normalidad de los datos de ensayo a compresión

## B. Homogeneidad de varianzas.

**Tabla 38:** Homogeneidad de varianzas del ensayo de Peso Unitario (6"x12")

		Prueba de homogeneidad de varianzas			
		Estadístico de Levene	g1	g12	Sig.
Peso Unitario estado fresco (Molder normalizados 6"x12")	Se basa en la media	,446	4	45	,775
	Se basa en la mediana	,441	4	45	,779
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,441	4	35,994	,778
	Se basa en la media recortada	,445	4	45	,775

La prueba de homogeneidad de varianzas de Levene detalla y muestra el cumplimiento del supuesto de normalidad con los siguientes datos:

- El grado de libertad 1: 4 (cantidad de grupo -1) grado de libertad para la varianza entre los grupos
- El grado de libertad 2: 45 (cantidad de ensayos utilizados – lg -1)
- P (significancia): > 0.05

Se puede observar que se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas para las muestras ensayadas.

## C. Equivalencia de grupos:

Se verifica que se cumple con el supuesto de equivalencia de grupos debido al número de muestras ensayadas, 4 ensayos de resistencia para cada diferente aplicación de Nano-sílice.

#### D. Independencia de observaciones:

Se verifica que se cumple con este supuesto de independencia de observaciones, debido a las diferentes adiciones de Nano-sílice aplicadas al concreto que le dan características diferentes.

#### E. Aplicación de ANOVA de un factor para verificación de hipótesis.

Mediante la aplicación se verificará y comprobará o se rechazará la hipótesis planteada para el análisis del ensayo. Así, se determinará si hay diferencias

**Tabla 39:** ANOVA de un factor para Peso Unitario

ANOVA					
Peso Unitario estado fresco (Molder normalizados 6"x12")					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	17300,046	4	4325,011	17,507	,000
Dentro de grupos	11117,073	45	247,046		
Total	28417,119	49			

- $F= 217.50774.326$
- $P=.000 < 0.05$  indica que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis de trabajo

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna; por consiguiente, Existe variaciones significativas en la aplicación de Nano-sílice con respecto a las propiedades del concreto.

#### F. Pruebas Post Hoc

Se realiza el análisis posterior al ANOVA para identificar entre que grupos se encuentran las diferencias significativas del concreto patrón y los concreto con aplicación de Nano-sílice.

Debido a la homogeneidad de varianzas de las muestras se aplicará la prueba Tukey

**Tabla 40:** Comparación de diferencias significativas entre los grupos

<b>Comparaciones múltiples</b>						
Variable dependiente: Peso Unitario estado fresco (Molder normalizados 6"x12")						
HSD Tukey						
(I) Porcentaje de Nano-sílice	(J) Porcentaje de Nano-sílice	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Concreto Patrón	0.5% Nano-sílice	-19,60000	7,02917	,057	-39,5730	,3730
	1.0% Nano-sílice	13,23200	7,02917	,341	-6,7410	33,2050
	1.5% Nano-sílice	28,17600*	7,02917	,002	8,2030	48,1490
	2.0% Nano-sílice	30,34600*	7,02917	,001	10,3730	50,3190
0.5% Nano-sílice	Concreto Patrón	19,60000	7,02917	,057	-,3730	39,5730
	1.0% Nano-sílice	32,83200*	7,02917	,000	12,8590	52,8050
	1.5% Nano-sílice	47,77600*	7,02917	,000	27,8030	67,7490
	2.0% Nano-sílice	49,94600*	7,02917	,000	29,9730	69,9190
1.0% Nano-sílice	Concreto Patrón	-13,23200	7,02917	,341	-33,2050	6,7410
	0.5% Nano-sílice	-32,83200*	7,02917	,000	-52,8050	-12,8590
	1.5% Nano-sílice	14,94400	7,02917	,227	-5,0290	34,9170
	2.0% Nano-sílice	17,11400	7,02917	,125	-2,8590	37,0870
1.5% Nano-sílice	Concreto Patrón	-28,17600*	7,02917	,002	-48,1490	-8,2030
	0.5% Nano-sílice	-47,77600*	7,02917	,000	-67,7490	-27,8030
	1.0% Nano-sílice	-14,94400	7,02917	,227	-34,9170	5,0290
	2.0% Nano-sílice	2,17000	7,02917	,998	-17,8030	22,1430
2.0% Nano-sílice	Concreto Patrón	-30,34600*	7,02917	,001	-50,3190	-10,3730
	0.5% Nano-sílice	-49,94600*	7,02917	,000	-69,9190	-29,9730
	1.0% Nano-sílice	-17,11400	7,02917	,125	-37,0870	2,8590
	1.5% Nano-sílice	-2,17000	7,02917	,998	-22,1430	17,8030

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

De acuerdo con la prueba post hoc HSH Tukey se observa que existen diferencias significativas entre todos los ( $p < 0.05$ ), Por ello, se deduce que hay diferencia significativa entre los diferentes tipos de mezclas ensayadas.

## G. Subconjuntos homogéneos

**Tabla 41:** Cuadro se resumen de significancia

Peso Unitario estado fresco (Molder normalizados 6"x12")				
HSD Tukey <sup>a</sup>				
Porcentaje de Nano-sílice	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
2.0% Nanosílice	10	2372,5950		
1.5% Nano-sílice	10	2374,7650		
1.0% Nano-sílice	10	2389,7090	2389,7090	
Concreto Patrón	10		2402,9410	2402,9410
0.5% Nano-sílice	10			2422,5410
Sig.		,125	,341	,057

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 10,000.

Se observa que la mayor significancia con respecto al concreto patrón se obtiene del concreto con aplicación de Nano-sílice al 1.5% y 2% con respecto al pesos del cemento, con una disminución del peso Unitario.

#### 4.4 Análisis de los ensayos de Contenido aire

Para la prueba de ANOVA el cual analiza las varianzas para determinar la confiabilidad de los ensayos realizados requiere de comprobar la existencia de 4 supuestos en las muestras ensayadas:

- 5) Normalidad en las muestras de ensayos.
- 6) Homogeneidad de varianzas.
- 7) Equivalencia de grupos.
- 8) Independencia de observaciones.

Las hipótesis para el análisis de la resistencia a Compresión serán las siguientes:

- Ho = No existen variaciones significativas en la aplicación de Nano-sílice con respecto a las propiedades del concreto
- H1 = Existe variaciones significativas en la aplicación de Nano-sílice con respecto a las propiedades del concreto

El análisis se realiza al 95% de confiabilidad.

#### A. Prueba de Normalidad

**Tabla 42:** Prueba de normalidad Contenido de aire

Pruebas de normalidad							
	Porcentaje de Nano-sílice	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Contenido de aire (Olla de washington)	Concreto Patrón	,238	3	.	,976	3	,702
	0.5% Nano-sílice	,375	3	.	,774	3	,054
	1.0% Nano-sílice	,328	3	.	,871	3	,298
	1.5% Nano-sílice	,219	3	.	,987	3	,780
	2.0% Nanosílice	,211	3	.	,991	3	,817

a. Corrección de significación de Lilliefors

La prueba de normalidad Kolmogorov\_Smirnov y Shapiro Wilk detalla y muestra el cumplimiento del supuesto de normalidad con los siguientes datos:

- Rango de Estadístico: 0.211 a 0.375
- El grado de libertad: 3

- P (significancia):  $> 0.05$

Se puede observar que se cumple el supuesto de normalidad para las muestras ensayadas. Ya que, ningún grupo no cumple con los supuestos de normalidad por tal motivo se acepta el supuesto de normalidad de los datos de ensayo de contenido de aire.

## B. Homogeneidad de varianzas.

*Tabla 43: Homogeneidad de varianzas del ensayo de Contenido de aire*

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Contenido de aire (Olla de washington)	Se basa en la media	1,260	4	10	,348
	Se basa en la mediana	,180	4	10	,944
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,180	4	6,006	,941
	Se basa en la media recortada	1,119	4	10	,400

La prueba de homogeneidad de varianzas de Levene detalla y muestra el cumplimiento del supuesto de normalidad con los siguientes datos:

- El grado de libertad 1: 4 (cantidad de grupo -1) grado de libertad para la varianza entre los grupos
- El grado de libertad 2: 10 (cantidad de ensayos utilizados - lg -1)
- P (significancia):  $> 0.05$

Se puede observar que se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas para las muestras ensayadas.

## C. Equivalencia de grupos:

Se verifica que se cumple con el supuesto de equivalencia de grupos debido al número de muestras ensayadas, 4 ensayos de resistencia para cada diferente aplicación de Nano-sílice.

## D. Independencia de observaciones:

Se verifica que se cumple con este supuesto de independencia de observaciones, debido a las diferentes adiciones de Nano-sílice aplicadas al concreto que le dan características diferentes.

### E. Aplicación de ANOVA de un factor para verificación de hipótesis.

Mediante la aplicación se verificará y comprobará o se rechazará la hipótesis planteada para el análisis del ensayo. Así, se determinará si hay diferencias en el contenido de de aire en los resultados obtenidos de acuerdo a las aplicaciones planteadas.

**Tabla 44:** ANOVA de un factor para Contenido de aire

ANOVA					
Contenido de aire (Olla de washington)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8,135	4	2,034	106,260	,000
Dentro de grupos	,191	10	,019		
Total	8,327	14			

- F= 106.260
- P=.000 < 0.05 indica que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis de trabajo

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna; por consiguiente, Existe variaciones significativas en la aplicación de Nano-sílice con respecto a las propiedades del concreto

### F. Pruebas Post Hoc

Se realiza el análisis posterior al ANOVA para identificar entre que grupos se encuentran las diferencias significativas del concreto patrón y los concreto con aplicación de Nano-sílice.

Debido a la homogeneidad de varianzas de las muestras se aplicará la prueba Tukey

**Tabla 45:** Comparación de diferencia significativas – Contenido de aire

<b>Comparaciones múltiples</b>						
Variable dependiente: Contenido de aire (Olla de washington)						
HSD Tukey						
(I) Porcentaje de Nano-sílice	(J) Porcentaje de Nano-sílice	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Concreto Patrón	0.5% Nano-sílice	,59667*	,11296	,003	,2249	,9684
	1.0% Nano-sílice	-,51667*	,11296	,007	-,8884	-,1449
	1.5% Nano-sílice	-1,24000*	,11296	,000	-1,6118	-,8682
	2.0% Nano-sílice	-1,34333*	,11296	,000	-1,7151	-,9716
0.5% Nano-sílice	Concreto Patrón	-,59667*	,11296	,003	-,9684	-,2249
	1.0% Nano-sílice	-1,11333*	,11296	,000	-1,4851	-,7416
	1.5% Nano-sílice	-1,83667*	,11296	,000	-2,2084	-1,4649
	2.0% Nano-sílice	-1,94000*	,11296	,000	-2,3118	-1,5682
1.0% Nano-sílice	Concreto Patrón	,51667*	,11296	,007	,1449	,8884
	0.5% Nano-sílice	1,11333*	,11296	,000	,7416	1,4851
	1.5% Nano-sílice	-,72333*	,11296	,001	-1,0951	-,3516
	2.0% Nano-sílice	-,82667*	,11296	,000	-1,1984	-,4549
1.5% Nano-sílice	Concreto Patrón	1,24000*	,11296	,000	,8682	1,6118
	0.5% Nano-sílice	1,83667*	,11296	,000	1,4649	2,2084
	1.0% Nano-sílice	,72333*	,11296	,001	,3516	1,0951
	2.0% Nano-sílice	-,10333	,11296	,885	-,4751	,2684
2.0% Nano-sílice	Concreto Patrón	1,34333*	,11296	,000	,9716	1,7151
	0.5% Nano-sílice	1,94000*	,11296	,000	1,5682	2,3118
	1.0% Nano-sílice	,82667*	,11296	,000	,4549	1,1984

1.5% Nano-sílice	,10333	,11296	,885	-,2684	,4751
------------------	--------	--------	------	--------	-------

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

De acuerdo con la prueba post hoc HSH tukey se observa que existen diferencias significativas entre todos los ( $p < 0.05$ ), Por ello, se deduce que hay diferencia significativa entre los diferentes tipos de concreto ensayados, para 0.5% el contenido de aire disminuye y para las otras dosis el contenido de aire aumenta.

### G. Subconjuntos homogéneos

**Tabla 46:** Cuadro se resumen de significancia - Contenido de aire

Contenido de aire (Olla de washington)					
HSD Tukey <sup>a</sup>					
Porcentaje de Nano-sílice	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0.5% Nano-sílice	3	2,1033			
Concreto Patrón	3		2,7000		
1.0% Nano-sílice	3			3,2167	
1.5% Nano-sílice	3				3,9400
2.0% Nano-sílice	3				4,0433
Sig.		1,000	1,000	1,000	,885

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Se observa que la mayor significancia con respecto al concreto patrón se obtiene del concreto con aplicación de Nano-sílice al 1.5% y 2% con respecto al peso del cemento donde se presenta un aumento del contenido de aire de la mezcla.

## 5. Ensayos de concreto en Estado Endurecido

### Determinación de la resistencia a la compresión del concreto según la normativa

En base a la normativa NTP. 339.034 para una mayor confiabilidad en los resultados obtenidos, se siguió los procedimientos de la normativa mencionada

Se obtuvo a los siguientes resultados según el tipo de mezcla utilizada:

#### A. Resultados del concreto patrón de $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$

A continuación, se muestra los resultados obtenidos de la Resistencia a la compresión en los días ensayados del concreto patrón par un  $F'C = 350 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla 47:** Resistencia a la compresión concreto patrón

Días de Ensayo	Resistencia a la compresión
1	120 kg/cm <sup>2</sup>
3	132 kg/cm <sup>2</sup>
7	205 kg/cm <sup>2</sup>
14	284 kg/cm <sup>2</sup>
28	357 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia.

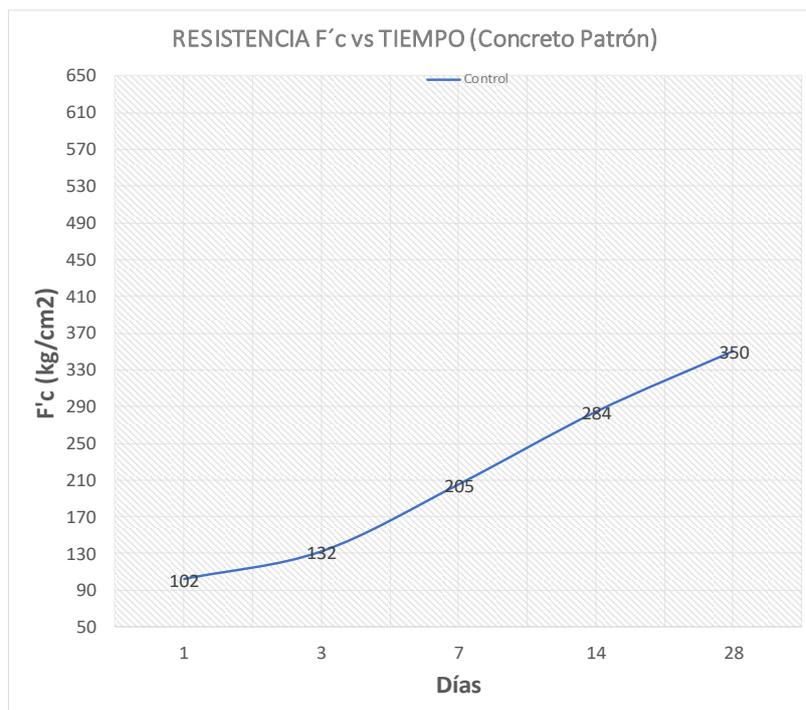


Figura 1: Curva de resistencia del concreto patrón

## B. Resultados Estadísticos del concreto patrón de $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$

Para 1 día:

**Tabla 48:** Estadística Concreto patrón 1 día

CUADRO ESTADISTICO C.P			
<b>DATOS</b>		<b>Mediana</b>	102.33
<b>Días:</b>	1	<b>Varianza (S2)</b>	1.163
<b>Muestras</b>	3	<b>Desv. Estandar (S)</b>	1.079
		<b>Coef. Variación (%)</b>	1.054
<b>F'c obtenidas :</b>		<b>Xmax</b>	103.1
<b>1</b>	101.1	<b>Xmin</b>	101.1
<b>2</b>	103.1		
<b>3</b>	102.8		

Fuente: Elaboración propia.

El coeficiente de variación y desviación estándar al 1 día se encuentran dentro del rango de excelente según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 5).

Para 3 días:

**Tabla 129:** Estadística Concreto patrón 3 día

CUADRO ESTADISTICO CP			
<b>DATOS</b>		<b>Mediana</b>	132.03
<b>Días:</b>	3	<b>Varianza (S2)</b>	2.523
<b>Muestras</b>	3	<b>Desv. Estandar (S)</b>	1.589
		<b>Coef. Variación (%)</b>	1.203
<b>F'c obtenidas :</b>		<b>Xmax</b>	133
<b>1</b>	132.9	<b>Xmin</b>	130.2
<b>2</b>	133		
<b>3</b>	130.2		

Elaboración propia.

El coeficiente de variación y desviación estándar los 3 días se encuentran dentro del rango de excelente según la tabla de valores de dispersión en el control Estadístico del concreto (ver Anexo 5).

Para 7 días:

**Tabla 210:** Estadística Concreto patrón 7 día

<b>CUADRO ESTADISTICO C.P</b>			
<b>DATOS</b>		Mediana	204.60
<b>Días:</b>	7	Varianza (S <sup>2</sup> )	10.690
<b>Muestras</b>	3	Desv. Estandar (S)	3.270
		Coef. Variación (%)	1.598
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	208.3
<b>1</b>	203.4	Xmin	202.1
<b>2</b>	208.3		
<b>3</b>	202.1		

Fuente: Elaboración propia.

El coeficiente de variación y desviación estándar los 7 días se encuentran dentro del rango de excelente según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 5).

Para 14 días:

**Tabla 290:** Estadística Concreto patrón 14 día

<b>CUADRO ESTADISTICO C.P</b>			
<b>DATOS</b>		Mediana	283.80
<b>Días:</b>	14	Varianza (S <sup>2</sup> )	1.390
<b>Muestras</b>	3	Desv. Estandar (S)	1.179
		Coef. Variación (%)	0.415
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	284.8
<b>1</b>	284.8	Xmin	282.5
<b>2</b>	284.1		
<b>3</b>	282.5		

Fuente: Elaboración propia.

El coeficiente de variación y desviación estándar los 3 días se encuentran dentro del rango de excelente según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 5).

Para 28 días:

**Tabla 363:** Estadística Concreto patrón 28 día

<b>CUADRO ESTADISTICO C.P</b>			
<b>DATOS</b>		Mediana	356.65
<b>Días:</b>	28	Varianza (S <sup>2</sup> )	46.537
<b>Muestras</b>	4	Desv. Estandar (S)	6.822
		Coef. Variación (%)	1.913
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	365.5
<b>1</b>	353	Xmin	349.9
<b>2</b>	349.9		
<b>3</b>	365.5		
<b>4</b>	358.2		

Fuente: Elaboración propia.

El coeficiente de variación y desviación estándar los 3 días se encuentran dentro del rango de excelente según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 5).

### C. Resultados del concreto patrón de F'c = 350 kg/cm<sup>2</sup> con adición de Nano-sílice al 0.5%

A continuación, se muestra los resultados obtenidos de la Resistencia a la compresión en los días ensayados del concreto con adición del 0.5% de nano-sílice con respecto al peso del cemento.

**Tabla 420:** resistencia a la compresión NS 0.5%

<b>Días de Ensayo</b>	<b>Resistencia a la compresión</b>
1	237 kg/cm <sup>2</sup>
3	248 kg/cm <sup>2</sup>
7	269 kg/cm <sup>2</sup>
14	313 kg/cm <sup>2</sup>
28	450 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia.

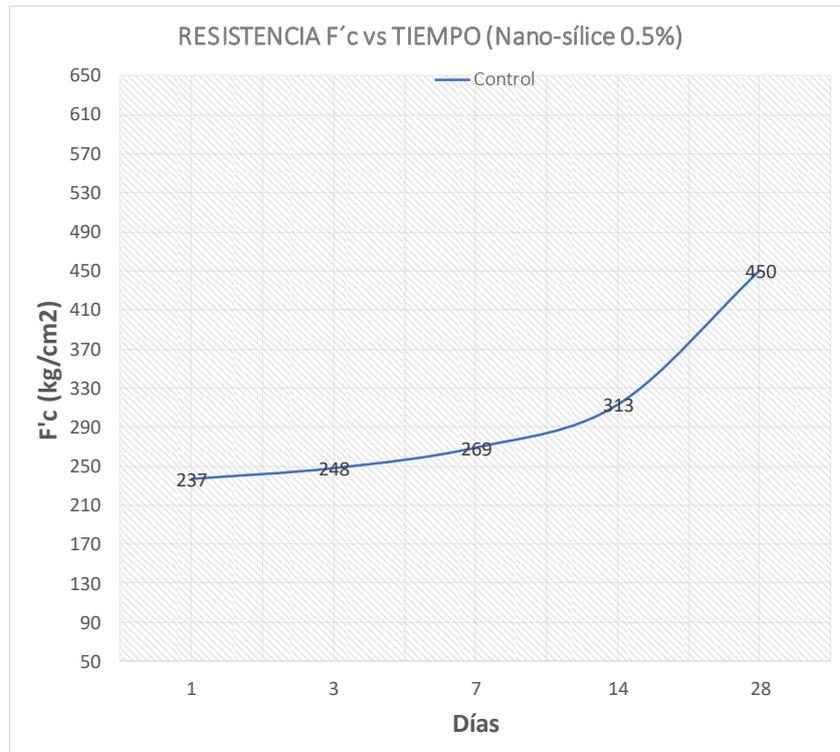


Figura 2: Curva de resistencia del concreto NS 0.5%

El gráfico de la figura 02 muestra el aumento de la resistencia a la compresión del concreto patrón con adición de nano-sílice al 0.5%. En contrastación con los resultados que se muestran en la figura 01 se observa que a las 24 horas la resistencia obtenida por el concreto es de 237 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un aumento del 132% con respecto al concreto patrón, a los 3 días la resistencia obtenida por el concreto es de 248 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un aumento del 87.9% con respecto al concreto patrón, a los 7 días la resistencia obtenida por el concreto es de 269 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un aumento del 31.2% con respecto al concreto patrón, a los 14 días la resistencia obtenida por el concreto es de 313 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un aumento del 10 % con respecto al concreto patrón y a los 28 días la resistencia obtenida por el concreto es de 450 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un aumento del 28% con respecto al concreto patrón. Finalmente se corrobora que el Nano-sílice al 0.5% aumenta a la resistencia a la compresión del concreto.

**D. Resultados Estadísticos para validación de resultados del concreto patrón de  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  con adición de Nano-sílice al 0.5%**

**Para 1 días:**

**Tabla 468:** Estadística Concreto N.S 0.5 - 1 día

<b>CUADRO ESTADISTICO N.S 0.5%</b>			
<b>DATOS</b>		Mediana	237.475
<b>Días:</b>	1	Varianza (S2)	2.589
<b>Muestras</b>	4	Desv. Estandar (S)	1.609
		Coef. Variación (%)	0.678
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	235.3
<b>1</b>	238.3	Xmin	239
<b>2</b>	237.3		
<b>3</b>	239		
<b>4</b>	235.3		

Fuente: Elaboración propia.

El coeficiente de variación y desviación estándar los 3 días se encuentran dentro del rango de excelente según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 5).

**Para 3 días:**

**Tabla 516:** Estadística Concreto N.S 0.5 - 3 día

<b>DATOS</b>		Mediana	248.2	
<b>Días:</b>	3	Varianza (S2)	26.680	
<b>Muestras</b>	4	Desv. Estandar (S)	5.165	
		Coef. Variación (%)	2.081	
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	252.5	
<b>1</b>	250.1	Xmin	240.7	
<b>2</b>	240.7			
<b>3</b>	252.5			
<b>4</b>	249.5			

Fuente: Elaboración propia.

El coeficiente de variación y desviación estándar los 3 días se encuentran dentro del rango de excelente según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 5).

Para 7 días:

**Tabla 56:** Estadística Concreto N.S 0.5 - 7 día

<b>CUADRO ESTADISTICO N.S 0.5%</b>			
<b>DATOS</b>		Mediana	268.65
<b>Días:</b>	7	Varianza (S <sup>2</sup> )	121.510
<b>Muestras</b>	4	Desv. Estandar (S)	11.023
		Coef. Variación (%)	4.103
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	283.4
<b>1</b>	266.9	Xmin	256.7
<b>2</b>	283.4		
<b>3</b>	256.7		
<b>4</b>	267.6		

Fuente: Elaboración propia.

El coeficiente de variación y desviación estándar los 7 días se encuentran dentro del rango de bueno y excelente respectivamente, según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 5).

Para 14 días:

**Tabla 57:** Estadística Concreto N.S 0.5 - 14 día

<b>CUADRO ESTADISTICO N.S 0.5%</b>			
<b>DATOS</b>		Mediana	312.55
<b>Días:</b>	14	Varianza (S <sup>2</sup> )	17.897
<b>Muestras</b>	4	Desv. Estandar (S)	4.230
		Coef. Variación (%)	1.354
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	316.6
<b>1</b>	306.6	Xmin	306.6
<b>2</b>	313.7		
<b>3</b>	316.6		
<b>4</b>	313.3		

Fuente: Elaboración propia.

El coeficiente de variación y desviación estándar los 14 días se encuentran dentro del rango de excelente según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 5).

**Para 28 días:**

**Tabla 58:** Estadística Concreto N.S 0.5 - 28 día

<b>CUADRO ESTADISTICO N.S 0.5%</b>			
<b>DATOS</b>		Mediana	450.3
<b>Días:</b>	28	Varianza (S2)	140.713
<b>Muestras</b>	4	Desv. Estandar (S)	11.862
		Coef. Variación (%)	2.634
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	465.5
<b>1</b>	465.5	Xmin	437.8
<b>2</b>	437.8		
<b>3</b>	452.9		
<b>4</b>	445		

Fuente: Elaboración propia.

El coeficiente de variación y desviación estándar los 3 días se encuentran dentro del rango de muy bueno y excelente respectivamente, según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 5).

**E. Resultados del concreto patrón de F'c = 350 kg/cm2 con adición de Nano-sílice al 1.0%**

A continuación, se muestra los resultados obtenidos de la Resistencia a la compresión en los días ensayados del concreto con adición del 1.0% de nano-sílice con respecto al peso del cemento.

**Tabla 59:** resistencia a la compresión NS 1.0%

<b>Días de Ensayo</b>	<b>Resistencia a la compresión</b>
1	217 kg/cm2
3	239 kg/cm2
7	288 kg/cm2
14	442 kg/cm2
28	474 kg/cm2

Fuente: Elaboración propia

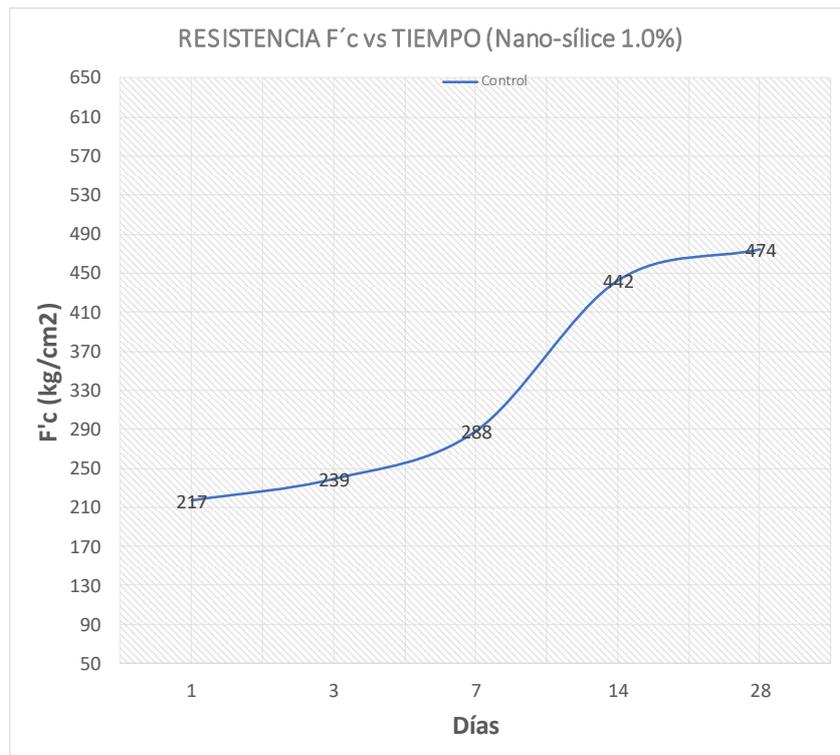


Figura 3: Curva de resistencia del concreto NS 1.0%

El gráfico de la figura 03 muestra el aumento de la resistencia a la compresión del concreto patrón con adición de nano-sílice al 1.0%. En contrastación con los resultados que se muestran en la figura 01 se observa que a las 24 horas la resistencia obtenida por el concreto es de 217 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un aumento del 112% con respecto al concreto patrón, a los 3 días la resistencia obtenida por el concreto es de 239 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un aumento del 81.6% con respecto al concreto patrón, a los 7 días la resistencia obtenida por el concreto es de 288 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un aumento del 40.5% con respecto al concreto patrón, a los 14 días la resistencia obtenida por el concreto es de 442 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un aumento del 55.6% con respecto al concreto patrón y a los 28 días la resistencia obtenida por el concreto es de 474 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un aumento del 35% con respecto al concreto patrón. Finalmente se corrobora que el Nano-sílice al 1.0% aumenta a la resistencia a la compresión del concreto en mayor medida que al 0.5% a los 7, 14 y 28 días.

**F. Resultados Estadísticos del concreto patrón de  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  con adición de Nano-sílice al 1.0%**

**Para 1 día:**

**Tabla 60:** Estadística Concreto N.S 1.0 - 1 día

<b>CUADRO ESTADISTICO N.S 1.0%</b>			
<b>DATOS</b>		Mediana	216.9
<b>Días:</b>	1	Varianza (S2)	5.360
<b>Muestras</b>	4	Desv. Estandar (S)	2.315
		Coef. Variación (%)	1.067
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	219.7
<b>1</b>	215.1	Xmin	214.9
<b>2</b>	219.7		
<b>3</b>	217.9		
<b>4</b>	214.9		

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de variación y desviación estándar al 1 día se encuentran dentro del rango de excelente según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 18).

**Para 3 días:**

**Tabla 597:** Estadística Concreto N.S 1.0 - 3 día

<b>CUADRO ESTADISTICO N.S 1.0%</b>			
<b>DATOS</b>		Mediana	238.725
<b>Días:</b>	3	Varianza (S2)	1.449
<b>Muestras</b>	4	Desv. Estandar (S)	1.204
		Coef. Variación (%)	0.504
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	240.4
<b>1</b>	237.9	Xmin	237.8
<b>2</b>	237.8		
<b>3</b>	240.4		
<b>4</b>	238.8		

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de variación y desviación estándar a los 3 días se encuentran dentro del rango de excelente según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 18).

**Para 7 días:**

**Tabla 678: Estadística Concreto N.S 1.0 - 7 día**

<b>CUADRO ESTADISTICO N.S 1.0%</b>			
<b>DATOS</b>		Mediana	287.875
<b>Días:</b>	7	Varianza (S2)	633.669
<b>Muestras</b>	4	Desv. Estandar (S)	25.173
		Coef. Variación (%)	8.744
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	312.8
<b>1</b>	312.8	Xmin	253.9
<b>2</b>	253.9		
<b>3</b>	285.9		
<b>4</b>	298.9		

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de variación y desviación estándar a los 7 días se encuentran dentro del rango de excelente y suficiente respectivamente, según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 18).

**Para 14 días:**

**Tabla 758: Estadística Concreto N.S 1.0 - 14 día**

<b>CUADRO ESTADISTICO N.S 1.0%</b>			
<b>DATOS</b>		Mediana	442.075
<b>Días:</b>	14	Varianza (S2)	147.896
<b>Muestras</b>	4	Desv. Estandar (S)	12.161
		Coef. Variación (%)	2.751
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	426.3
<b>1</b>	455.9	Xmin	455.9
<b>2</b>	426.3		
<b>3</b>	442.1		
<b>4</b>	444		

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de variación y desviación estándar los 14 días se encuentran dentro del rango de muy bueno y excelente respectivamente, según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 18).

Para 28 días:

**Tabla 831:** Estadística Concreto N.S 1.0 - 28 día

CUADRO ESTADISTICO N.S 1.0%			
<b>DATOS</b>		Mediana	473.775
<b>Días:</b>	28	Varianza (S2)	117.316
<b>Muestras</b>	4	Desv. Estandar (S)	10.831
		Coef. Variación (%)	2.286
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	485.3
<b>1</b>	469.9	Xmin	460.6
<b>2</b>	485.3		
<b>3</b>	460.6		
<b>4</b>	479.3		

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de variación y desviación estándar a los 28 días se encuentran dentro del rango de muy bueno y excelente respectivamente, según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 18).

#### G. Resultados del concreto patrón de F'c = 350 kg/cm<sup>2</sup> con adición de Nano-sílice al 1.5%

A continuación, se muestra los resultados obtenidos de la Resistencia a la compresión en los días ensayados del concreto con adición del 1.5% de nano-sílice con respecto al peso del cemento.

**Tabla 888:** resistencia a la compresión NS 1.5%

Días de Ensayo	Resistencia a la compresión
1	235 kg/cm <sup>2</sup>
3	270 kg/cm <sup>2</sup>
7	333 kg/cm <sup>2</sup>
14	445 kg/cm <sup>2</sup>
28	501 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

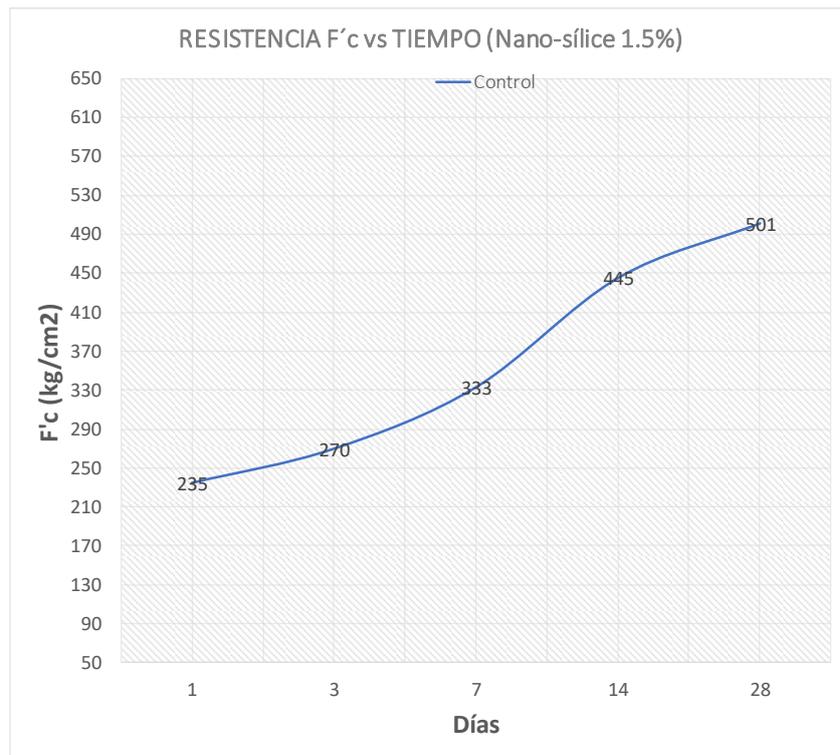


Figura 4: Curva de resistencia del concreto NS 1.5%

El gráfico de la figura 4 muestra el aumento de la resistencia a la compresión del concreto patrón con adición de nano-sílice al 1.5%. En contrastación con los resultados que se muestran en la figura 1 se observa que a las 24 horas la resistencia obtenida por el concreto es de 235 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un aumento del 130.4% con respecto al concreto patrón, a los 3 días la resistencia obtenida por el concreto es de 270 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un aumento del 104.5% con respecto al concreto patrón, a los 7 días la resistencia obtenida por el concreto es de 333 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un aumento del 62.4% con respecto al concreto patrón, a los 14 días la resistencia obtenida por el concreto es de 445 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un aumento del 56.7 % con respecto al concreto patrón y a los 28 días la resistencia obtenida por el concreto es de 501 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un aumento del 43.1% con respecto al concreto patrón. Finalmente se corrobora que el Nano-sílice al 1.5% aumenta a la resistencia a la compresión del concreto en mayor medida que al 0.5% y 1.0% a los 3, 7, 14 y 28 días.

## H. Resultados estadísticos del concreto patrón de F'c = 350 kg/cm<sup>2</sup> con adición de Nano-sílice al 1.5%

Para 1 día:

**Tabla 937:** Estadística Concreto N.S 1.5 - 1 día

CUADRO ESTADISTICO N.S 1.5%			
<b>DATOS</b>		Mediana	235
<b>Días:</b>	1	Varianza (S <sup>2</sup> )	5.380
<b>Muestras</b>	4	Desv. Estandar (S)	2.319
		Coef. Variación (%)	0.987
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	233.3
<b>1</b>	238.4	Xmin	238.4
<b>2</b>	233.3		
<b>3</b>	233.8		
<b>4</b>	234.5		

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de variación y desviación estándar al 1 día se encuentran dentro del rango de excelente según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 18).

Para 3 días:

**Tabla 1018:** Estadística Concreto N.S 1.5 - 3 día

CUADRO ESTADISTICO N.S 1.5%			
<b>DATOS</b>		Mediana	269.95
<b>Días:</b>	3	Varianza (S <sup>2</sup> )	57.830
<b>Muestras</b>	4	Desv. Estandar (S)	7.605
		Coef. Variación (%)	2.817
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	274.8
<b>1</b>	273.3	Xmin	258.6
<b>2</b>	258.6		
<b>3</b>	274.8		
<b>4</b>	273.1		

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de variación y desviación estándar a los 3 días se encuentran dentro del rango de muy bueno y excelente respectivamente, según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 18).

Para 7 días:

**Tabla 1099:** Estadística Concreto N.S 1.5 - 7 día

CUADRO ESTADISTICO N.S 1.5%			
<b>DATOS</b>		Mediana	332.625
<b>Días:</b>	7	Varianza (S2)	361.616
<b>Muestras</b>	4	Desv. Estandar (S)	19.016
		Coef. Variación (%)	5.717
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	352.6
<b>1</b>	352.6	Xmin	306.8
<b>2</b>	306.8		
<b>3</b>	336.5		
<b>4</b>	334.6		

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de variación y desviación estándar a los 7 días se encuentran dentro del rango de bueno según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 18).

Para 14 días:

**Tabla 1179:** Estadística Concreto N.S 1.5 - 14 día

CUADRO ESTADISTICO N.S 1.5%			
<b>DATOS</b>		Mediana	445.25
<b>Días:</b>	14	Varianza (S2)	4.017
<b>Muestras</b>	4	Desv. Estandar (S)	2.004
		Coef. Variación (%)	0.450
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	446.7
<b>1</b>	446.7	Xmin	442.6
<b>2</b>	444.8		
<b>3</b>	442.6		
<b>4</b>	446.9		

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de variación y desviación estándar a los 14 días se encuentran dentro del rango de excelente según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 18).

Para 28 días:

**Tabla 1251:** Estadística Concreto N.S 1.5 - 28 día

<b>CUADRO ESTADISTICO N.S 1.5%</b>			
<b>DATOS</b>		Mediana	500.875
<b>Días:</b>	28	Varianza (S <sup>2</sup> )	11.982
<b>Muestras</b>	4	Desv. Estandar (S)	3.462
		Coef. Variación (%)	0.691
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	505.2
<b>1</b>	505.2	Xmin	496.8
<b>2</b>	500.2		
<b>3</b>	496.8		
<b>4</b>	501.3		

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de variación y desviación estándar a los 28 días se encuentran dentro del rango de excelente según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 18).

#### **I. Resultados del concreto patrón de F'c = 350 kg/cm<sup>2</sup> con adición de Nano-sílice al 2.0%**

A continuación, se muestra los resultados obtenidos de la Resistencia a la compresión en los días ensayados del concreto con adición del 2.0% de nano-sílice con respecto al peso del cemento.

**Tabla 1299:** resistencia a la compresión NS 2.0%

<b>Días de Ensayo</b>	<b>Resistencia a la compresión</b>
1	232 kg/cm <sup>2</sup>
3	242 kg/cm <sup>2</sup>
7	370 kg/cm <sup>2</sup>
14	493 kg/cm <sup>2</sup>
28	535 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

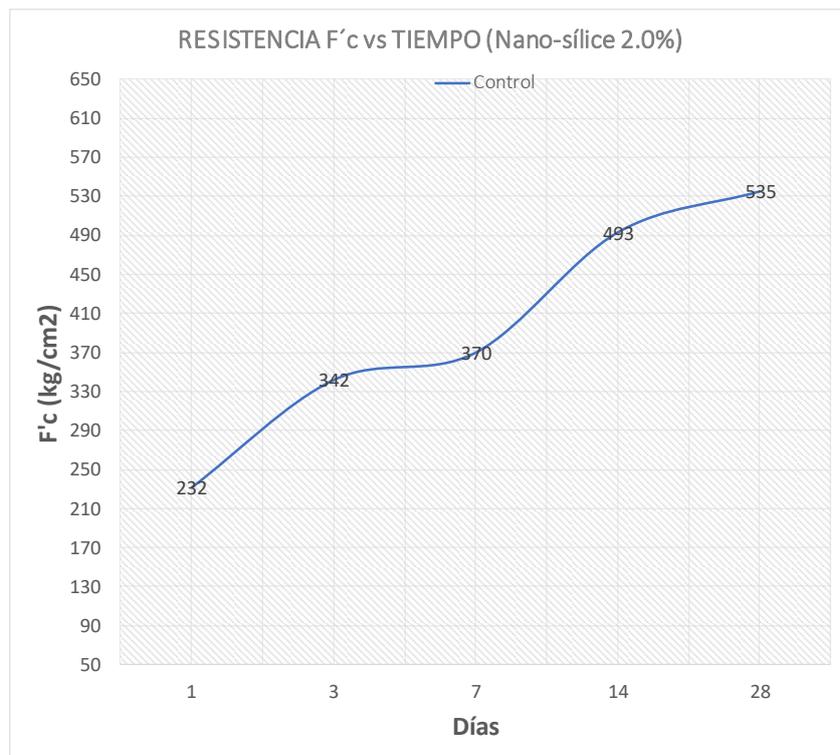


Figura 5: Curva de resistencia del concreto NS 2.0%

El gráfico de la figura 05 muestra el aumento de la resistencia a la compresión del concreto patrón con adición de nano-sílice al 2.0%. En contrastación con los resultados que se muestran en la figura 01 se observa que a las 24 horas la resistencia obtenida por el concreto es de 232 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un aumento del 127.5% con respecto al concreto patrón, a los 3 días la resistencia obtenida por el concreto es de 342 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un aumento del 159.1% con respecto al concreto patrón, a los 7 días la resistencia obtenida por el concreto es de 370 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un aumento del 80.5% con respecto al concreto patrón, a los 14 días la resistencia obtenida por el concreto es de 493 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un aumento del 73.6 % con respecto al concreto patrón y a los 28 días la resistencia obtenida por el concreto es de 535 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un aumento del 52.9% con respecto al concreto patrón. Finalmente se corrobora que el Nano-sílice al 2.0% aumenta a la resistencia a la compresión del concreto en mayor medida que al 0.5%, 1.0% y 1.5% a los 3, 7, 14 y 28 días.

**J. Resultados de calidad estadísticos del concreto patrón de  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  con adición de Nano-sílice al 2.0%**

**Para 1 día:**

**Tabla 1315: Estadística Concreto N.S 2.0 - 1 día**

<b>CUADRO ESTADISTICO N.S 2.0%</b>			
<b>DATOS</b>		Mediana	231.925
<b>Días:</b>	1	Varianza (S2)	24.623
<b>Muestras</b>	4	Desv. Estandar (S)	4.962
		Coef. Variación (%)	2.140
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	236.3
<b>1</b>	236	Xmin	226.6
<b>2</b>	236.3		
<b>3</b>	228.8		
<b>4</b>	226.6		

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de variación y desviación estándar al 1 día se encuentran dentro del rango de muy bueno y excelente respectivamente, según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 18).

**Para 3 días:**

**Tabla 1316: Estadística Concreto N.S 2.0 - 3 día**

<b>CUADRO ESTADISTICO N.S 2.0%</b>			
<b>DATOS</b>		Mediana	341.65
<b>Días:</b>	3	Varianza (S2)	6.430
<b>Muestras</b>	4	Desv. Estandar (S)	2.536
		Coef. Variación (%)	0.742
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	344.6
<b>1</b>	340.9	Xmin	338.6
<b>2</b>	344.6		
<b>3</b>	342.5		
<b>4</b>	338.6		

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de variación y desviación estándar a los 3 días se encuentran dentro del rango de excelente según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 18).

**Para 7 días:**

**Tabla 1317:** Estadística Concreto N.S 2.0 - 7 día

<b>CUADRO ESTADISTICO C.P</b>			
<b>DATOS</b>		Mediana	369.95
<b>Días:</b>	7	Varianza (S <sup>2</sup> )	30.083
<b>Muestras</b>	4	Desv. Estandar (S)	5.485
		Coef. Variación (%)	1.483
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	377.4
<b>1</b>	364.6	Xmin	364.6
<b>2</b>	370.3		
<b>3</b>	377.4		
<b>4</b>	367.5		

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de variación y desviación estándar a los 7 días se encuentran dentro del rango de excelente según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 18).

**Para 14 días:**

**Tabla 1318:** Estadística Concreto N.S 2.0 - 14 día

<b>CUADRO ESTADISTICO C.P</b>			
<b>DATOS</b>		Mediana	492.8
<b>Días:</b>	14	Varianza (S <sup>2</sup> )	27.173
<b>Muestras</b>	4	Desv. Estandar (S)	5.213
		Coef. Variación (%)	1.058
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	497.8
<b>1</b>	496.2	Xmin	396.2
<b>2</b>	486.4		
<b>3</b>	497.8		
<b>4</b>	490.8		

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de variación y desviación estándar a los 14 días se encuentran dentro del rango de excelente según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 18).

Para 28 días:

**Tabla 1319:** Estadística Concreto N.S 2.0 - 28 día

CUADRO ESTADISTICO N.S 2.0%			
<b>DATOS</b>		Mediana	534.9
<b>Días:</b>	28	Varianza (S <sup>2</sup> )	91.300
<b>Muestras</b>	4	Desv. Estandar (S)	9.555
		Coef. Variación (%)	1.786
<b>F'c obtenidas :</b>		Xmax	540.6
<b>1</b>	540.6	Xmin	520.7
<b>2</b>	520.7		
<b>3</b>	540.5		
<b>4</b>	537.8		

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de variación y desviación estándar a los 3 días se encuentran dentro del rango de excelente según la tabla de valores de dispersión en el control de concreto (ver Anexo 18).

Debido a los resultados de coeficiente de variación y desviación estándar obtenidos, 90% en el rango excelente, se determina que los ensayos de la investigación y por consiguiente sus resultados tienen un alto grado de confiabilidad.

### K. Resumen de los resultados de resistencia a la compresión

**Tabla 1320:** Resumen de resistencia a la compresión obtenidas

Día Ensayo	Resistencia a la compresión				
	CP	NS 0.5%	NS 1.0%	NS 1.5%	NS 2.0%
1	102 kg/cm <sup>2</sup>	237 kg/cm <sup>2</sup>	217 kg/cm <sup>2</sup>	235 kg/cm <sup>2</sup>	232 kg/cm <sup>2</sup>
3	132 kg/cm <sup>2</sup>	248 kg/cm <sup>2</sup>	239 kg/cm <sup>2</sup>	270 kg/cm <sup>2</sup>	342 kg/cm <sup>2</sup>
7	205 kg/cm <sup>2</sup>	269 kg/cm <sup>2</sup>	288 kg/cm <sup>2</sup>	333 kg/cm <sup>2</sup>	370 kg/cm <sup>2</sup>
14	284 kg/cm <sup>2</sup>	313 kg/cm <sup>2</sup>	442 kg/cm <sup>2</sup>	445 kg/cm <sup>2</sup>	493 kg/cm <sup>2</sup>
28	350 kg/cm <sup>2</sup>	450 kg/cm <sup>2</sup>	474 kg/cm <sup>2</sup>	501 kg/cm <sup>2</sup>	535 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

Nota: la tabla 77 muestra las cantidades de resistencia a la compresión con respecto al porcentaje de Nano-sílice aplicado y evaluado a los días 1, 3, 7, 14, 28 días.

Día Ensayo	Resistencia a la compresión				
	CP	NS 0.5%	NS 1.0%	NS 1.5%	NS 2.0%
1	-	132%	112%	130.4%	127.5%
3	-	87.9%	81.6%	104.5%	159.50%
7	-	31.20%	40.5%	62.4%	80.5%
14	-	10%	55.6%	56.7%	73.6%
28	-	28%	35%	43.1%	52.9%

**Tabla 1321:** Porcentajes de aumento de la resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración propia

Nota: la tabla 77 muestra el porcentaje de aumento al concreto patrón en la resistencia a la compresión con respecto al porcentaje de Nano-sílice aplicado y evaluado a los días 1, 3, 7, 14, 28 días.

## 6. Evaluación estadística para la validez, confiabilidad y significancia de los resultados de Resistencia a la Compresión a los 28 días.

Para la prueba de ANOVA el cual analiza las varianzas para determinar la confiabilidad de los ensayos realizados requiere de comprobar la existencia de 4 supuestos en las muestras ensayadas:

- 9) Normalidad en las muestras de ensayos.
- 10) Homogeneidad de varianzas.
- 11) Equivalencia de grupos.
- 12) Independencia de observaciones.

Las hipótesis para el análisis de la resistencia a Compresión serán las siguientes:

- Ho = No existen variaciones significativas en la aplicación de Nano-sílice con respecto a las propiedades del concreto
- H1 = Existe variaciones significativas en la aplicación de Nano-sílice con respecto a las propiedades del concreto

El análisis se realiza al 95% de confiabilidad.

### A. Prueba de Normalidad

**Tabla 1322:** Prueba de normalidad R. Concreto

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
Porcentaje de Nano-sílice		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia la compresión a los 28 días	Concreto Patrón	,204	4	.	,962	4	,789
	0.5% de Nano-sílice	,172	4	.	,981	4	,909
	1.0% de Nano-sílice	,195	4	.	,977	4	,882
	1.5% de Nano-sílice	,201	4	.	,987	4	,941
	2.0% de Nano-sílice	,284	4	.	,811	4	,123

Nota: a. Corrección de significación de Lilliefors

La prueba de normalidad Kolmogorov\_Smirnov y Shapiro Wilk detalla y muestra el cumplimiento del supuesto de normalidad con los siguientes datos:

- Rango de Estadístico: 0.172 a 0.284
- El grado de libertad: 10
- P (significancia):  $> 0.05$

Se puede observar que se cumple el supuesto de normalidad para las muestras ensayadas. Ya que, ningún grupo no cumple con los supuestos de normalidad por tal motivo se acepta el supuesto de normalidad de los datos de ensayo a compresión

## B. Homogeneidad de varianzas.

**Tabla 1323:** Homogeneidad de varianzas del ensayo de Resistencia a la Compresión

		Prueba de homogeneidad de varianzas			
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia la compresión a los 28 días	Se basa en la media	2,272	4	15	,110
	Se basa en la mediana	2,051	4	15	,139
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2,051	4	10,593	,159
	Se basa en la media recortada	2,273	4	15	,110

La prueba de homogeneidad de varianzas de Levene detalla y muestra el cumplimiento del supuesto de normalidad con los siguientes datos:

- El grado de libertad 1: 4 (cantidad de grupo -1) grado de libertad para la varianza entre los grupos
- El grado de libertad 2: 15 (cantidad de ensayos utilizados - lg -1)
- P (significancia):  $> 0.05$

Se puede observar que se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas para las muestras ensayadas.

### C. Equivalencia de grupos:

Se verifica que se cumple con el supuesto de equivalencia de grupos debido al número de muestras ensayadas, 4 ensayos de resistencia para cada diferente aplicación de Nano-sílice.

### D. Independencia de observaciones:

Se verifica que se cumple con este supuesto de independencia de observaciones, debido a las diferentes adiciones de Nano-sílice aplicadas al concreto que le dan características diferentes.

### E. Aplicación de ANOVA de un factor para verificación de hipótesis.

Mediante la aplicación se verificará y comprobará o se rechazará la hipótesis planteada para el análisis del ensayo. Así, se determinará si hay diferencias en la resistencia en los resultados obtenidos de acuerdo a las aplicaciones planteadas.

*Tabla 1324: ANOVA de un factor para Resistencia al concreto*

ANOVA					
Resistencia la compresión a los 28 días					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	74217,555	4	18554,389	274,326	,000
Dentro de grupos	1014,545	15	67,636		
Total	75232,100	19			

- **F= 274.326**
- **P=.000** < 0.05 indica que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis de trabajo

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna; por consiguiente, Existe variaciones significativas en la aplicación de Nano-sílice con respecto a las propiedades del concreto

## F. Pruebas Post Hoc

Se realiza el análisis posterior al ANOVA para identificar entre que grupos se encuentran las diferencias significativas del concreto patrón y los concreto con aplicación de Nano-sílice.

Debido a la homogeneidad de varianzas de las muestras se aplicará la prueba Tukey

**Tabla 1325:** Comparación de diferencia significativas

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia la compresión a los 28 días						
HSD Tukey						
Porcentaje de Nano-sílice (I)	Porcentaje de Nano-sílice (J)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Concreto Patrón	0.5% de Nano-sílice	-93,65000*	5,81534	,000	-111,6073	-75,6927
	1.0% de Nano-sílice	-117,12500*	5,81534	,000	-135,0823	-99,1677
	1.5% de Nano-sílice	-144,22500*	5,81534	,000	-162,1823	-126,2677
	2.0% de Nano-sílice	-180,75000*	5,81534	,000	-198,7073	-162,7927
0.5% de Nano-sílice	Concreto Patrón	93,65000*	5,81534	,000	75,6927	111,6073
	1.0% de Nano-sílice	-23,47500*	5,81534	,008	-41,4323	-5,5177
	1.5% de Nano-sílice	-50,57500*	5,81534	,000	-68,5323	-32,6177
	2.0% de Nano-sílice	-87,10000*	5,81534	,000	-105,0573	-69,1427
1.0% de Nano-sílice	Concreto Patrón	117,12500*	5,81534	,000	99,1677	135,0823
	0.5% de Nano-sílice	23,47500*	5,81534	,008	5,5177	41,4323
	1.5% de Nano-sílice	-27,10000*	5,81534	,002	-45,0573	-9,1427
	2.0% de Nano-sílice	-63,62500*	5,81534	,000	-81,5823	-45,6677
1.5% de Nano-sílice	Concreto Patrón	144,22500*	5,81534	,000	126,2677	162,1823
	0.5% de Nano-sílice	50,57500*	5,81534	,000	32,6177	68,5323
	1.0% de Nano-sílice	27,10000*	5,81534	,002	9,1427	45,0573
	2.0% de Nano-sílice	-36,52500*	5,81534	,000	-54,4823	-18,5677

2.0% de Nano-sílice	Concreto Patrón	180,75000*	5,81534	,000	162,7927	198,7073
	0.5% de Nano-sílice	87,10000*	5,81534	,000	69,1427	105,0573
	1.0% de Nano-sílice	63,62500*	5,81534	,000	45,6677	81,5823
	1.5% de Nano-sílice	36,52500*	5,81534	,000	18,5677	54,4823

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

De acuerdo con la prueba post hoc HSH Tukey se observa que existen diferencias significativas entre todos los ( $p < 0.05$ ), Por ello, se deduce que hay diferencia significativa entre los diferentes tipos de concreto ensayados.

### G. Subconjuntos homogéneos

**Tabla 1326:** Tabla de subconjuntos homogéneos R. a la compresión

Resistencia la compresión a los 28 días						
HSD Tukey <sup>a</sup>						
Porcentaje de Nano-sílice	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
Concreto Patrón	4	356,6500				
0.5% de Nano-sílice	4		450,3000			
1.0% de Nano-sílice	4			473,7750		
1.5% de Nano-sílice	4				500,8750	
2.0% de Nano-sílice	4					537,4000
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Nota: En la tabla Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Se observa que la mayor significancia con respecto al concreto patrón se obtiene del concreto con aplicación de Nano-sílice al 2% con respecto al pesos del cemento.

#### IV. DISCUSIÓN

En referencia a los resultados obtenidos, no se concuerda con los resultados obtenidos en la investigación de Escobedo (2014) y Loayza (2017) donde se indica que la dosis óptima de nano-sílice es de 1.5% y 1%, con lo cual discrepa con los resultados de la presente investigación que obtienen mejores resultados al 2% de nano-sílice con respecto al 1.5%, también utilizado en la investigación. Por otro lado, se concuerda con los resultados de Roldan y Vargas (2018) que la nano-sílice mejora las propiedades de resistencia y trabajabilidad del concreto; sin embargo, la utilización de otro aditivo como Sika Visconcrete puede influir en la concordancia de resultados.

La nano-sílice es un material que busca reemplazar o sustituir parcialmente el uso de la micro-sílice en la elaboración de concreto, para Laínez, Martínez, et al (2012) el uso de micro-sílice disminuyó el asentamiento de su concreto base de 10 ½ pulg a 3 pulg para el porcentaje 17% de micro-sílice, que arrojó los mejores resultados con respecto a la resistencia a la compresión, una disminución del 70% de asentamiento aproximadamente; mientras los resultados que se obtuvieron en la presente tesis arrojan resultados, para el uso de 2% de nano-sílice, un aumento 231.25% con respecto al concreto base, generando un aumento en discordancia con la micro-sílice que genera una disminución en el asentamiento y por ende en la trabajabilidad. Sin embargo, se concuerda con los resultados de Escobedo (2014) y Roldan y Vargas (2018) quienes a los porcentajes de 1.5% y 0.5% de nano-sílice respectivamente, dosis óptimas según sus estudios, obtuvieron mejoras de 14% y 400% aproximadamente, los diferentes resultados obtenidos se pueden producir por la utilización de otros aditivos superplastificantes y utilizados por los otros investigadores.

Existe una concordancia con las conclusiones de los resultados de peso específico del concreto entre Roldan y Vargas (2018), Escobedo (2014) y la presente tesis, ya que el uso de la nano-sílice produce una variación de 1% aproximadamente en el peso específico del concreto, una variación poco influyente en la propiedad mencionada. Además, los resultados que se muestran se encuentran dentro del rango establecido en la NTP. 339.046.

Los resultados de contenido de aire del concreto para Laínez, Martínez, et al (2012) muestran un aumento del 100% aproximadamente para el uso de micro-sílice al 17%, así mismo el uso de nano-sílice también produce un aumento en el contenido de aire, llegando a 50% aproximadamente para 2% de nano-sílice. Sin embargo, existe una discrepancia con Roldan

y Vargas (2018) y otros estudios donde se menciona que el uso de nano-sílice disminuye o varía en porcentajes despreciables el contenido de aire; según estudios el nano-sílice disminuye la porosidad y el aire contenido en el concreto.

Para Laínez, Martínez, et al (2012) el uso de micro-sílice para un concreto base con superplastificante generó un aumento del 36 % en la resistencia a la compresión, sin embargo, el solo uso de nano-sílice para el concreto base de esta investigación generó un aumento del 53% en la resistencia, sin necesidad de superplastificantes u otro aditivo para evitar la modificación del concreto base y obtener el objetivo de la investigación. Así mismo, las investigaciones de Morejon (2015) llegó a un aumento del 50% con el uso de nano-sílice, superplastificante y micro-sílice; Sánchez, Bernal, et al (2016) llegó a un aumento del 36% con el uso de nano-sílice, superplastificante y micro-sílice, Roldan y Vargas (2018) llegaron a un aumento del 10% con el uso de nano-sílice, superplastificante y micro-sílice.

Se produce una discordancia entre los resultados que se han obtenido en esta investigación con los resultados de los investigadores Loayza (2017), Roldan y Vargas (2018) y Escobedo (2014) quienes llegan a concluir que las dosis óptimas de nano-sílice son los porcentajes 1%, 0.5% y 1.5% respectivamente para cada investigación, mientras este estudio llegó a concluir que la dosis óptima es de 2% de nano-sílice y porcentajes mayores también pueden seguir mejorando en mayor medida. Otros autores mencionan que el uso de nano-sílice en porcentajes iguales o mayores al 1.5% o 2% producen una segregación al concreto o la resistencia empieza a disminuir, como Escobedo (2014) donde en porcentaje de 3% de nano-sílice llega a presentar una segregación en el concreto.

## V. CONCLUSIONES

La presente investigación realizó el uso de aplicar nano-sílice a un concreto base de 350 Kg/cm<sup>2</sup> sin modificar su diseño base, en comparación a otras investigaciones donde se modifica algún aspecto del diseño base como su relación agua-cemento, adición de micro-sílice, adición de superplastificantes, entre otros; se observa que el uso de nano-sílice sin modificar el concreto base llegó a obtener mejores resultados que varios antecedentes en comparación de porcentajes.

En el proceso investigación se concluyó que el tiempo de mezclado es un factor importante para el uso de la Nano-sílice. Los ensayos de Consistencia muestran que con forme se aumenta el porcentaje de Nano-sílice la consistencia del concreto base de 350 kg/cm<sup>2</sup> aumenta, obteniendo un aumento en los porcentajes de 43.75%, 137.5%, 203.1%, 231.25% con respecto a cada dosis de Nano-sílice. La nano-sílice tiene un poder plastificante que ayuda a la trabajabilidad del concreto significativamente, sin embargo, la falta de conocimiento del uso de esta adición con el concreto puede causar la segregación de la mezcla. Otro punto importante que se concluye de las mezclas previas son el uso de superplastificantes, donde se observó que el uso de superplastificante con la nano-sílice produce una alta viscosidad que genera una mala trabajabilidad del concreto, con lo cual muestra dificultad de poder distribuirse adecuadamente al momento del vaciado.

Debido a las propiedades físicas del nano-sílice se concluye que no produce cambios notables en el peso unitario del concreto, por lo cual, se puede tomar como un aditivo; sin embargo, a dosis superiores a 1% se presenta una leve disminución del peso unitario.

El peso unitario del concreto con adición de nano-sílice al porcentaje superiores al 1% presentan una leve disminución en el peso llegando tener valores cercanos a 2370 kg/cm<sup>3</sup>, mientras en 0.5% de nano-sílice se obtuvo 2422.59 kg/cm<sup>3</sup>; estos datos en comparación al concreto patrón de 2402.29 kg/cm<sup>3</sup> no son significativas. Estos datos se encuentran dentro el rango de Peso unitario según la NTP. 339.046 que establece que los pesos unitarios se deben encontrar dentro de 1700 kg/cm<sup>3</sup>-2500 kg/cm<sup>3</sup> para concretos normales.

Los ensayos de Contenido de aire muestran que el concreto con la aplicación de la Nano-sílice respecto al C.P presenta una disminución del 22%, mientras con las otras dosificaciones mayores el contenido de aire aumenta en porcentajes de 18.52% 44.4%

48.15% para dosis de 1.0%, 1.5%, y 2.0% respectivamente. Esto se podría dar debido a que la Gaia Nano-sílice es diseñado para la elaboración de grandes cantidades de concreto, por ende, se realizarán vaciados masivos donde se producen cambios bruscos de temperatura, creando microclimas dentro del concreto, y un incorporador de aire ayudaría a que esos cambios de temperatura (Gradiente térmico) no afecten internamente al concreto.

La resistencia a la compresión del concreto aumenta significativamente con la adición de nano-sílice, siendo el porcentaje de 2% de nano-sílice quien mejora en mayor medida la resistencia a los 28 días con una 52.9% más de resistencia encontrada en el concreto base de 350 kg/cm<sup>2</sup>. Cabe mencionar que en la dosis de 0.5% es quien da mayor resistencia a las 24 horas.

Las dosis optima obtenida en la investigación es del 2% de nano-sílice aplicada al concreto, generando un aumento significativo en la resistencia y trabajabilidad de la misma, aplicaciones mayores podrían generar mejores resultados para ello se debe tener conocimiento del uso de nano-sílice como el “tiempo de mezclado” ya mencionado, que se volvió un factor importante en la elaboración del concreto y que requiere de un estudio más a profundidad.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Para próximas investigaciones se recomienda que se use porcentajes mayor al 2% de nano-sílice para determinar si mejoran las propiedades del concreto en mayor medida, así mismo se tenga un adecuado seguimiento del proceso de mezclado y el tiempo que se le da al mezclado.

Se debe poner cuidado a la cantidad de nano-sílice utilizada con respecto al tiempo de mezclado, ya que no darle el tiempo requerido puede causar un efecto de segregación y se podría pensar que la mezcla ya no sirve. Por ello a mayor porcentaje de esta adición se debe dar más tiempo de mezclado con respecto a las especificaciones técnicas.

Se requiere de un estudio a profundidad del uso de nano-sílice en combinación con superplastificantes, y como este afecta al concreto, para concluir si los superplastificantes aportan positivamente o negativamente a las propiedades del concreto con aplicaciones de nano-sílice; ya que, en esta investigación se observó que los usos de plastificantes producen viscosidad elevada al concreto, perjudicando su trabajabilidad.

Debido al aumento del porcentaje del contenido de aire, un estudio a profundidad del efecto que causa el ciclo hielo y deshielo al concreto con incorporación de nano-sílice sería de gran importancia y aporte al conocimiento de este elemento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American Concrete Institute, Comité 318-S. “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural”, 2011.
2. American Concrete Institute, Comité 211.04. “Método de diseño de mezclas de concreto de alta resistencia”, 2011.
3. ARIAS, Fidias. El proyecto de investigación introducción a la metodología científica. [en línea]. 6,<sup>ta</sup> ed. Venezuela. Episteme, 2012. [Fecha de consulta: 1 de julio del 2019]  
Disponible en: <https://evidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>  
ISBN: 980-07-8529-9
4. Björnström J., Martinelli J., Matic A., Borjesson L., Panas I. (2004), “Accelerating effects of colloidal nano-Silica for beneficial calcium-silicate-hydrate formation in cement”, Chemistry Physic Letters; 392, pp. 242-248
5. BORJA, Manuel. Metodología de la Investigación Científica para ingenieros. 1a. ed. Chiclayo: 2012. 38
6. Bunge, Mario. La ciencia, su método y su filosofía. Buenos Aires: Ediciones Siglo Veinte, 1975, p.30.
7. Cook, T.D. y Campbell, D.T. (1986). The causal assumptions of quasiexperimental practice. Synthese, 68, 141-180.
8. Dávila, Mario; Da Costa, Daniela y Duarte, David. (2013). Efecto de la adición de nanosílice en cementos y concretos. Universidad Simón Bolívar, Departamento de Ciencias de los materiales.
9. Dal Molin, D. C. C. Adições Minerais. Concreto: Ciência e Tecnologia. v. 1, cap. 08, p. 261-309. São Paulo: IBRACON, 2011.
10. García Avilés, Alfredo. Introducción a la metodología de la investigación científica. Plaza y Valdés, S.A. de C.V. Editores. Segunda reimpression, Colombia, 2000, pp.197 y 198.
11. Gonzáles Jesús, R. M. (2016). Concreto de alta resistencia utilizando aditivo microsilice.
12. GÓMEZ-ZAMORANO, L. Y.; CASTILLO-LINTON, C. E.. Effect of the addition of nanosilica particles on the properties of two cementitious matrices. **Revista**

- ALCONPAT, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 101 - 115, may 2016. ISSN 2007-6835. Available at: <<http://revistaalconpat.org/index.php/RA/article/view/132>>.
13. HERNANDEZ, Roberto. Metodología de la investigación. 6a ed. México: Mc Graw Hill, 2014. 600p.  
ISBN: 9781456223960
  14. Hosseini P., Booshehrian A., Farshchi S. (2010), “*Influence of Nano-SiO<sub>2</sub> addition on Microstructure and mechanical Properties of Cement Mortars for Ferrocement*”, Transportation Research Record; Journal of the transportation Research Board No. 2141, pp. 15-20
  15. HUAYTAY, E (2014). Propiedades mecánicas del concreto elaborado con aditivo microsílíce, (tesis de titulación profesional). Universidad nacional de Cajamarca, Cajamarca – Perú.
  16. Huincho Salvatierra, E. (2011). Concreto de Alta Resistencia usando Aditivo Superplastificante, Microsílíce y Nanosílíce con Cemento Portland Tipo I (Tesis de Grado). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
  17. HUINCHO, Edher. Concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante, microsílíce y nanosílíce con cemento Pórtland tipo I. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2011. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/420>
  18. INDECOPI (2001). NTP 400.012 – AGREGADOS: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
  19. INDECOPI (2002). NTP 400.021 – AGREGADOS: Método de ensayo para la determinación del peso específico y la absorción del agregado grueso.
  20. INDECOPI (2008). NTP 400.011 – AGREGADOS: Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos.
  21. INDECOPI (2007). NTP 339.214 – CONCRETO: Método de ensayo normalizado para resistencias a la compresión en cilindros de concreto elaborados en el lugar en moldes cilíndricos.
  22. INDECOPI (1999). NTP 339.035 – CONCRETO: Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland
  23. INDECOPI (2002). NTP 339.185 – AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.
  24. Quercia G., Zpuesz P., Hüsken G., Brouwers J. (2012), “Effects of Amorphous Nano-Silica additions on Mechanical and Durability Performance of SCC Mixtures”,

- Proceedings of the International Congress on Durability of Concrete (ICDC 2012), 18-21 June, Trondheim, Norway, pp. A2-A4
25. LAINEZ, Pedro. Et al. Influencia del uso de microsílíce en las propiedades en estado fresco y endurecido en concreto de alta resistencia. Tesis para optar por el título de ingeniero. Universidad de El Salvador, 2012. pp 270.
  26. LOAYZA, Klaus. Influencia del nanosílíce en el concreto con agregado angular y agregado redondeado. Tesis para obtener el grado de ingeniero civil. Universidad Nacional San Agustín. Arequipa, 2017. Pp. 145.
  27. LOPEZ, E; MAMANI, J. (2017). Influencia del nanosílíce y superplastificante en la durabilidad del concreto sometidos a ciclos de congelamiento y deshielo de la ciudad de Puno, (tesis de titulación profesional). Universidad nacional del altiplano, Puno – Perú.
  28. Masías, K. (2018). Resistencia a la flexión y tracción en el concreto usando ladrillo triturado como agregado grueso (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.
  29. Mehta, P. K., Monteiro, P. J. M. Concreto: microestructura, propiedades e materiais. São Paulo: IBRACON, 2014.
  30. MOLINA, F; CHARA, H (2017). Influencia de la adición de nanosílíce en las propiedades de un concreto de alta resistencia para la ciudad de Arequipa, (tesis de titulación profesional). Universidad Nacional De San Agustín, Arequipa – Perú.
  31. MOREJON, L. (2015). morteros de cemento con adiciones de humo de sílice y nanosílíce, (tesis para titulación de magister). Universidad politécnica de Madrid, Madrid – España.
  32. MORENO, Erick, 2016. Resistencia a tensión del concreto elaborado con agregado calizo de alta absorción. ALCONPAT. México Distrito Federal: Redalyc, Vol,8, no.1, pp. 35 – 45. ISSN: 2007-3011.
  33. NORMA TÉCNICA PERUANA NPT. 400.010. AGREGADOS. Extracción y preparación demuestras, 2001.
  34. NORMA TÉCNICA PERUANA NPT. 400.017. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado, 1999.
  35. NORMA TÉCNICA PERUANA NPT. 339.034. Método de ensayo para determinar La resistencia a la tracción del concreto, 1999.

36. PUENTE, Ornelas, [et al.], 2012. Mortars Modified with Geothermal Nanosilica Waste: Effect on the Electrochemical Properties of Embedded Steel Rods. International Journal of ELECTROCHEMICAL SCIENCE. Nuevo Leon: Vol.7, no.1, pp. 136 – 149.
37. PORTUGAL, Pablo. Tecnología del concreto de alto desempeño. Arequipa: 2007. 345p.
38. RIVVA, Enrique. Diseño de mezcla. 3ª. ed. Lima: 2018. 294p.
39. ROLDAN, Lidmer y VARGAS, Joel. Diseño de mezcla para un concreto de alta resistencia adicionando sika viscocrete SC-50 y GAIA. Para obtener el grado de ingeniero civil. Universidad privada Antenor Orrego. Trujillo, 2018. pp. 147.
40. SÁNCHEZ, E. et al. Rheological and mechanical properties of self-compacting concrete with the addition of nano-silica and microsilica. Revista ALCONPAT, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 1 - 14, mar. 2016. ISSN 2007-6835. Available at: <http://revistaalconpat.org/index.php/RA/article/view/111>.
41. San Filippo J. M., Muñoz J. F., Isabel Tejedor M., Anderson M. A., Cramer S. M. (2009), “Nanotechnology to Manipulate the aggregate-Cement Paste Bond Effects on Mortar Performance”, Nanotechnology in Construction 3, pp. 29-33
42. Sobolev K., Flores I., Torres-Martinez L. M., Valdez P. L., Zarazua E., Cuellar E. L. (2009) “Engineering of SiO<sub>2</sub> Nanoparticles for Optimal Performance in Nano Cement-Based Materials”; Proceedings of the Nanotechnology in Construction 3 (NICOM3) 01/2009; pp. 139-148.
43. SOLÍS, R. G; MORENO, E. I, 2012. Resistencia de concreto con agregado de alta absorción y baja relación a/c. ALCONPAT. Mérida: Redalyc, vol,2, no.1, pp. 21 – 29. ISSN: 2007-6835.
44. TOBON, Iván; RESTREPO, Oscar and PAYA, JORGE. Adición de Nanopartículas al cemento portland. *Dyna rev.fac.nac.minas* [online]. 2007, vol.74, n.152 [cited 2019-07-10], pp.277-291. Available from: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532007000200025&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532007000200025&lng=en&nrm=iso). ISSN 0012-7353.
45. VARGAS, Zoila. La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. Universidad de Costa Rica. Costa Rica: San Pedro, 2009. pp. 155-165. [Fecha de consulta: 14 mayo del 2019]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>

ISBN: 0379-7082

46. Duarte, Dave. (2013). Efecto de la adición de nanosílice en cementos y concretos. Universidad simon bolívar  
[https://www.researchgate.net/publication/312377045\\_Efecto\\_de\\_la\\_adicion\\_de\\_nanosilice\\_en\\_cementos\\_y\\_concretos](https://www.researchgate.net/publication/312377045_Efecto_de_la_adicion_de_nanosilice_en_cementos_y_concretos)
47. Molina Villar, F. R., & Chara Surco, H. (2017). *Influencia de la adición de nanosílice en las propiedades de un concreto de alta resistencia para la Ciudad de Arequipa*.  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA\\_848f1a56959abccf497af2efa695cbbc/Cite](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA_848f1a56959abccf497af2efa695cbbc/Cite)
48. PEREZ, Manuel. caracterización de morteros con adición de combinaciones de microsilice y nanosilice. Tesis (Ingeniero civil). Chile: Universidad Austral de Chile, 2008.
49. ZANON, Thiago; SCHMALZ, ROSANA; FERREIRA, Fernanda Giannotti da Silva. Evaluation of nanosilica effects on concrete submitted to chloride ions attack. Revista ALCONPAT, [S.l.], v. 8, n. 2, p. 138-149, apr. 2018. ISSN 2007-6835. Available at: <http://www.revistaalconpat.org/index.php/RA/article/view/274>



# ANEXOS

## Anexo N°1: Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general:</b> ¿Cómo influye la adición de nano-sílice en las propiedades de un concreto de F'c=350 kg/cm<sup>2</sup>?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Determinar la variación de las propiedades del concreto con adición de nano-sílice, para un concreto base de F'c=350 kg/cm<sup>2</sup>.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> La adición de nano-sílice al concreto provoca una mejora en las propiedades del concreto para un concreto de base de 350 kg/cm<sup>2</sup>.</p>	<p><b>Variable dependiente:</b> PROPIEDADES DEL CONCRETO</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estado Fresco</li> <li>• Estado endurecido</li> </ul>	<p><b>Tipo:</b> Aplicada</p> <p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo</p> <p><b>Diseño:</b> Exploratorio</p> <p><b>Población:</b> Indeterminada</p> <p><b>Muestra:</b> Juicio de investigador</p> <p>Normativa NTP N°= 195 muestras</p>
<p><b>Problemas específicos:</b> ¿Cuál es el efecto que causa la adición de nano-sílice al concreto en relación a la resistencia de compresión en un concreto base de F'c=350Kg/cm<sup>2</sup>?</p>	<p><b>Objetivos específicos:</b> Determinar a la resistencia de compresión del concreto con adición de nano-sílice, para un concreto base de F'c=350 kg/cm<sup>2</sup></p>	<p><b>Hipótesis específicas:</b> La resistencia a la compresión aumentará significativamente en el concreto con adición de nano-sílice para un concreto base de F'c=350 kg/cm<sup>2</sup>.</p>	<p><b>Variable independiente:</b> NANO-SÍLICE</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentajes de Nano-sílice</li> </ul>	<p><b>Instrumento de evaluación:</b> Ensayos según normas Validez mediante ANOVA</p>
<p>¿Cuál es el efecto que causa la adición de nano-sílice al concreto en relación al peso unitario en un concreto base de F'c=350Kg/cm<sup>2</sup>?</p>	<p>Determinar la trabajabilidad del concreto con adición de nano-sílice para un concreto base de F'c=350 kg/cm<sup>2</sup></p>	<p>La trabajabilidad aumentará en el concreto con adición de nano-sílice, para un concreto base de F'c=350 kg/cm<sup>2</sup></p>		

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>Problemas específicos:</b></p> <p>¿Cuál es el efecto que causa la adición de nano-sílice al concreto en relación al peso unitario en un concreto base de F'c=350Kg/cm2?</p> <p>¿Cuál es el efecto que causa la adición de nano-sílice al concreto en relación al contenido de aire en un concreto base de F'c=350Kg/cm2?</p>	<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>Determinar el peso unitario del concreto con adición de nano-sílice para un concreto base de F'c=350 kg/cm2</p> <p>Determinar el contenido de aire del concreto con adición de nano-sílice para un concreto base de F'c=350 kg/cm2</p>	<p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <p>El Peso unitario del concreto con adición de nano-sílice no variará significativamente para un concreto base de F'c=350 kg/cm2</p> <p>El contenido de aire del concreto disminuirá con la adición de nano-sílice en un concreto base de F'c=350 kg/cm2</p>	<p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>PROPIEDADES DEL CONCRETO</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estado Fresco</li> <li>• Estado endurecido</li> </ul>	<p><b>Tipo:</b> Aplicada</p> <p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo</p> <p><b>Diseño:</b> Exploratorio</p> <p><b>Población:</b> Indeterminada</p> <p><b>Muestra:</b> Juicio de investigador</p> <p>Normativa NTP N°= 195 muestras</p>
<p>¿Cuál es porcentaje óptimo de nano-sílice para mejorar las propiedades de un concreto base de F'c=350 Kg/cm2?</p>	<p>Determinar la dosis óptima de nano-sílice para un concreto base de F'c=350 kg/cm2</p>	<p>El porcentaje óptimo de Nano-sílice será de 2% con respecto al peso del cemento para un concreto base de F'c= 350kg/cm2.</p>	<p><b>Variable independiente:</b></p> <p>NANO-SÍLICE</p> <p>Dimensiones: Porcentajes de Nano-sílice</p>	<p><b>Instrumento de evaluación:</b> Ensayos según normas</p> <p>Validez mediante Método ANOVA</p>





## Anexo N°3: Documentación de resultados de caracterización de agregados.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
INFORME DE ENSAYO N° 001-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE**

De : Coordinación Académica Profesional de Ingeniería Civil  
A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.C.F - 001-2019  
ASUNTO : CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS FINO Y GRUESO  
FECHA EMITIDO : 01/11/2019

1. Base de la muestra : Piedra chancada de 1/2" y Arena gruesa
2. Día de ensayo : 15/10/2019 – 20/10/2019
3. Método de Ensayo : Normativas de referencia  
NTP 400.012 – Ensayo de Granulometría de agregado fino y grueso  
NTP 399.185 – Ensayo de Contenido de humedad del agregado fino y grueso  
NTP 400.017 – Ensayo de Peso Unitario suelto y compactado del agregado fino y grueso  
NTP 400.022 – Ensayo de Peso específico y Absorción del agregado fino y grueso

4. Resultados :

NORMATIVA DE REFERENCIA	ENSAYOS	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
NTP 400.017	PESO UNITARIO SUELTO	1363.29 kg/m <sup>3</sup>	1497.07 kg/m <sup>3</sup>
NTP 400.022	PESO ESPECÍFICO	2788 kg/m <sup>3</sup>	2558 kg/m <sup>3</sup>
NTP 400.017	PESO UNITARIO COMPACTADO	1805.46 kg/m <sup>3</sup>	1988.14 kg/m <sup>3</sup>
NTP 400.022	ABSORCIÓN	0.91%	3.22%
NTP 400.012	MODULO DE FINEZA	0	3.19
NTP 400.012	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	0.5	0
NTP 399.185	CONTENIDO DE HUMEDAD	0.40%	1.60%

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe se podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



ATE Ing. Leopoldo Choque Flores  
Coordinador Académico  
Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
Telf: 2009030 Anexo 8708  
www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## Anexo N°4: Documentación de resultados de Diseño de concreto patrón



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
INFORME DE ENSAYO N° 002-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE**

De : Coordinación Académica Profesional de Ingeniería Civil  
A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO  
PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019  
EXP. N° : T.C.F - 001-2019  
ASUNTO : DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN DE F' C 350 KG/CM2  
FECHA EMITIDO : 22/11/2019

1. Base del diseño : El diseño se basa en la caracterización de los agregados del informe N°001-2019 LEM – FI – EAPIC – UCV/ATE
2. Fecha de elaboración : 21/10/2019
3. Método de diseño : Método Comité ACI 211 – Diseño de mezclas

4. Resultados :

Diseño final	pesos
Cemento Kg	568.571
Agregado fino Kg	766.836
Agregado grueso Kg	823.672
Agua Lt	215.623

Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
1	1.35	1.45	0.38

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe se podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



ATE Ing. Leopoldo Choque Flores  
Coordinador Académico  
Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
Telf: 2009030 Anexo 8708  
www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## Anexo N°5: Documentación de resultados de Concreto patrón.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:  
  
SUNEDU

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO N° 003-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE**

---

De  
A

PROYECTO

EXP. N°

ASUNTO

FECHA EMITIDO

: Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
: CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

: INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

: T.C.F 001-2019  
: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
: 23/10/2019

---

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.

2. Tipo de mezcla : Concreto Base

3. Identificación : C.B

4. Día de mezclado : 22/10/2019

5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034

6. Resultados :

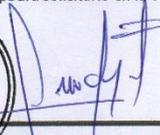
N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.001	1	15.14	180.03	18203	101.1	102
P.002	1	15.2	181.46	18715	103.1	
P.003	1	15	176.72	18166	102.8	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

- Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
- En caso de pérdida o daño del informe se podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



ATE   
Mg. Ing. Leopoldo Choque Flores  
Coordinador Académico  
Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
Telf: 2009030 Anexo 8708  
www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO N° 003B-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE**

De : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
 A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.C.F 001-2019  
 ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
 FECHA EMITIDO : 26/10/2019

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del informe . N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. Tipo de mezcla : Concreto Base
3. Identificación : C.B
4. Día de mezclado : 22/10/2019
5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. Resultados :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.004	3	15.18	180.98	24044	132.9	132
P.005	3	15.06	178.13	23699	133.0	
P.006	3	15	176.72	23005	130.2	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe se podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



*[Firma]*  
 Atte. Ing. Leopoldo Choque Flores  
 Coordinador Académico  
 Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
 Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
 Telf: 2009030 Anexo 8708  
 www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES INFORME DE ENSAYO N° 004-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE

De : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
 A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.C.F 001-2019  
 ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
 FECHA EMITIDO : 30/10/2019

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. Tipo de mezcla : Concreto Base
3. Identificación : C.B
4. Día de mezclado : 22/10/2019
5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. Resultados :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.007	7	15.1	179.08	36420	203.4	205
P.008	7	15	176.72	36810	208.3	
P.009	7	15.06	178.13	35999	202.1	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe se podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



ATM<sup>c</sup> Ing. Leopoldo Choque Flores  
 Coordinador Académico  
 Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
 Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
 Telf: 2009030 Anexo 8708  
 www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe





**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO N° 004B-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE**

De : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
 A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.C.F001-2019  
 ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
 FECHA EMITIDO : 07/11/2019

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. Tipo de mezcla : Concreto Base
3. Identificación : C.B
4. Día de mezclado : 22/10/2019
5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. Resultados :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.010	14	15	176.72	50326	284.8	284
P.011	14	15.12	179.55	51010	284.1	
P.012	14	15.2	181.46	51256	282.5	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe se podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



MATE  
 Ing. Leopoldo Choque Flores  
 Coordinador Académico  
 Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
 Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
 Telf: 2009030 Anexo 8708  
 www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe





LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
INFORME DE ENSAYO N° 005-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE

De : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
 A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.C.F001-2019  
 ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
 FECHA EMITIDO : 21/11/2019

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. Tipo de mezcla : Concreto Base
3. Identificación : C.B
4. Día de mezclado : 22/10/2019
5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. Resultados :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.013	28	15.2	181.46	64056	353.0	357
P.014	28	15.15	180.27	63084	349.9	
P.015	28	15.05	177.90	65022	365.5	
P.016	28	15.2	181.46	65001	358.2	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



ATE  
 Mg. Ing. Leopoldo Choque Flores  
 Coordinador Académico  
 Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
 Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
 Telf: 2009030 Anexo 8708  
 www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe

Anexo N°6: Documentación de resultados de Concreto al 0.5% Nano-sílice.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO N° 006-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE**

**De** : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
**A** : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

**PROYECTO** : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

**EXP. N°** : T.C.F - 001-2019  
**ASUNTO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
**FECHA EMITIDO** : 4/11/2019

1. **Base de la muestra** : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. **Tipo de mezcla** : Concreto base con adición de Nano-sílice al 0.5%
3. **Identificación** : NS.0.5%
4. **Día de mezclado** : 02/11/2019
5. **Método de Ensayo** : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. **Resultados** :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.017	1	15	176.72	42105	238.3	237
P.018	1	15.2	181.46	43055	237.3	
P.019	1	15.11	179.32	42654	239.0	
P.020	1	15.05	177.90	41857	235.3	

7. **Observaciones** : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe se podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



ATE Mg. Ing. Leopoldo Choque Flores  
Coordinador Académico  
Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
Telf: 2009030 Anexo 8708  
www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES INFORME DE ENSAYO N° 007-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE

De : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
 A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.C.F - 001-2019  
 ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
 FECHA EMITIDO : 06/11/2019

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. Tipo de mezcla : Concreto base con adición de Nano-sílice al 0.5%
3. Identificación : NS.0.5%
4. Día de mezclado : 02/11/2019
5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. Resultados :

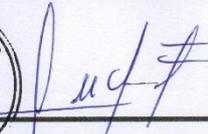
N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.021	3	15	176.72	44195	250.1	248
P.022	3	15	176.72	42540	240.7	
P.023	3	15.21	181.70	45880	252.5	
P.024	3	15.07	178.37	44500	249.5	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borriones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe se podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



  
 Mg. Ing. Leopoldo Choque Flores  
 Coordinador Académico  
 Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
 Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
 Telf: 2009030 Anexo 8708  
 www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES INFORME DE ENSAYO N° 008-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE

De : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.C.F - 001-2019  
ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
FECHA EMITIDO : 10/11/2019

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. Tipo de mezcla : Concreto base con adición de Nano-sílice al 0.5%
3. Identificación : NS.0.5%
4. Día de mezclado : 02/11/2019
5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. Resultados :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.025	7	15	176.72	47158	266.9	269
P.026	7	15.1	179.08	50755	283.4	
P.027	7	15	176.72	45360	256.7	
P.028	7	15.2	181.46	48561	267.6	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe se podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



Mg. Ing. Leopoldo Choque Flores  
Coordinador Académico  
Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
Telf: 2009030 Anexo 8708  
www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES INFORME DE ENSAYO N° 009-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE

De : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.C.F - 001-2019  
ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
FECHA EMITIDO : 17/11/2019

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. Tipo de mezcla : Concreto base con adición de Nano-sílice al 0.5%
3. Identificación : NS.0.5%
4. Día de mezclado : 02/11/2019
5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. Resultados :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.029	14	15	176.72	54180	306.6	313
P.030	14	15	176.72	55440	313.7	
P.031	14	15.05	177.90	56315	316.6	
P.032	14	15.04	177.66	55655	313.3	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrões que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe, solicitarlo en la oficina de la escuela.



Mg. Ing. Leopoldo Choque Flores  
Coordinador Académico  
Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
Telf: 2009030 Anexo 8708  
www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES INFORME DE ENSAYO N° 010-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE

De : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.C.F - 001-2019  
ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
FECHA EMITIDO : 01/12/2019

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe . N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. Tipo de mezcla : Concreto base con adición de Nano-síllice al 0.5%
3. Identificación : NS.0.5%
4. Día de mezclado : 2/11/2019
5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. Resultados :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.033	28	15	176.72	82265	465.5	450
P.034	28	15.1	179.08	78400	437.8	
P.035	28	15.05	177.90	80566	452.9	
P.036	28	15.2	181.46	80741	445.0	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

3. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
4. En caso de pérdida o daño del informe se podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.

  
 \_\_\_\_\_  
 Mg. Ing. Leopoldo Choque Flores  
 Coordinador Académico  
 Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
 Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
 Telf: 2009030 Anexo 8708  
 www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe



**Anexo N°7: Documentación de resultados de Concreto al 1.0% Nano-sílice.**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
INFORME DE ENSAYO N° 011-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE**

De : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F'c 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.C.F - 001-2019  
ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
FECHA EMITIDO : 05/11/2019

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. Tipo de mezcla : Concreto base con adición de Nano-sílice al 1.0%
3. Identificación : NS.1.0%
4. Día de mezclado : 03/11/2019
5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. Resultados :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.037	1	15	176.72	38005	215.1	217
P.038	1	15.14	180.03	38547	219.7	
P.039	1	15.2	181.46	38535	217.9	
P.040	1	15.04	177.66	38185	214.9	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe se podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



Mg. Ing. Leopoldo Choque Flores  
Coordinador Académico  
Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
Telf: 2009030 Anexo 8708  
www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES INFORME DE ENSAYO N° 012-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE

De : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
 A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.C.F 001-2019  
 ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
 FECHA EMITIDO : 07/11/2019

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. Tipo de mezcla : Concreto base con adición de Nano-sílice al 1.0%
3. Identificación : NS.1.0%
4. Día de mezclado : 03/11/2019
5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. Resultados :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.041	3	15.02	177.19	42150	237.9	239
P.042	3	15	176.72	42025	237.8	
P.043	3	15.1	179.08	43055	240.4	
P.044	3	15.17	180.74	43156	238.8	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe se podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



Mg. Ing. Leopoldo Choque Flores  
Coordinador Académico  
Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
Telf: 2009030 Anexo 8708  
www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES INFORME DE ENSAYO N° 013-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE

De : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
 A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.C.F 001-2019  
 ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
 FECHA EMITIDO : 11/11/2019

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. Tipo de mezcla : Concreto base con adición de Nano-sílice al 1.0%
3. Identificación : NS.1.0%
4. Día de mezclado : 03/11/2019
5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. Resultados :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.045	7	15.05	177.90	56645	312.8	288
P.046	7	15	176.72	44865	253.9	
P.047	7	15.05	177.90	50856	285.9	
P.048	7	15.02	177.19	52967	298.9	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe se podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



Mg. Ing. Leopoldo Choque Flores  
 Coordinador Académico  
 Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
 Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
 Telf: 2009030 Anexo 8708  
 www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES INFORME DE ENSAYO N° 014-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE

De : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
 A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.C.F - 001-2019  
 ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
 FECHA EMITIDO : 18/11/2019

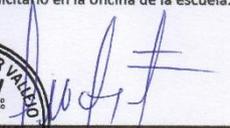
1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe . N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. Tipo de mezcla : Concreto base con adición de Nano-sílice al 1.0%
3. Identificación : NS.1.0%
4. Día de mezclado : 03/11/2019
5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. Resultados :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.045	14	15	176.72	80569	455.9	442
P.046	14	15.1	179.08	76340	426.3	
P.047	14	15.08	178.60	78959	442.1	
P.048	14	15	176.72	78465	444.0	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe se podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.

  
 Mg. Ing. Leopoldo Choque Flores  
 Coordinador Académico  
 Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
 Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
 Telf: 2009030 Anexo 8708  
 www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES INFORME DE ENSAYO N° 015-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE

De : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
 A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.C.F - 001-2019  
 ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
 FECHA EMITIDO : 02/12/2019

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. Tipo de mezcla : Concreto base con adición de Nano-sílice al 1.0%
3. Identificación : NS.1.0%
4. Día de mezclado : 3/11/2019
5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. Resultados :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.049	28	15.08	178.60	83934	469.9	474
P.050	28	15.02	177.19	85995	485.3	
P.051	28	15	176.72	81390	460.6	
P.052	28	15.1	179.08	85825	479.3	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe, podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



*[Firma]*  
 Mg. Ing. Leopoldo Choque Flores  
 Coordinador Académico  
 Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
 Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
 Telf: 2009030 Anexo 8708  
 www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe



**Anexo N°8: Documentación de resultados de Concreto al 1.5% Nano-sílice.**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO N° 016-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE**

---

**De**

**A**

**PROYECTO**

**EXP. N°**

**ASUNTO**

**FECHA EMITIDO**

: Coordinación Académica de Ingeniería Civil

: CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

: INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

: T.C.F - 001-2019

: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

: 06/11/2019

---

**1. Base de la muestra** : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.

**2. Tipo de mezcla** : Concreto base con adición de Nano-sílice al 1.5%

**3. Identificación** : NS.1.5%

**4. Día de mezclado** : 04/11/2019

**5. Método de Ensayo** : Normativa de referencia – NTP 399.034

**6. Resultados** :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.053	1	15.2	181.46	43258	238.4	235
P.054	1	15.14	180.03	42002	233.3	
P.055	1	15	176.72	41315	233.8	
P.056	1	15.1	179.08	41987	234.5	

**7. Observaciones** : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe se podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



**Mg. Ing. Leopoldo Choque Flores**  
Coordinador Académico  
Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
Telf: 2009030 Anexo 8708  
www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES INFORME DE ENSAYO N° 017-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE

De : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.C.F - 001-2019  
ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
FECHA EMITIDO : 08/11/2019

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. Tipo de mezcla : Concreto base con adición de Nano-sílice al 1.5%
3. Identificación : NS.1.5%
4. Día de mezclado : 04/11/2019
5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. Resultados :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.057	3	15.09	178.84	48875	273.3	270
P.058	3	15	176.72	45700	258.6	
P.059	3	15	176.72	48564	274.8	
P.060	3	15.07	178.37	48710	273.1	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe se podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



M. Ing. Leopoldo Choque Flores  
Coordinador Académico  
Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
Telf: 2009030 Anexo 8708  
www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES INFORME DE ENSAYO N° 018-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE

De : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
 A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.C.F 001-2019  
 ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
 FECHA EMITIDO : 12/11/2019

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. Tipo de mezcla : Concreto base con adición de Nano-sílice al 1.5%
3. Identificación : NS.1.5%
4. Día de mezclado : 04/11/2019
5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. Resultados :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.061	7	15	176.72	62305	352.6	333
P.062	7	15.02	177.19	54360	306.8	
P.063	7	15	176.72	59465	336.5	
P.064	7	15.1	179.08	59920	334.6	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe, podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



Mg. Ing. Leopoldo Choque Flores  
 Coordinador Académico  
 Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
 Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
 Telf: 2009030 Anexo 8708  
 www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES INFORME DE ENSAYO N° 019-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE

De : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
 A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.C.F - 001-2019  
 ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
 FECHA EMITIDO : 19/11/2019

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. Tipo de mezcla : Concreto base con adición de Nano-síllice al 1.5%
3. Identificación : NS.1.5%
4. Día de mezclado : 04/11/2019
5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. Resultados :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.065	14	15	176.72	78939	446.7	445
P.066	14	15.05	177.90	79130	444.8	
P.067	14	15	176.72	78206	442.6	
P.068	14	15.15	180.27	80569	446.9	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



*[Firma]*  
 Mg. Ing. Leopoldo Choque Flores  
 Coordinador Académico  
 Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
 Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
 Telf: 2009030 Anexo 8708  
 www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES INFORME DE ENSAYO N° 020-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE

De : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.F.C - 001-2019  
ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
FECHA EMITIDO : 03/12/2019

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. Tipo de mezcla : Concreto base con adición de Nano-síllice al 1.5%
3. Identificación : NS.1.5%
4. Día de mezclado : 4/11/2019
5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. Resultados :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.069	28	15	176.72	89270	505.2	501
P.070	28	15	176.72	88390	500.2	
P.071	28	15.01	176.95	87915	496.8	
P.072	28	15.02	177.19	88825	501.3	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe se podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



M<sup>g</sup> Ing. Leopoldo Choque Flores  
Coordinador Académico  
Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
Telf: 2009030 Anexo 8708  
www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe



**Anexo N°9: Documentación de resultados de Concreto al 2.0% Nano-sílice.**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO N° 021-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE**

---

De  
A

PROYECTO

EXP. N°  
ASUNTO  
FECHA EMITIDO

: Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
: CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

: INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

: T.C.F - 001-2019  
: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
: 07/11/2019

---

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.

2. Tipo de mezcla : Concreto base con adición de Nano-sílice al 2.0%

3. Identificación : NS.2.0%

4. Día de mezclado : 05/11/2019

5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034

6. Resultados :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.073	1	15	176.72	41698	236.0	232
P.074	1	15.2	181.46	42875	236.3	
P.075	1	15	176.72	40435	228.8	
P.076	1	15.18	180.98	41005	226.6	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

- Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
- En caso de pérdida o daño del informe se podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



Mg. Ing. Leopoldo Choque Flores  
Coordinador Académico  
Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
Telf: 2009030 Anexo 8708  
www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES INFORME DE ENSAYO N° 022-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE

De : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.C.F - 001-2019  
ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
FECHA EMITIDO : 09/11/2019

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. Tipo de mezcla : Concreto base con adición de Nano-sílice al 2.0%
3. Identificación : NS.2.0%
4. Día de mezclado : 05/11/2019
5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. Resultados :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.077	3	15	176.72	60240	340.9	342
P.078	3	15.02	177.19	61054	344.6	
P.079	3	15.1	179.08	61335	342.5	
P.080	3	15.01	176.95	59920	338.6	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borradores que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



Mg. Ing. Leopoldo Choque Flores  
Coordinador Académico  
Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
Telf: 2009030 Anexo 8708  
www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES INFORME DE ENSAYO N° 023-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE

De : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.C.F - 001-2019  
ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
FECHA EMITIDO : 13/11/2019

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. Tipo de mezcla : Concreto base con adición de Nano-síllice al 2.0%
3. Identificación : NS.2.0%
4. Día de mezclado : 05/11/2019
5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. Resultados :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM <sup>2</sup> )
P.081	7	15	176.72	64430	364.6	370
P.082	7	15	176.72	65440	370.3	
P.083	7	15.25	182.65	68965	377.6	
P.084	7	15.11	179.32	65890	367.5	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe se podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



AVG. Ing. Leopoldo Choque Flores  
Coordinador Académico  
Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
Telf: 2009030 Anexo 8708  
www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES INFORME DE ENSAYO N° 024-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE

De : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.C.F - 001-2019  
ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
FECHA EMITIDO : 20/11/2019

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. Tipo de mezcla : Concreto base con adición de Nano-sílice al 2.0%
3. Identificación : NS.2.0%
4. Día de mezclado : 05/11/2019
5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. Resultados :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.089	14	15	176.72	87690	496.2	493
P.090	14	15	176.72	86965	486.4	
P.091	14	15.05	177.90	88561	497.8	
P.092	14	15.01	176.95	86840	490.8	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe se podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



Msc. Ing. Leopoldo Choque Flores  
Coordinador Académico  
Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
Telf: 2009030 Anexo 8708  
www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LICENCIADA POR:



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES INFORME DE ENSAYO N° 025-2019 LEM - FI - EAPIC - UCV/ATE

De : Coordinación Académica de Ingeniería Civil  
 A : CARRASCO VASQUES DIEGO JUAN Y FERNANDEZ HERRERA LUIS HUMBERTO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL NANO-SÍLICE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE F' C 350 KG/CM2 PARA OBTENER UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, LIMA 2019

EXP. N° : T.C.F - 001-2019  
 ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
 FECHA EMITIDO : 04/12/2019

1. Base de la muestra : Las probetas del ensayo corresponden al diseño de mezcla del Informe N°002 -2019 LEM-FI-EAPIC-UCV/ATE.
2. Tipo de mezcla : Concreto base con adición de Nano-síllice al 2.0%
3. Identificación : NS.2.0%
4. Día de mezclado : 5/11/2019
5. Método de Ensayo : Normativa de referencia – NTP 399.034
6. Resultados :

N° PROB.	EDAD DE ENSAYO (DIAS)	DIAMETRO PROMEDIO (CM)	AREA (CM2)	CARGA DE ROTURA (KGF)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)	RESISTENCIA PROMEDIO ALCANZADA (KG/CM2)
P.085	28	15	176.72	95525	540.6	535
P.086	28	15	176.72	92020	520.7	
P.087	28	15.01	176.95	95644	540.5	
P.088	28	15	176.72	95045	537.8	

7. Observaciones : El solicitante proporcionó la información correspondiente al tipo e identificación de mezcla de las probetas ensayadas.

Nota:

1. Los resultados no deben ser manipulados ni presentar borrones que dificulten su lectura.
2. En caso de pérdida o daño del informe se podrá solicitarlo en la oficina de la escuela.



Mg. Ing. Leopoldo Choque Flores  
Coordinador Académico  
Escuela Profesional de Ing. Civil

UCV – Filial Lima Campus Ate  
Partes de lotes 120 y 73 fnd. La Estrella Sub Lt. B Lima-Ate  
Telf: 2009030 Anexo 8708  
www.ucv.edu.pe



ucv.edu.pe



**Anexo N°10: Resumen de procesamiento casos y descripción de casos – Asentamiento del concreto**

<b>Resumen de procesamiento de casos</b>							
Porcentaje de Nano-sílice		Casos					
		Válido		Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Asentamiento según Cono de Abrams	Concreto Patrón	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
	0.5% Nano-sílice	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
	1.0% Nano-sílice	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
	1.5% Nano-sílice	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
	2.0% Nanosílice	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%

<b>Descriptivos</b>					
Porcentaje de Nano-sílice			Estadístico	Desv. Error	
Asentamiento según Cono de Abrams	Concreto Patrón	Media	3,2000	,06083	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,9383	
			Límite superior	3,4617	
		Media recortada al 5%	.		
		Mediana	3,2100		
		Varianza	,011		
		Desv. Desviación	,10536		
		Mínimo	3,09		
		Máximo	3,30		
		Rango	,21		
		Rango intercuartil	.		
		Asimetría	-,423	1,225	

	Curtosis		.	.
0.5% Nano- sílice	Media		4,6333	,18559
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,8348	
		Límite superior	5,4319	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		4,5000	
	Varianza		,103	
	Desv. Desviación		,32146	
	Mínimo		4,40	
	Máximo		5,00	
	Rango		,60	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		1,545	1,225
	Curtosis		.	.
	1.0% Nano- sílice	Media		7,5600
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	7,4462	
		Límite superior	7,6738	
Media recortada al 5%			.	
Mediana			7,5700	
Varianza			,002	
Desv. Desviación			,04583	
Mínimo			7,51	
Máximo			7,60	
Rango			,09	
Rango intercuartil			.	
Asimetría			-,935	1,225
Curtosis			.	.

1.5% Nano- sílice	Media		9,7200	,14048
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	9,1156	
		Límite superior	10,3244	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		9,6000	
	Varianza		,059	
	Desv. Desviación		,24331	
	Mínimo		9,56	
	Máximo		10,00	
	Rango		,44	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		1,680	1,225
	Curtosis		.	.
2.0% Nanosílice	Media		10,6200	,15535
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	9,9516	
		Límite superior	11,2884	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		10,7000	
	Varianza		,072	
	Desv. Desviación		,26907	
	Mínimo		10,32	
	Máximo		10,84	
	Rango		,52	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		-1,220	1,225
	Curtosis		.	.

## Anexo N°11: Gráficos Q-Q normales Asentamiento

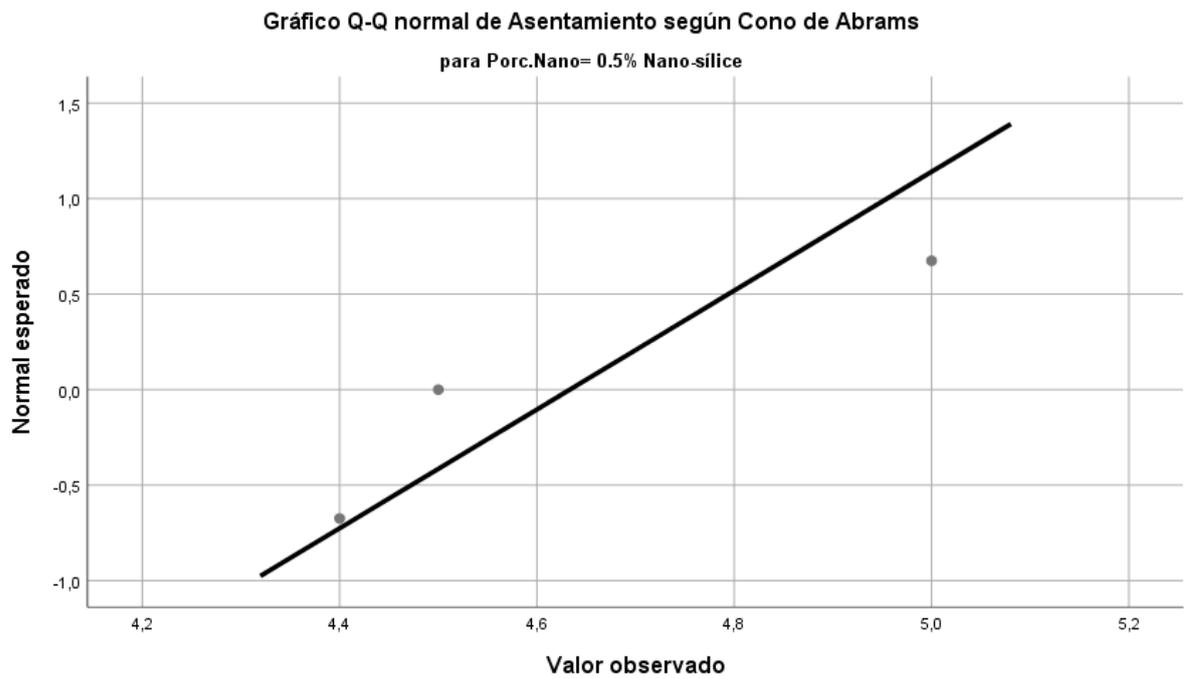
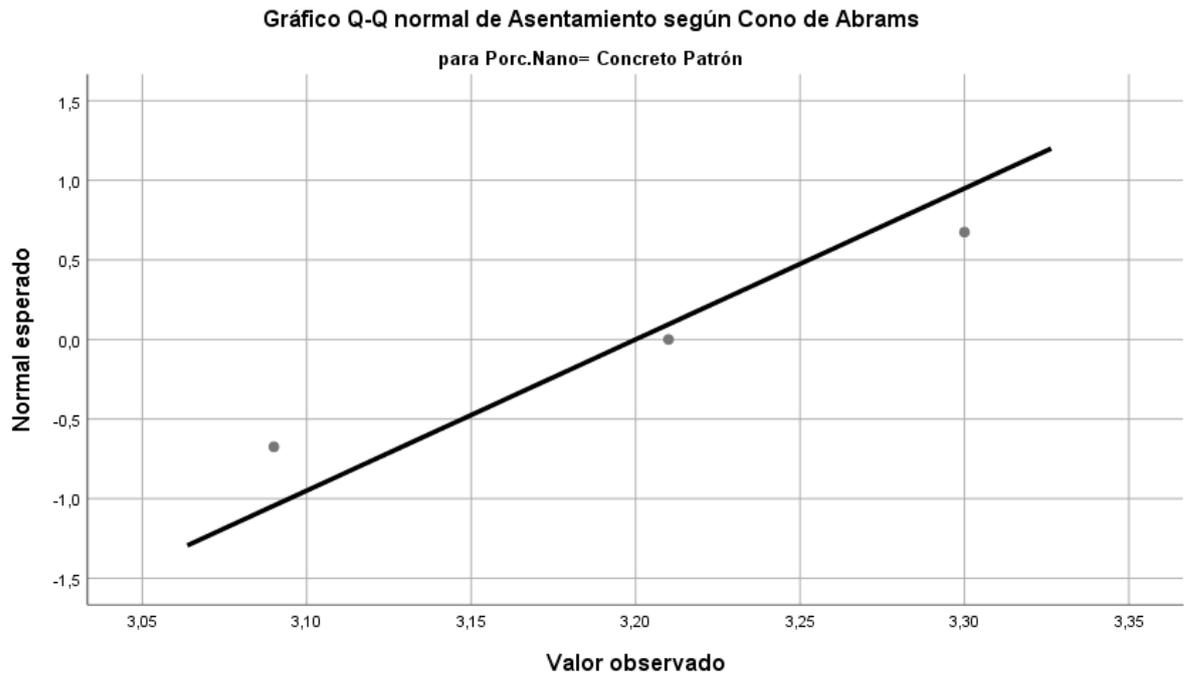


Gráfico Q-Q normal de Asentamiento según Cono de Abrams  
para Porc.Nano= 1.0% Nano-sílice

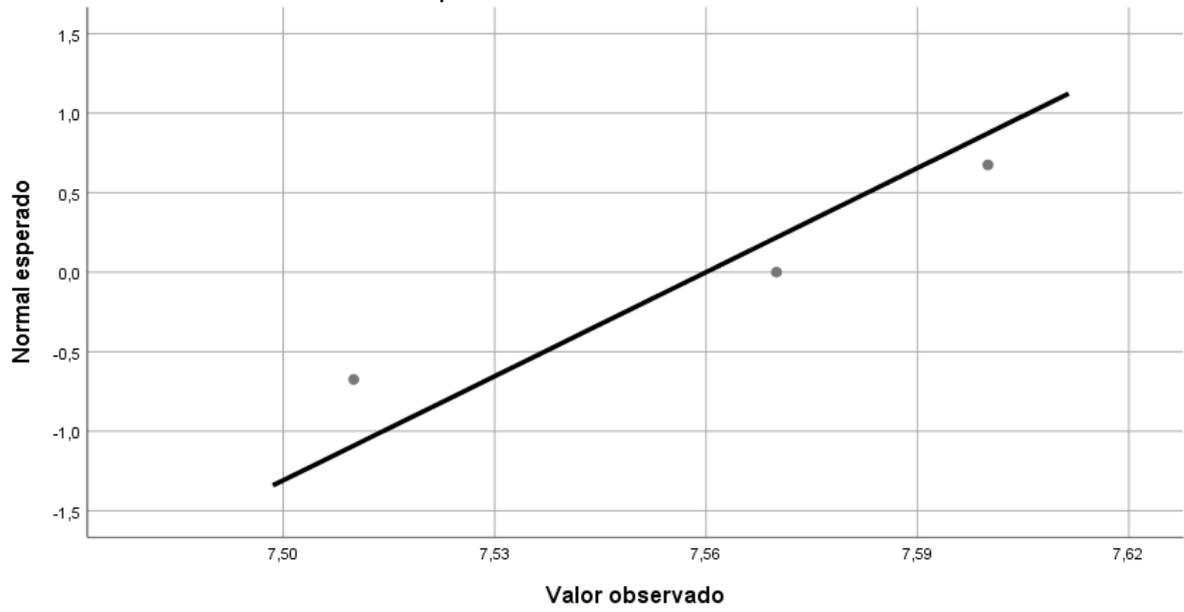


Gráfico Q-Q normal de Asentamiento según Cono de Abrams  
para Porc.Nano= 1.5% Nano-sílice

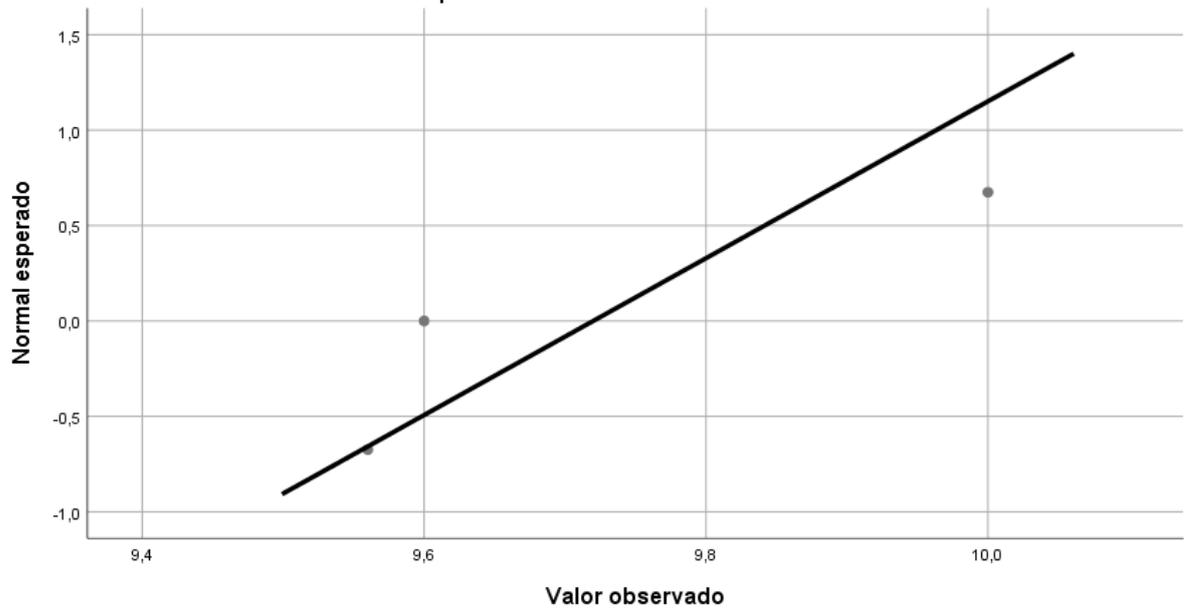
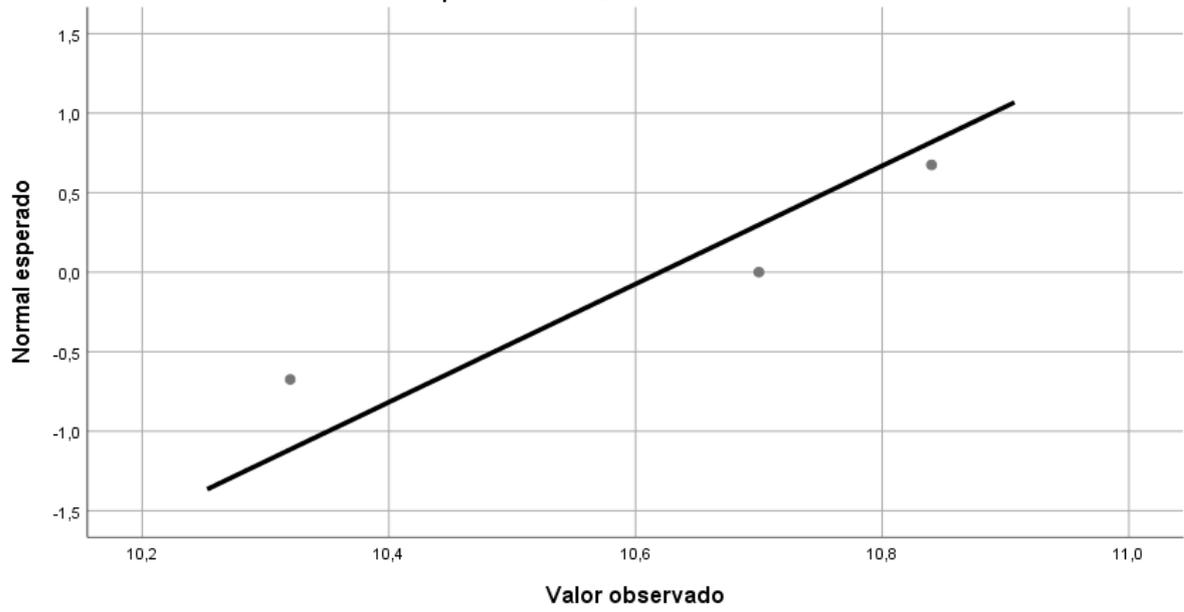


Gráfico Q-Q normal de Asentamiento según Cono de Abrams  
para Porc.Nano= 2.0% Nanosilice



## Anexo N°12: Resumen de procesamiento casos y descripción de casos – Peso Unitario

Resumen de procesamiento de casos							
		Casos					
		Válido		Perdidos		Total	
Porcentaje de Nano-sílice		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Peso Unitario estado fresco (Molder normalizados 6"x12")	Concreto Patrón	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
	0.5% Nano-sílice	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
	1.0% Nano-sílice	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
	1.5% Nano-sílice	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
	2.0% Nanosílice	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%

Descriptivos					
		Porcentaje de Nano-sílice		Estadístico	Desv. Error
Peso Unitario estado fresco (Molder normalizados 6"x12")	Concreto Patrón	Media		2402,9410	5,71865
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2390,0045	
	Límite superior		2415,8775		
	Media recortada al 5%		2402,3767		
	Mediana		2403,1350		
	Varianza		327,029		
	Desv. Desviación		18,08396		
	Mínimo		2378,21		
	Máximo		2437,83		
	Rango		59,62		
	Rango intercuartil		28,66		
	Asimetría		,475	,687	
	Curtosis		,073	1,334	

0.5% Nano-sílice	Media		2422,5410	3,94768
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2413,6107	
		Límite superior	2431,4713	
	Media recortada al 5%		2422,3956	
	Mediana		2422,4250	
	Varianza		155,841	
	Desv. Desviación		12,48365	
	Mínimo		2408,36	
	Máximo		2439,34	
	Rango		30,98	
	Rango intercuartil		27,14	
	Asimetría		,243	,687
	Curtosis		-1,740	1,334
	1.0% Nano-sílice	Media		2389,7090
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	2379,4315	
		Límite superior	2399,9865	
Media recortada al 5%			2389,8433	
Mediana			2390,4850	
Varianza			206,410	
Desv. Desviación			14,36698	
Mínimo			2370,11	
Máximo			2406,89	
Rango			36,78	
Rango intercuartil			29,62	
Asimetría			-,129	,687
Curtosis			-1,814	1,334

1.5% Nano-sílice	Media		2374,7650	5,40950
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2362,5279	
		Límite superior	2387,0021	
	Media recortada al 5%		2374,1400	
	Mediana		2376,5100	
	Varianza		292,627	
	Desv. Desviación		17,10635	
	Mínimo		2355,02	
	Máximo		2405,76	
	Rango		50,74	
	Rango intercuartil		28,20	
	Asimetría		,442	,687
	Curtosis		-,609	1,334
	2.0% Nanosílice	Media		2372,5950
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	2361,2093	
		Límite superior	2383,9807	
Media recortada al 5%			2372,3228	
Mediana			2371,5850	
Varianza			253,322	
Desv. Desviación			15,91609	
Mínimo			2354,14	
Máximo			2395,95	
Rango			41,81	
Rango intercuartil			31,58	
Asimetría			,083	,687
Curtosis			-1,833	1,334

### Anexo 13: Gráficos Q-Q normales – Peso Unitario

Gráfico Q-Q normal de Peso Unitario estado fresco (Molder normalizados 6"x12")  
para Porc.Nano2= Concreto Patrón

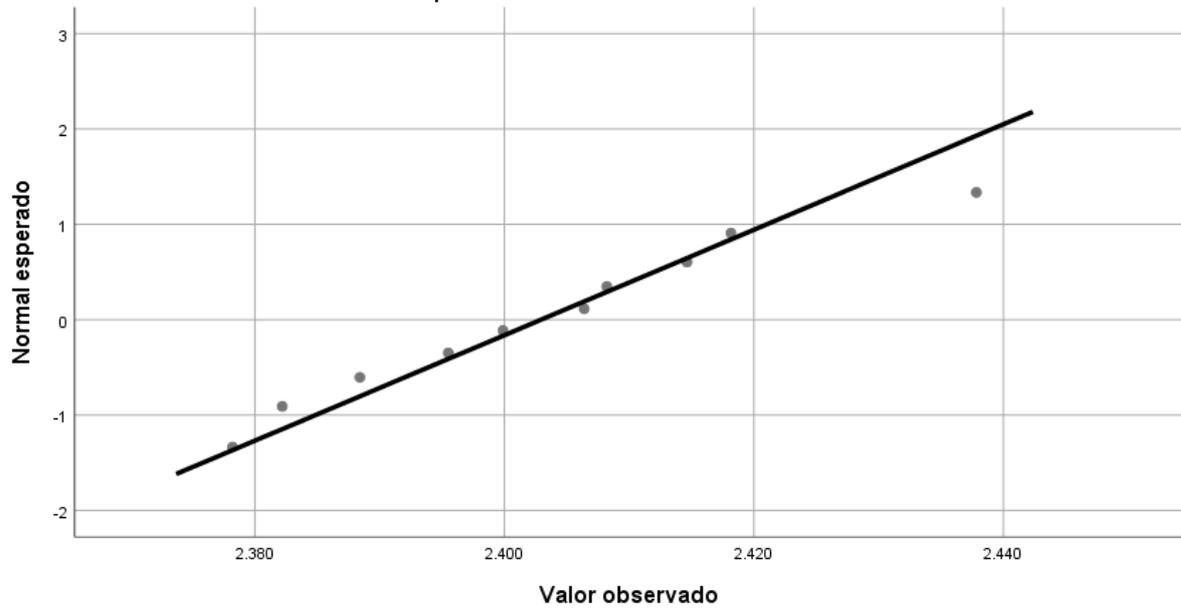


Gráfico Q-Q normal de Peso Unitario estado fresco (Molder normalizados 6"x12")  
para Porc.Nano2= 0.5% Nano-silice

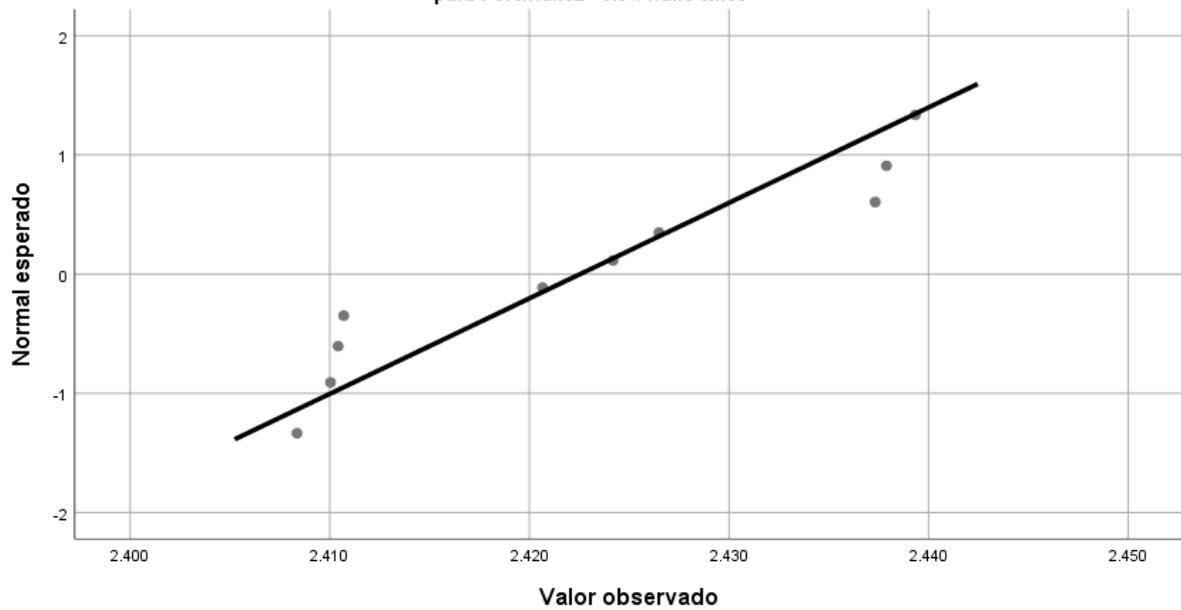


Gráfico Q-Q normal de Peso Unitario estado fresco (Molder normalizados 6"x12")  
para Porc.Nano2= 1.0% Nano-silice

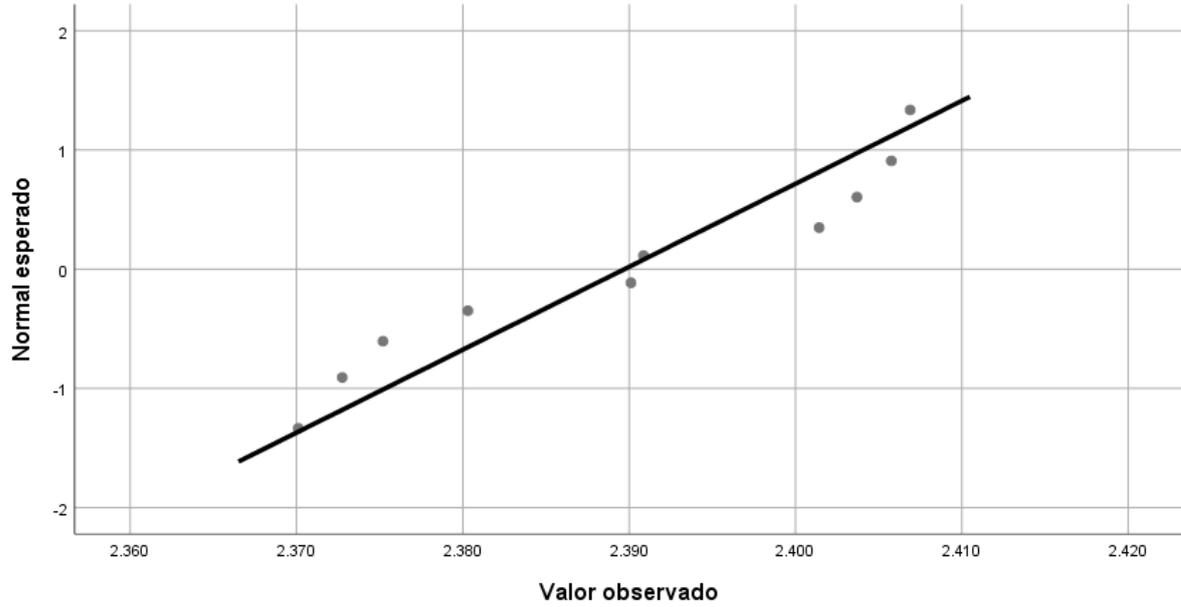


Gráfico Q-Q normal de Peso Unitario estado fresco (Molder normalizados 6"x12")  
para Porc.Nano2= 1.5% Nano-silice

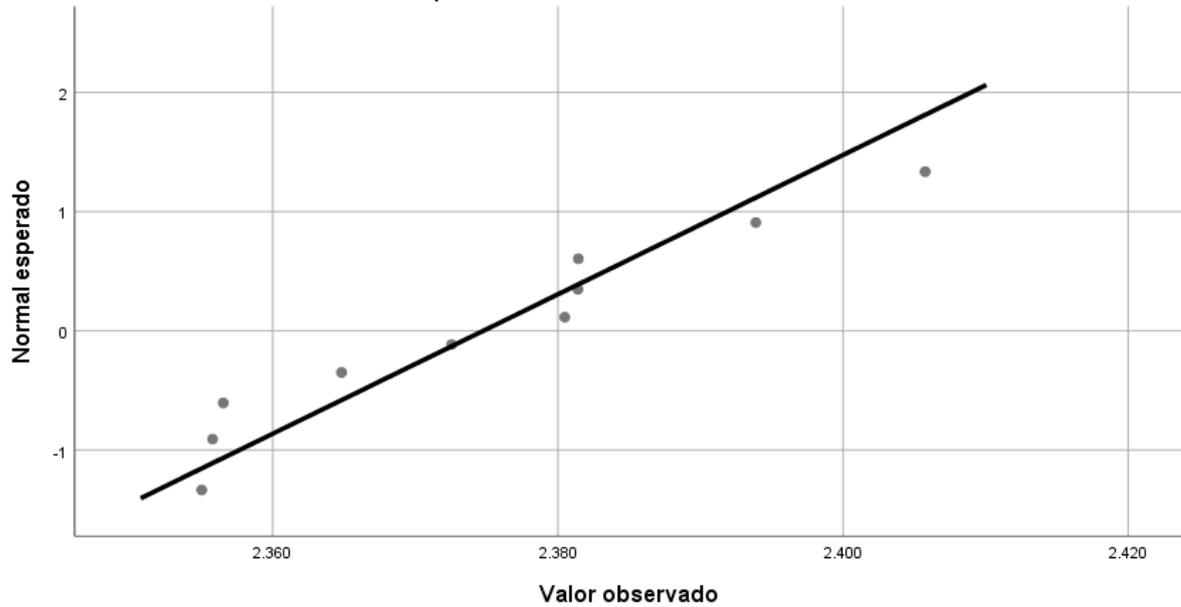
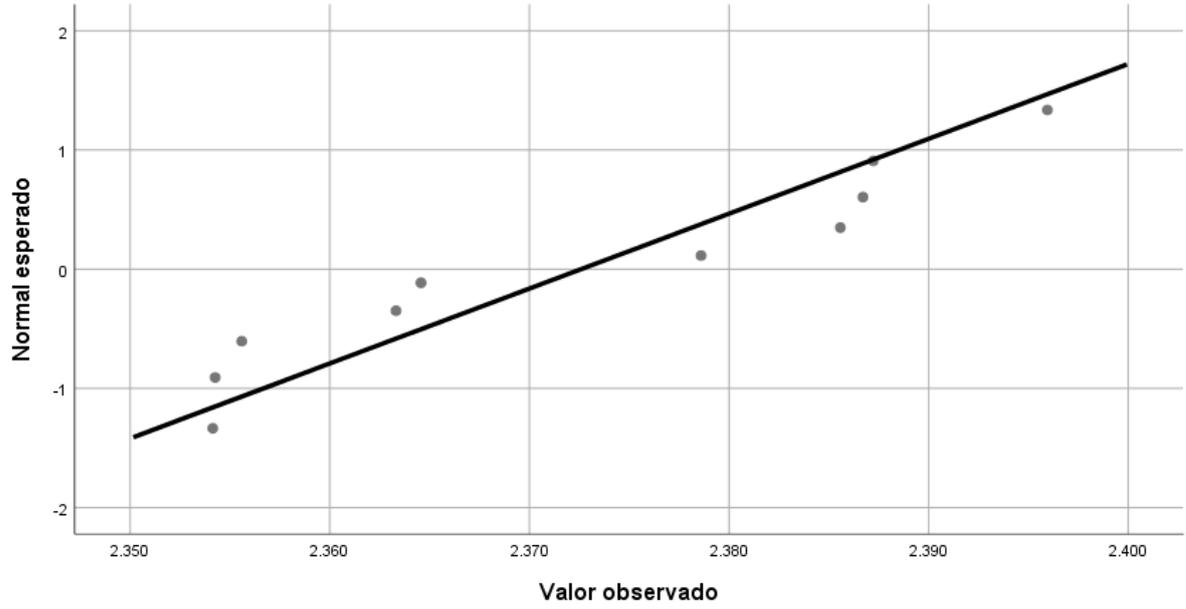


Gráfico Q-Q normal de Peso Unitario estado fresco (Molder normalizados 6"x12")  
para Porc.Nano2= 2.0% Nanosilice



**Anexo N° 14: Resumen de procesamiento casos y descripción de casos – Contenido de aire del concreto.**

		Casos					
		Válido		Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Contenido de aire (Olla de washington)	Concreto Patrón	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
	0.5% Nano-sílice	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
	1.0% Nano-sílice	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
	1.5% Nano-sílice	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
	2.0% Nanosílice	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%

**Descriptivos**

Porcentaje de Nano-sílice		Estadístico	Desv. Error
Contenido de aire (Olla de washington)	Concreto Patrón	Media	2,7000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,4234
		Límite superior	2,9766
		Media recortada al 5%	.
		Mediana	2,6800
		Varianza	,012
		Desv. Desviación	,11136
		Mínimo	2,60
		Máximo	2,82
		Rango	,22
		Rango intercuartil	.
		Asimetría	,782
	Curtosis	.	.

0.5% Nano- sílice	Media		2,1033	,10171
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,6657	
		Límite superior	2,5409	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		2,2000	
	Varianza		,031	
	Desv. Desviación		,17616	
	Mínimo		1,90	
	Máximo		2,21	
	Rango		,31	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		-1,726	1,225
	Curtosis		.	.
	1.0% Nano- sílice	Media		3,2167
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	2,8174	
		Límite superior	3,6159	
Media recortada al 5%			.	
Mediana			3,1500	
Varianza			,026	
Desv. Desviación			,16073	
Mínimo			3,10	
Máximo			3,40	
Rango			,30	
Rango intercuartil			.	
Asimetría			1,545	1,225
Curtosis			.	.
Media			3,9400	,08718

1.5% Nano- sílice	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,5649		
		Límite superior	4,3151		
	Media recortada al 5%			.	
	Mediana			3,9200	
	Varianza			,023	
	Desv. Desviación			,15100	
	Mínimo			3,80	
	Máximo			4,10	
	Rango			,30	
	Rango intercuartil			.	
	Asimetría			,586	1,225
	Curtosis			.	.
2.0% Nanosílice	Media		4,0433	,03480	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,8936		
		Límite superior	4,1931		
	Media recortada al 5%			.	
	Mediana			4,0500	
	Varianza			,004	
	Desv. Desviación			,06028	
	Mínimo			3,98	
	Máximo			4,10	
	Rango			,12	
	Rango intercuartil			.	
	Asimetría			-,492	1,225
Curtosis			.	.	

## Anexo 15: Gráficos Q-Q normales – Contenido de aire

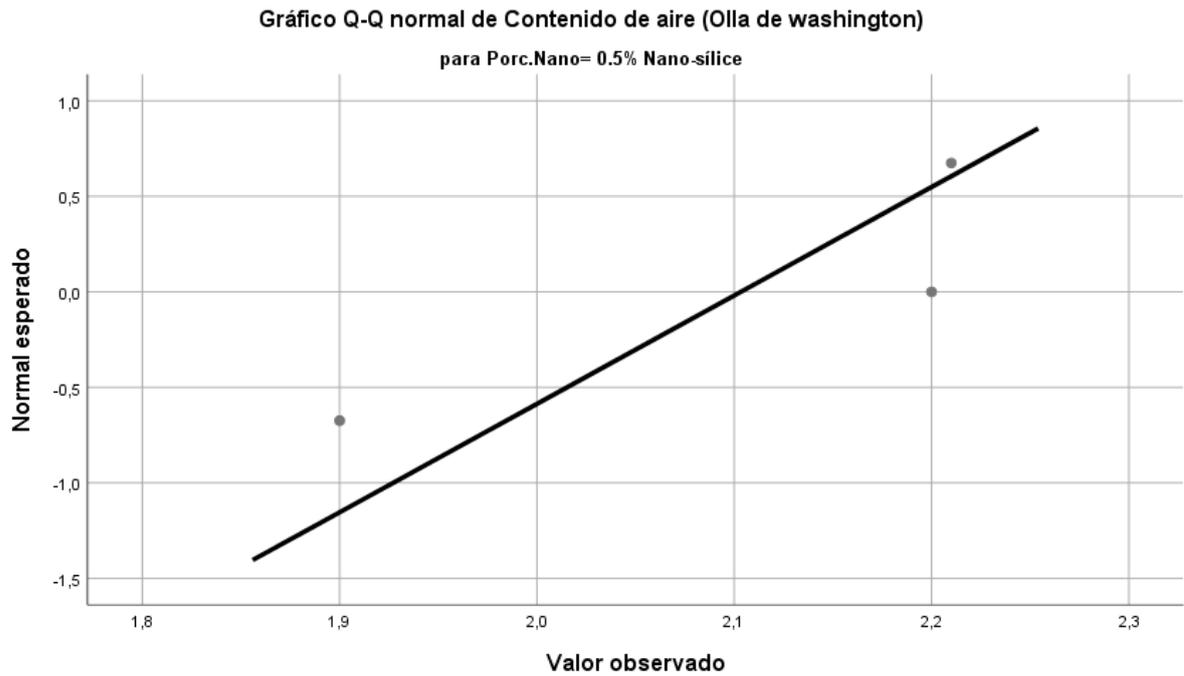
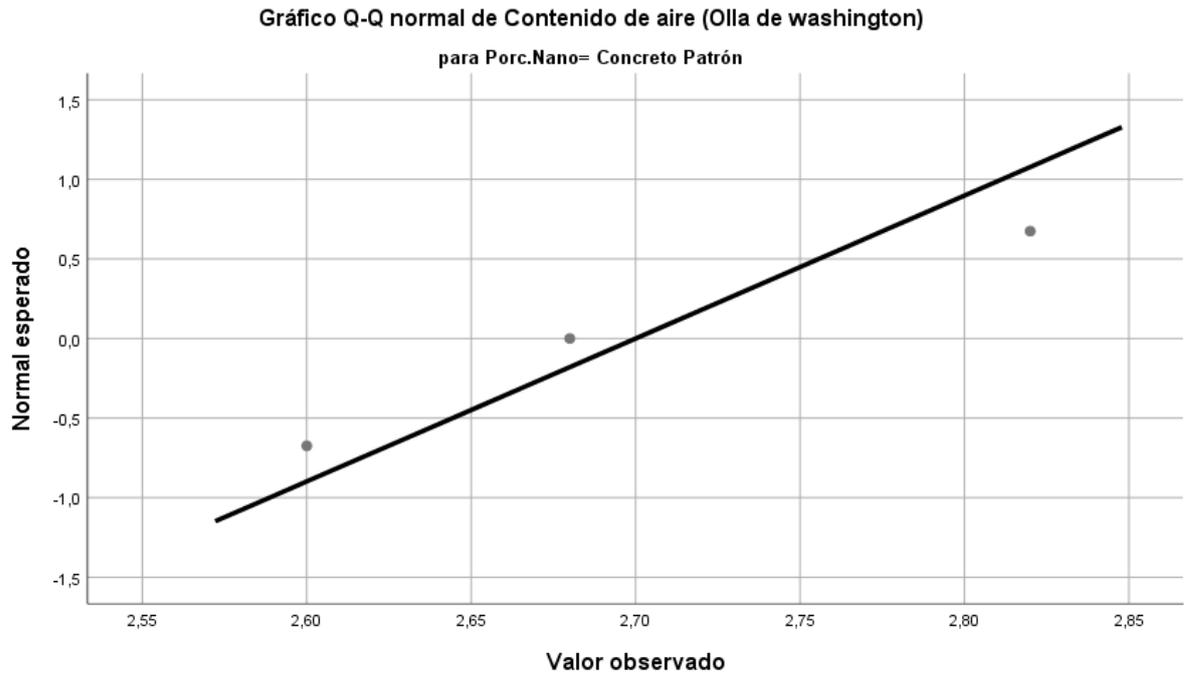


Gráfico Q-Q normal de Contenido de aire (Olla de washington)  
para Porc.Nano= 1.0% Nano-silice

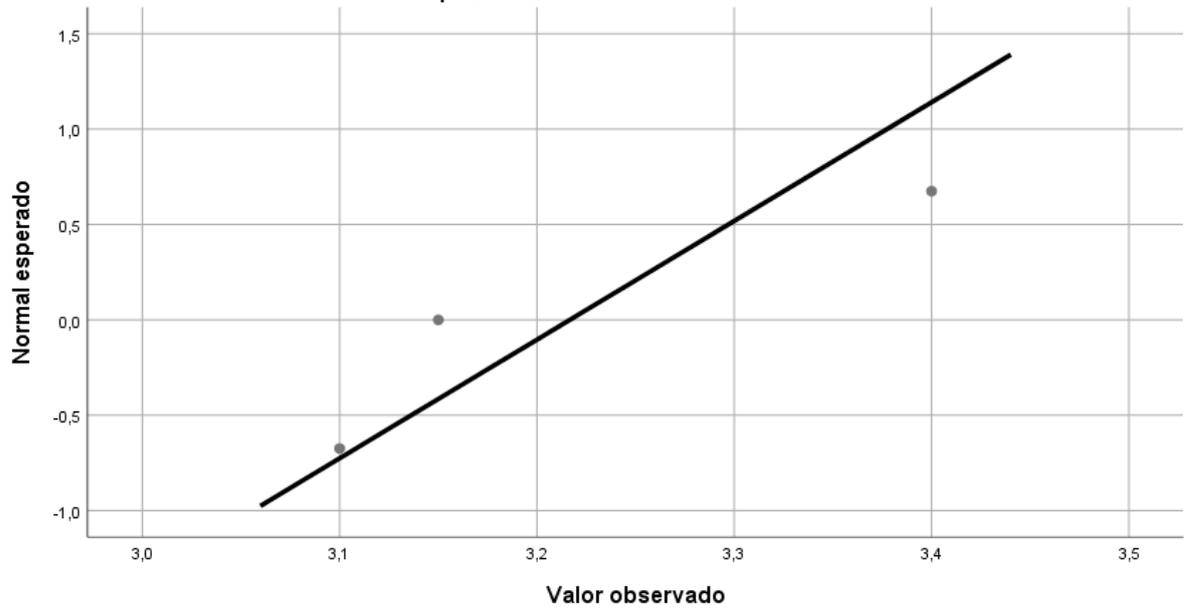


Gráfico Q-Q normal de Contenido de aire (Olla de washington)  
para Porc.Nano= 1.5% Nano-silice

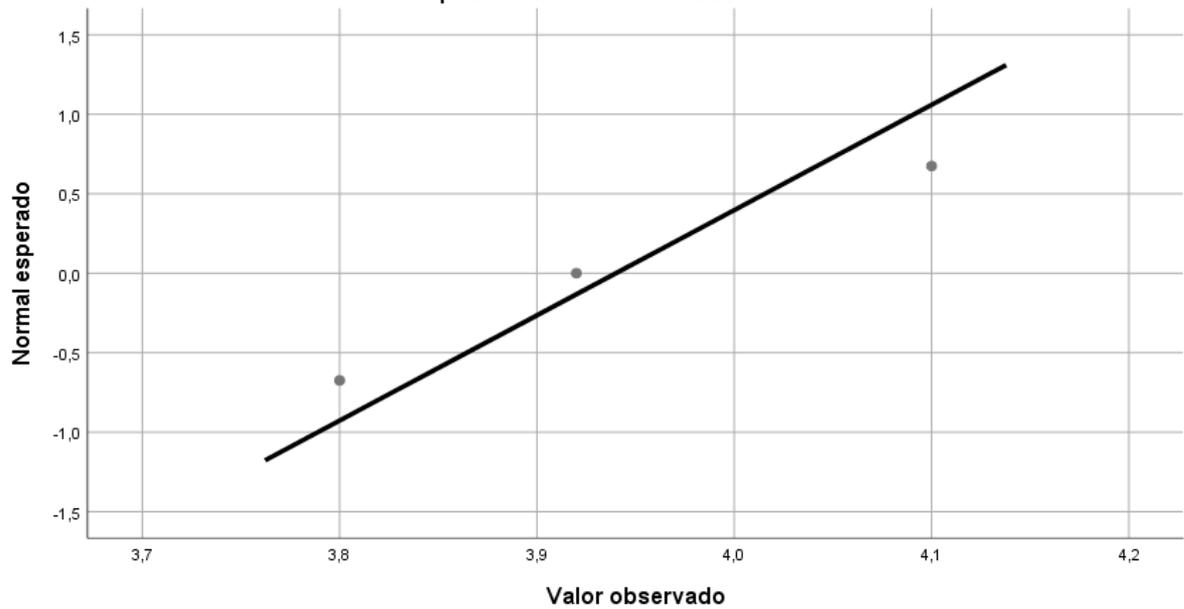
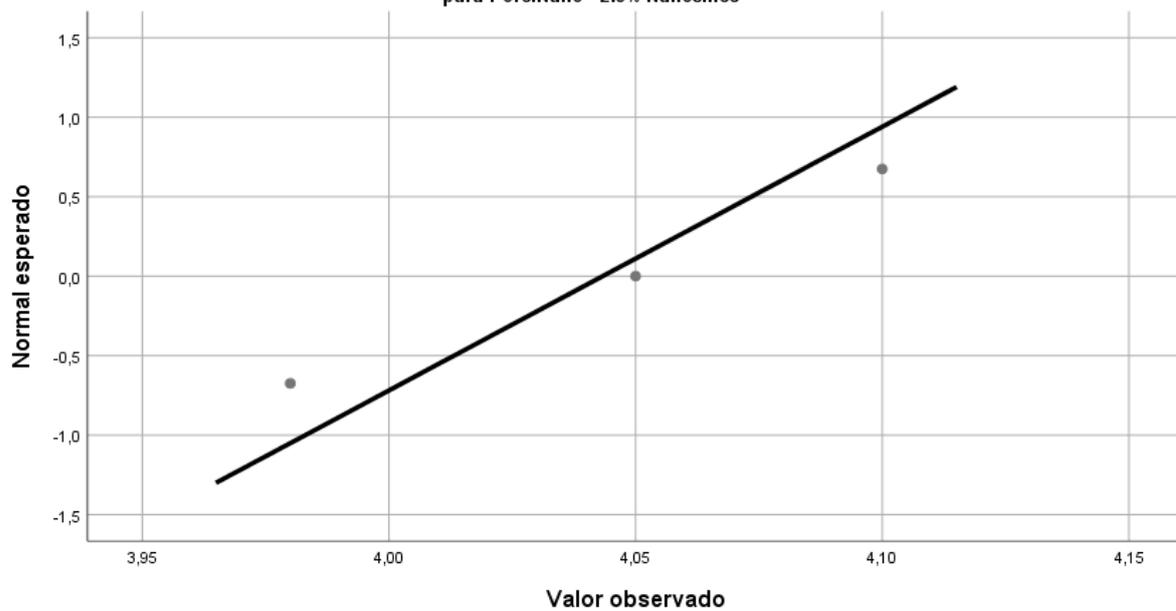


Gráfico Q-Q normal de Contenido de aire (Olla de washington)  
para Porc.Nano= 2.0% Nanosilice



**Anexo N° 16: Resumen de procesamiento casos y descripción de casos – Resistencia a la compresión.**

<b>Resumen de procesamiento de casos</b>							
	Porcentaje de Nano-sílice	Casos					
		Válido		Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Resistencia la compresión a los 28 días	Concreto Patrón	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
	0.5% de Nano-sílice	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
	1.0% de Nano-sílice	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
	1.5% de Nano-sílice	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
	2.0% de Nano-sílice	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%

<b>Descriptivos</b>					
	Porcentaje de Nano-sílice		Estadístico	Desv. Error	
Resistencia la compresión a los 28 días	Concreto Patrón	Media	356,6500	3,41089	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	345,7950	
			Límite superior	367,5050	
		Media recortada al 5%	356,5333		
		Mediana	355,6000		
		Varianza	46,537		
		Desv. Desviación	6,82178		
		Mínimo	349,90		
		Máximo	365,50		
		Rango	15,60		
		Rango intercuartil	13,00		

	Asimetría		,715	1,014
	Curtosis		-,581	2,619
0.5% de Nano-sílice	Media		450,3000	5,93113
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	431,4245	
		Límite superior	469,1755	
	Media recortada al 5%		450,1500	
	Mediana		448,9500	
	Varianza		140,713	
	Desv. Desviación		11,86227	
	Mínimo		437,80	
	Máximo		465,50	
	Rango		27,70	
	Rango intercuartil		22,75	
	Asimetría		,570	1,014
	Curtosis		-,263	2,619
	1.0% de Nano-sílice	Media		473,7750
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	456,5401	
		Límite superior	491,0099	
Media recortada al 5%			473,8667	
Mediana			474,6000	
Varianza			117,316	
Desv. Desviación			10,83124	
Mínimo			460,60	
Máximo			485,30	

	Rango		24,70		
	Rango intercuartil		20,88		
	Asimetría		-,339	1,014	
	Curtosis		-1,649	2,619	
1.5% de Nano-sílice	Media		500,8750	1,73079	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	495,3669		
		Límite superior	506,3831		
	Media recortada al 5%		500,8611		
	Mediana		500,7500		
	Varianza		11,982		
	Desv. Desviación		3,46157		
	Mínimo		496,80		
	Máximo		505,20		
	Rango		8,40		
	Rango intercuartil		6,58		
	Asimetría		,209	1,014	
	Curtosis		1,030	2,619	
	2.0% de Nano-sílice	Media		537,4000	2,32558
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	529,9990	
Límite superior			544,8010		
Media recortada al 5%			537,5944		
Mediana			539,1500		
Varianza			21,633		
Desv. Desviación			4,65116		

Mínimo	530,70	
Máximo	540,60	
Rango	9,90	
Rango intercuartil	8,10	
Asimetría	-1,578	1,014
Curtosis	2,257	2,619

## Anexo 17: Gráficos Q-Q normales – Resistencia a la compresión

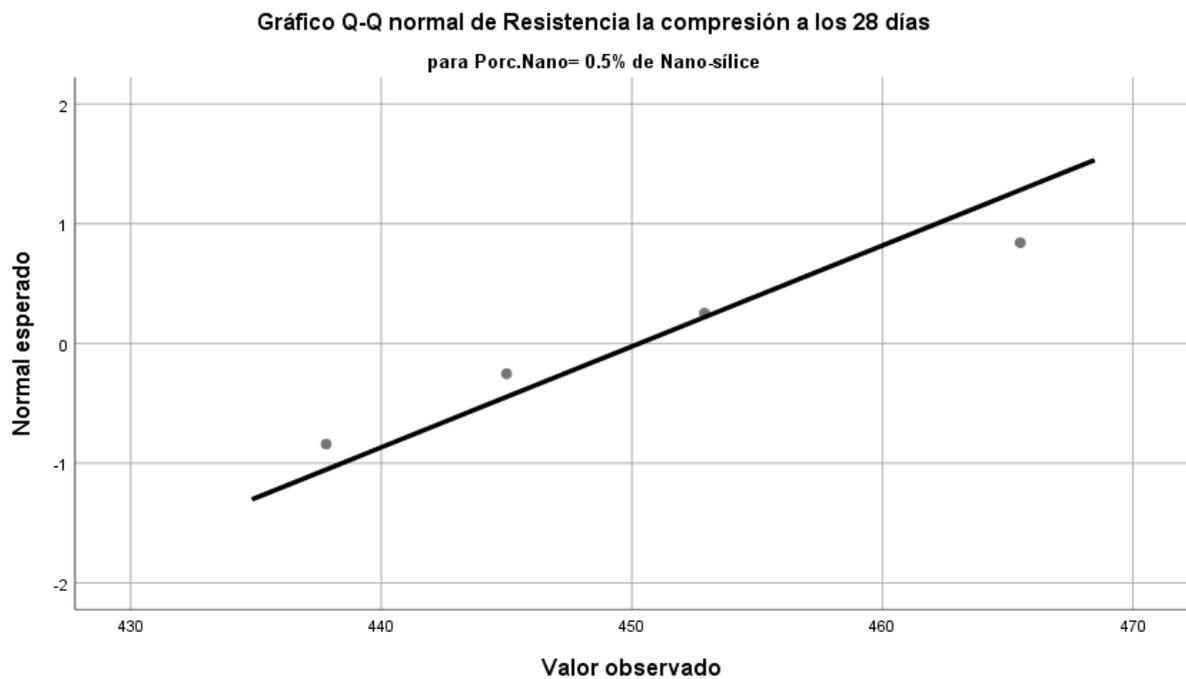
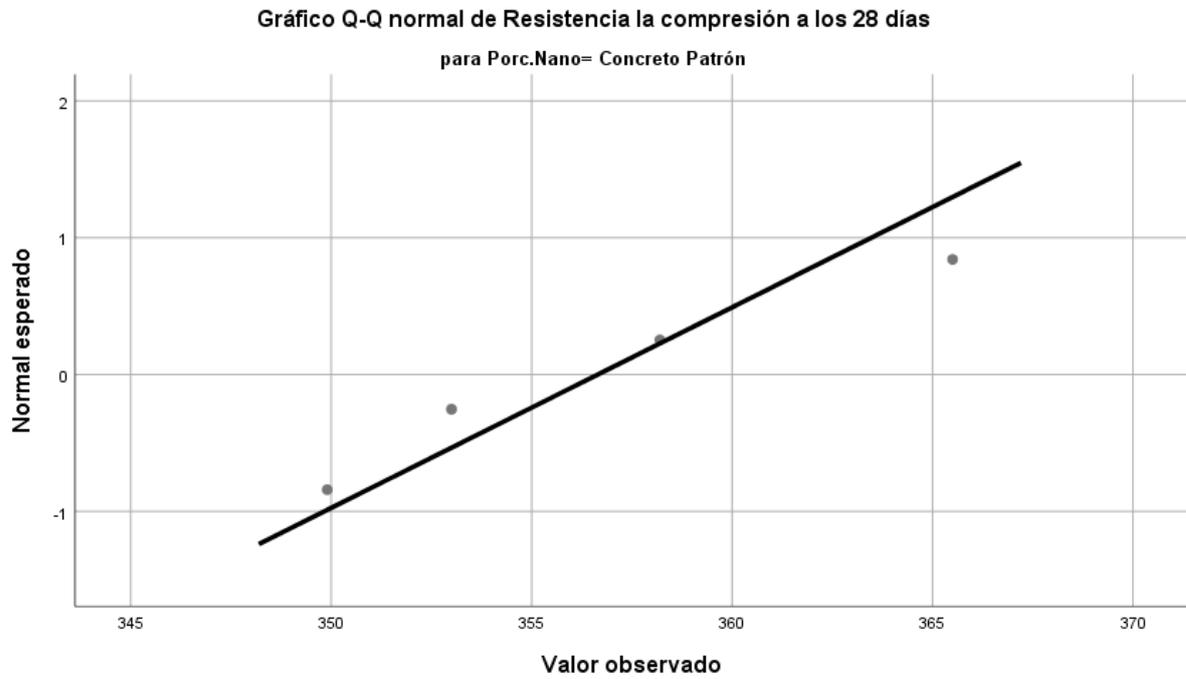


Gráfico Q-Q normal de Resistencia la compresión a los 28 días  
para Porc.Nano= 1.0% de Nano-silice

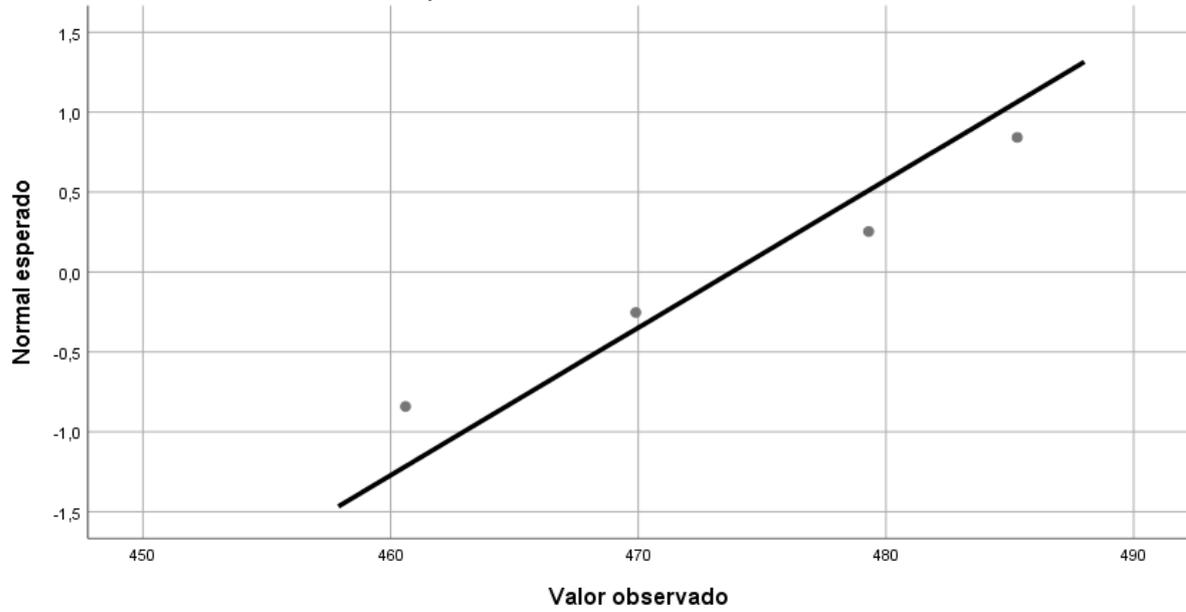


Gráfico Q-Q normal de Resistencia la compresión a los 28 días  
para Porc.Nano= 1.5% de Nano-silice

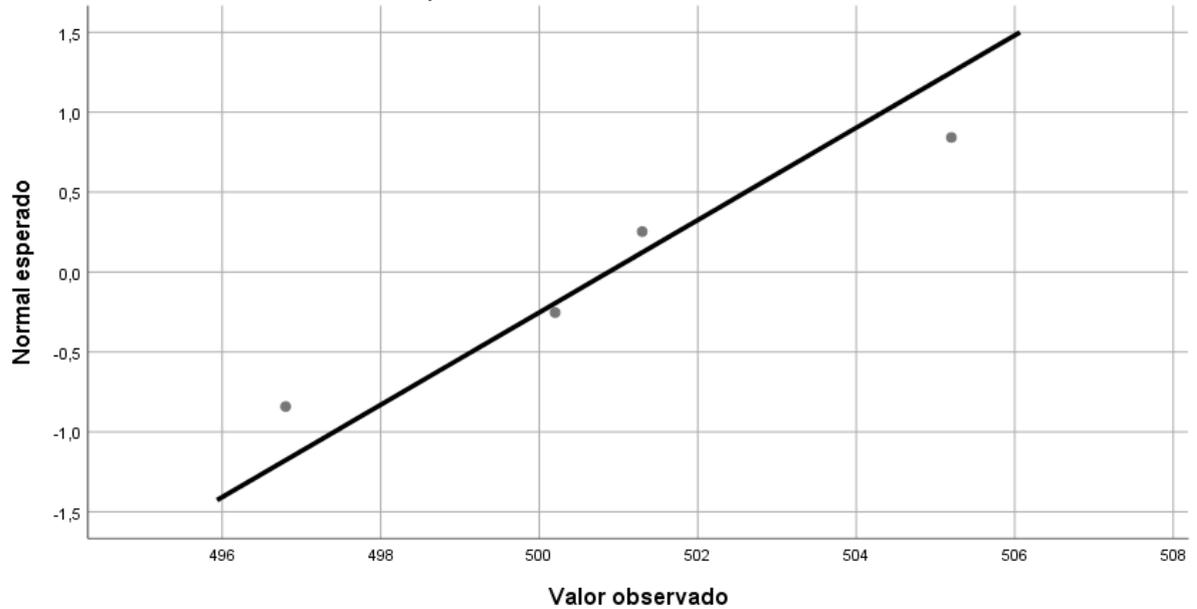
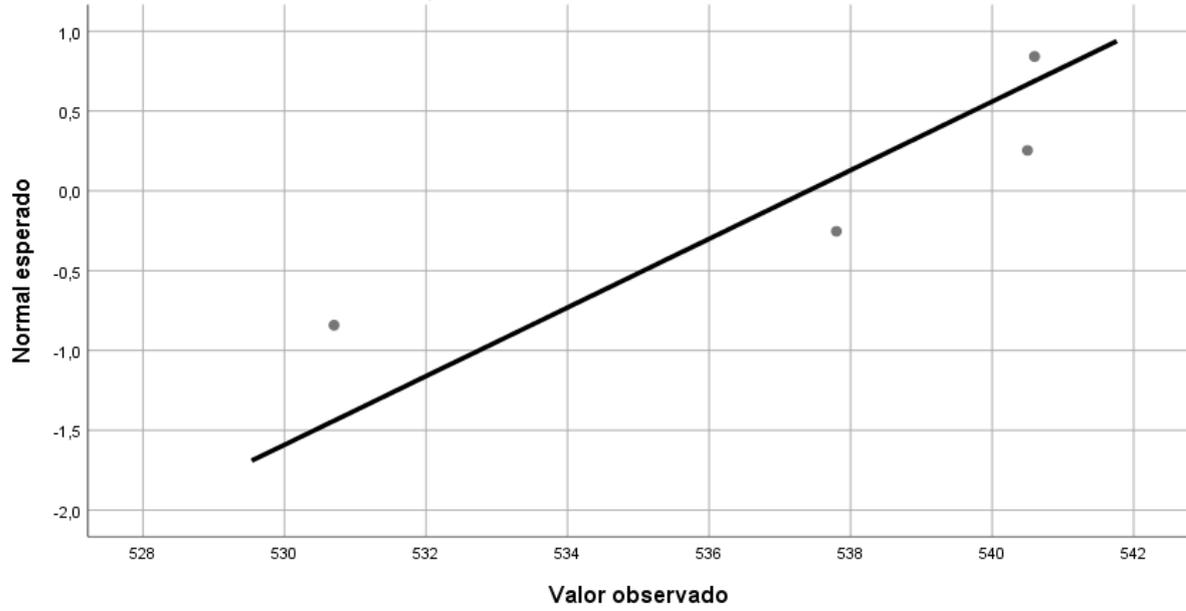


Gráfico Q-Q normal de Resistencia la compresión a los 28 días  
para Porc.Nano= 2.0% de Nano-silice



## Anexo N°18: Valores de dispersión en el control del concreto

Tabla 8.4.- Valores de dispersión en el control del concreto.

DISPERSION TOTAL					
CLASE DE OPERACION	DESVIACION STANDARD PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL ( kg/cm <sup>2</sup> )				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	SUFICIENTE	DEFICIENTE
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 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> a 24.6
DISPERSION ENTRE TESTIGOS					
CLASE DE OPERACION	COEFICIENTE DE VARIACION 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	> a 5.0

FUENTE: ACI



## Anexo N°19: Documentos del Nano-sílice

### CERTIFICADO DE CALIDAD

---



Fabricación y Comercialización de Aditivos para Concretos y Morteros

#### CERTIFICADO DE CALIDAD

El departamento técnico de Industrias Ulmen S.A. Certifica que el producto que se indica cumple los requisitos de uniformidad indicados en la norma NTP 334.088, y con nuestros estándares de calidad.

Producto : GAIA  
Lote : 15830319  
Fabricado : 09/09/2019  
Vence : 09/03/2019

Los parámetros controlados se muestran a continuación

ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
Densidad	1,03 ± 0,02 (g/ml)	1,035
Sólidos	15 ± 1,8 (%)	14,6
Color	Blanco Opalescente	Cumple

El presente aditivo tiene una vida útil de 6 meses almacenado en lugar fresco y protegido del sol, recomendado por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO 9001:2015

Alfredo Marín Tovar  
Encargado de Control de Calidad  
Industrias Ulmen S.A.

---

[www.ulmen.cl](http://www.ulmen.cl)

[ulmen@ulmen.cl](mailto:ulmen@ulmen.cl)

# HOJA DE SEGURIDAD



HOJA DE SEGURIDAD

GAIA Nanosilice

Fecha de Emisión: Nov 22, 04  
 Revisión: 10  
 Fecha de Revisión: Ago 26,16  
 Página: 1 de 2

**SECCION 1: IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DEL PROVEEDOR**

Nombre del producto : **GAIA Nanosilice**  
 Código del producto : 760-04  
 Clasificación : Aditivo para Concretos  
 Vida útil : 6 meses almacenado en lugar fresco y protegido del sol, recomendado por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO 9001:2008  
 Proveedor : INDUSTRIAS ULMEN S.A.  
 E-mail : [atencionalcliente@ulmen.cl](mailto:atencionalcliente@ulmen.cl)  
 Página Web : [www.ulmen.cl](http://www.ulmen.cl)



Toda llamada de emergencia dentro y/o fuera del país será reembolsada previa revisión

**SECCION 2: COMPOSICION/ INFORMACION DE LOS COMPONENTES**

Nombre químico : Mezcla de polímeros, ácidos carboxílicos y sílice en solución  
 Fórmula química : Confidencial  
 N° CAS : No aplica

**SECCION 3: IDENTIFICACION DE LOS RIESGOS**

Marca en etiqueta : Rombo NFPA  
 Clasificación de Salud (1) / Inflamabilidad (0)  
 Reactividad (0) / Riesgo Especial (0)  
 Riesgos : Ninguno  
 Peligros para la salud : Ninguno



**SECCION 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS**

Contacto con los ojos : Lavar con abundante agua durante 15 min. Referir al médico  
 Contacto con la piel : Lavar de inmediato con agua y jabón  
 Inhalación : Dar aire fresco si fuese necesario  
 Ingestión : Enjuagar boca con agua tibia. Referir al médico

**SECCION 5: MEDIDAS PARA COMBATIR EL FUEGO**

Agentes extintores : No inflamable ni combustible. Actuar según tipo de fuego existente  
 Protección especial : Ninguna  
 Proced. Especiales : No aplica  
 Riesgo explosión : No aplica

**SECCION 6: MEDIDAS PARA CONTROLAR DERRAMES O FUGAS**

Medidas de emergencia : Lavar con agua y trapear  
 Protección personal : Antiparras y guantes  
 Daños al ambiente : Ninguno, líquido inofensivo  
 Métodos de eliminación : Tratar como líquido inofensivo

**SECCION 7: MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO**

Manipulación : Usar antiparras y guantes  
 Almacenamiento : Almacenar en lugar fresco y seco  
 Embalajes : Almacenar solo en envase original

**SECCION 8: CONTROL DE EXPOSICION/ PROTECCION ESPECIAL**

Medidas por exposición : No se requiere  
 Protección respiratoria : No se requiere  
 Protección de los ojos : Antiparras  
 Guantes de protección : de PVC

[www.cognoscibletechnologies.com](http://www.cognoscibletechnologies.com)

[www.ulmen.cl](http://www.ulmen.cl)

[atencionalcliente@ulmen.cl](mailto:atencionalcliente@ulmen.cl)



HOJA DE SEGURIDAD  
GAIA Nanosilice

Fecha de Emisión: Nov 22, 04  
Revisión: 10  
Fecha de Revisión: Ago 26, 16  
Página: 2 de 2

SECCION 9: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Estado fisico	:	Líquido
Color	:	Blanco
Olor	:	Característico
PH	:	5 ± 1
Densidad a 20° C	:	1,032 ± 0,004 (g/mL)
Viscosidad (Copa Ford N°4)	:	14 ± 1 (seg)
Sólidos ILQ 4	:	15 ± 1 %
Inflamacion, Combustion, Explosión	:	No inflamable, No combustible, No explosivo
Solubilidad	:	Completamente soluble en agua

SECCION 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad	:	Estable bajo condiciones normales
Reactividad	:	Ninguna

SECCION 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad aguda	:	Por ingestión, dosis > 4000 mg/kg
Efectos peligrosos para la salud	:	Ninguno

SECCION 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Inestabilidad	:	Estable
Persistencia/ degradabilidad	:	Los métodos para determinación de la biodegradabilidad no son aplicables a sustancias inorgánicas
Bio-acumulacion	:	No aplica

SECCION 13: CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICIÓN FINAL

Método de eliminación del producto	:	Debe tratarse como líquido inofensivo
Eliminación de envases	:	Depositar en vertedero autorizado según legislación vigente

SECCION 14: INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

NCh 2190	:	No aplica
Código NFPA	:	Salud: 1/ Inflam: 0/ React: 0/ Riesgo Especial: 0
N° UN	:	No clasificado

SECCION 15: NORMAS VIGENTES

Normas internacionales aplicables	:	ASTMC-494
Normas nacionales aplicables	:	NCh 2182
Marca en etiqueta	:	Código NFPA

SECCION 16: OTRAS INFORMACIONES

El formato de esta hoja de seguridad cumple con la NCh 2245 of 03.

La información contenida se entrega de buena fe y voluntariamente. ULMEN S.A. no se hace responsable por el buen o mal uso de esta información. Considerando que el uso de esta información y de los productos está fuera del control del proveedor, ULMEN S.A. no asume responsabilidad alguna por este concepto. Las condiciones de uso seguro del producto es obligación del usuario.



# FICHA TÉCNICA



## GAIA Nanosilice

Adicionante a cementos para concretos de altas prestaciones

Fecha de Emisión: Mar 10, 05  
Revisión: 11  
Fecha de Revisión: Ago 26, 16  
Página: 1 de 1

Ulmen S.A. Adicionante a Cementos

### Descripción

GAIA Nanosilice es el primer adiciónante base nanosilice generado durante 2004 por la sinergia Scitech Cognoscible / Ulmen.

Pertenece a la línea GAIA NANOSILICE, donde las reacciones químicas en el hormigón convierten las nanopartículas de sílice en nanopartículas de cemento.

### Aspectos Técnicos

Elimina el total de la sílice en polvo en cualquiera de sus alternativas, y también los superplastificantes, reduciendo al mínimo los reductores plastificantes.

Con GAIA Nanosilice se obtiene concretos de alto rendimiento : 70 MPa a R28.

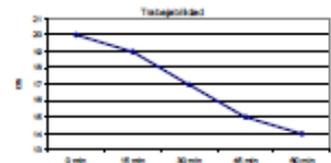
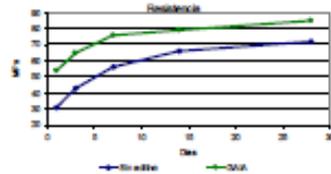
Ideal para concretos tipo "Fast Track", a usar dentro de las 24 horas posteriores al vaciado, con adecuadas dosificaciones, que permiten obtener hormigones impermeables según norma DIN 1048 o Nch 2262.

### Propiedades

Consecuencia de la menor actividad operacional, menor flujo de material con la consiguiente reducción de inventario, y - - - es líquido, amigable con el medio ambiente y la salud de los trabajadores.

### Duración

6 meses almacenado en lugar fresco y protegido del sol, recomendado por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO 9001:2008



H-70 con 1,5% de GAIA

### Dosis

Se recomienda su uso en dosis de 0,5 a 3% en base al peso del cemento. Para dosis fuera de este rango, contacte al equipo técnico ULMEN.

### Presentación

Bidón plástico de 230 Kg.  
Contenedor retornable de 1.000 kg

### Propiedades Físicas

Aspecto : Líq. Levemente viscoso.  
Color : Blanco  
Densidad : 1,032 ± 0,004 g/mL  
pH : 5 ± 1  
Viscosidad : 14 ± 1 (s) (C.Ford N°4)

### Clasificación

Gaia Nanosilice no tiene clasificación normada, sin embargo cumple como aditivo superplastificante tipo F, según NCh 2182-2010

Teléfono # 2430 – Tel (56-7) 28073468 – (56-7) 25057838 – La Pintana



**Anexo N°20: Panel fotográfico – Caracterización de materiales**



*Figura 6: Cuarteo de Agregados y separación de muestras*



*Figura 7: Ensayo de Tamizado - Agregados*

}



Figura 8: Ensayo laboratorio - Peso unitario suelto y compactado de agregados



Figura 9: Ensayo laboratorio Peso específico agregado grueso

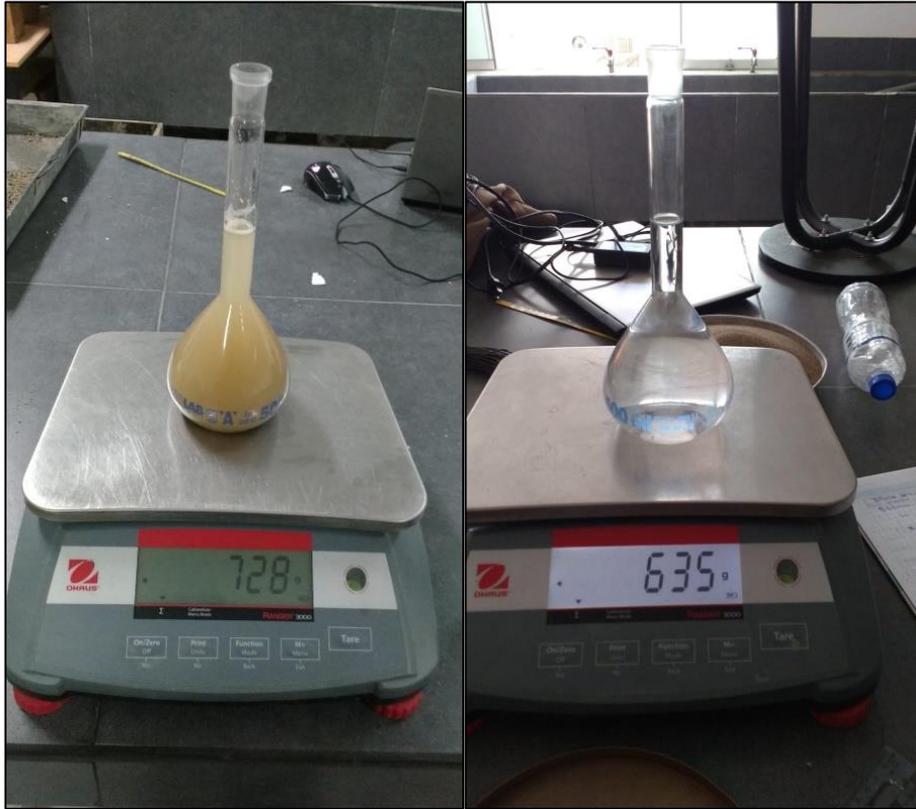


Figura 10: Ensayo laboratorio - Peso específico agregado Fino



Figura 11: Horno para secado de agregados



*Figura 12: Ensayo laboratorio - Contenido de Humedad agregado fino*



*Figura 13: Ensayo laboratorio - Contenido de Humedad agregado Grueso*



Figura 14: Ensayo laboratorio de absorción - Agregado grueso



Figura 15: Ensayo laboratorio de absorción - Agregado fino



*Figura 16: Trabo integrantes en caracterización de agregados*

## Anexo N°21: Panel fotográfico – Elaboración y ensayos de concreto fresco



Figura 17: Materiales para elaboración de mezcla a ensayar



Figura 18: Producto Nano-sílice



*Figura 19: Integrantes - Elaboración de mezcla a estudiar*



*Figura 20: Procedimiento de elaboración de mezclas de concreto*



*Figura 21: Mezclado de concreto base*



*Figura 22: Mezclado concreto con Nano-sílice*



*Figura 23: Ensayo Asentamiento - Concreto base*



Figura 24: Ensayo asentamiento - 0.5% Nano-sílice



Figura 25: Ensayo asentamiento - 1.0% Nano-sílice



*Figura 26: Ensayo asentamiento - 1.5% Nano-silíce*



*Figura 27: Ensayo asentamiento - 2.0% Nano-silíce*



*Figura 28: Equipo para ensayo asentamiento y elaboración de probetas*



*Figura 29: Molde normalizadas para probetas de concreto*



Figura 30: Ensayo de Peso unitario del concreto mediante moldes normalizados.



Figura 31: Muestras para ensayo de Peso unitario del concreto mediante moldes normalizados



Figura 32: Ensayo de Peso unitario del concreto mediante Olla de Washington



*Figura 33: Ensayo de contenido de aire del concreto mediante la olla de Washington – Nano-silíce 0.5%*



*Figura 34: Ensayo de contenido de aire del concreto mediante la olla de Washington – Nano-silíce 1.0%*



*Figura 35: Ensayo de contenido de aire del concreto mediante la olla de Washington – Nano-sílice 1.5%*



*Figura 36: Ensayo de contenido de aire del concreto mediante la olla de Washington – Nano-sílice 2.0%*



*Figura 37: Olla de Washington para ensayo de Peso Unitario y Contenido de aire*



*Figura 38: Olla de Washington para Contenido de aire*



*Figura 39: Elaboración de probetas para los ensayos*



Figura 40: Muestra de tandas de elaboración de probetas de concreto



*Figura 41: Desmolde de probetas de concreto*

**Anexo N°22: Panel fotográfico – Curado del concreto**



*Figura 42: Curado de probetas de concreto*

## Anexo N°23: Panel fotográfico – Ensayos de concreto endurecido



Figura 43: Calibración máquina de compresión



Figura 44: Almohadillas de Neopreno



*Figura 45: Preparación para ensayos de Compresión de las probetas de concreto*



Figura 46: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (1 día- 0.5% Nano-sílíce)



Figura 47: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (3 días- 0.5% Nano-sílíce)



Figura 48 Muestra de resultados - Ensayo de compresión (7 días- 0.5% Nano-sílice)



Figura 49: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (7 días- 0.5% Nano-sílice)



Figura 50: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (14 días- 0.5% Nano-sílice)



Figura 51: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (28 días- 0.5% Nano-sílice)



Figura 52: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (1 día- 1.0% Nano-sílice)



Figura 53: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (3 días- 1.0% Nano-sílice)



Figura 54: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (7 días- 1.0% Nano-sílice)



Figura 55: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (14 días- 1.0% Nano-sílice)



Figura 56: Muestra de resultados - Ensayo de compresión 28 días - 1.0% Nano-sílice)



Figura 57: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (1 día- 1.5% Nano-sílice)



Figura 58: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (3 días - 1.5% Nano-sílice)



Figura 59: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (7 días - 1.5% Nano-sílice)



Figura 60: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (7 días - 1.5% Nano-sílíce)



Figura 61: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (14 días - 1.5% Nano-sílíce)



Figura 62: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (28 días - 1.5% Nano-sílice)



Figura 63: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (28 días - 1.5% Nano-sílice)

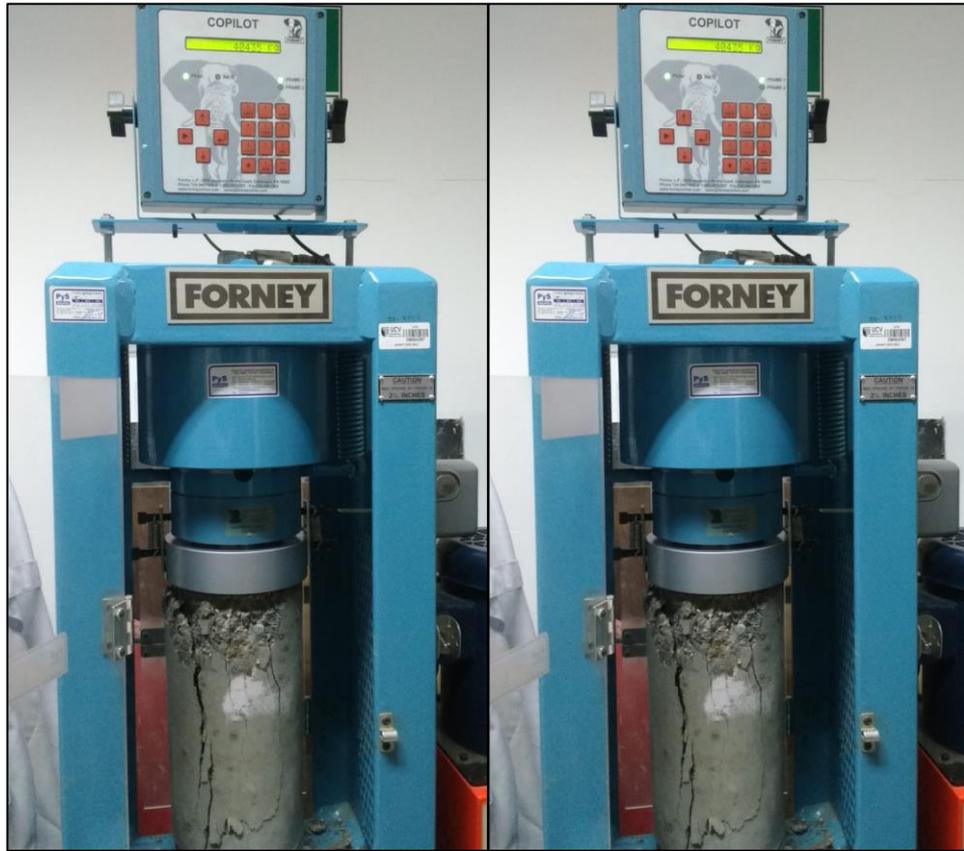


Figura 64: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (1 día - 2.0% Nano-sílíce)



Figura 65: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (3 días - 2.0% Nano-sílíce)



Figura 66: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (7 días - 2.0% Nano-sílíce)



Figura 67: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (7 días - 2.0% Nano-sílíce)



Figura 68: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (14 días - 2.0% Nano-sílíce)



Figura 69: Muestra de resultados - Ensayo de compresión (28 días - 2.0% Nano-sílíce)



Figura 70: Ensayo de compresión y toma de datos



Figura 71: Ensayo de compresión y toma de datos



Figura 72: Tipo de roturas de probetas ensayadas.



*Figura 73: Muestra de los agregados distribuidos internamente en el concreto.*



*Figura 74: Muestra de probetas de concretos ensayados.*

**Anexo N°24: Panel fotográfico – Fallas de concretos elaborados**



*Figura 75: Falla por segregación durante primeros ensayos*

## Anexo N°25: Panel fotográfico – Documentación de equipos utilizados

# METROTEC

## METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 282 - 2017

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

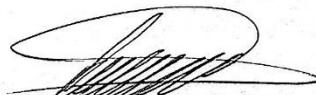
Página 1 de 4

1. Expediente	17489	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.	
3. Dirección	Parte de Lotes 120 y 73 N° Fnd. La Estrella Sub Lt. B - Ate - LIMA.	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.  METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.  Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.  El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Capacidad Máxima	3100 g	
División de escala (d)	0,01 g	
Div. de verificación (e)	0,01 g	
Clase de exactitud	II	
Marca	OHAUS	
Modelo	PAJ3102	
Número de Serie	B646309069	
Capacidad mínima	0,20 g	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2017-06-12	

Fecha de Emisión

2017-06-12

Jefe del Laboratorio de Metrología

  
JUAN C. QUISPE MORALES

Sello



Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LM - 282 - 2017**

Página 2 de 4

**5. Método de Calibración**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

**7. Lugar de calibración**

Laboratorio de Masa de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego Vipol, San Martín de Porres - Lima

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	21,4 °C	21,1 °C
Humedad Relativa	77 %	77 %

**9. Patrones de referencia**

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) Dirección de Metrología - INACAL 150033005	PESAS (Clase de Exactitud: F1)	INACAL LM-C-535-2016

**Observaciones**

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 282 - 2017

Página 3 de 4

### 11. Resultados de Medición

#### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición Nº	Carga L1 = 1 550,00 g			Carga L2 = 3 100,01 g			
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	1 550,00	5	0	3 100,00	5	-10	
2	1 550,00	5	0	3 100,00	5	-10	
3	1 550,00	5	0	3 100,00	5	-10	
4	1 550,01	6	9	3 100,00	5	-10	
5	1 550,00	5	0	3 100,01	6	-1	
6	1 550,00	5	0	3 100,01	6	-1	
7	1 550,00	5	0	3 100,01	6	-1	
8	1 550,01	6	9	3 100,02	8	7	
9	1 550,01	4	11	3 100,01	6	-1	
10	1 550,00	4	1	3 100,01	6	-1	
Diferencia Máxima			11	Diferencia Máxima			17
Error Máximo Permisible			± 30	Error Máximo Permisible			± 30

#### ENSAYO DE EXCENRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1	0,10 g	0,10	5	0	1 000,00	1 000,00	5	0	0
2		0,10	5	0		1 000,00	5	0	0
3		0,10	5	0		1 000,01	6	9	9
4		0,10	5	0		1 000,01	6	9	9
5		0,10	5	0		999,99	4	-9	-9
Error máximo permisible								± 30	

\* Valor entre 0 y 10e



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 282 - 2017

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	21,2 °C	21,1 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± mg)
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,10	0,10	5	0						
0,20	0,20	5	0	0	0,20	6	-1	-1	10
50,00	50,00	5	0	0	50,00	5	0	0	20
100,00	100,00	5	0	0	100,00	4	1	1	20
500,00	500,00	4	1	1	500,00	4	1	1	30
1 000,00	1 000,00	4	1	1	1 000,01	6	9	9	30
1 500,00	1 500,00	4	1	1	1 500,01	6	9	9	30
2 000,00	2 000,01	6	9	9	2 000,01	6	9	9	30
2 500,00	2 500,01	6	9	9	2 500,01	6	9	9	30
3 000,01	3 000,01	6	-1	-1	3 000,02	7	8	8	30
3 100,01	3 100,01	7	-2	-2	3 100,01	7	-2	-2	30

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.  
E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero.  
E<sub>c</sub>: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0,0000578 \text{ g}^2 + 0,0000000000157 \text{ R}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0,00000143 R$$



### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LM - 283 - 2017**

Página 1 de 4

1. Expediente	17489	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.	
3. Dirección	Parte de Lotes 120 y 73 N° Fnd. La Estrella Sub Lt. B - Ate - LIMA.	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.  METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.  Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.  El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Capacidad Máxima	30000 g	
División de escala (d)	1 g	
Div. de verificación (e)	10 g	
Clase de exactitud	III	
Marca	OHAUS	
Modelo	R31P30	
Número de Serie	8336460676	
Capacidad mínima	20 g	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2017-06-12	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

2017-06-12

Sello

  
JUAN C. QUISPE MORALES

Metrología &amp; Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Almagro, 1111, Lima 1, Perú

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LM - 283 - 2017**Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM-INDECOPI. Tercera Edición.

**7. Lugar de calibración**

Laboratorio de Masa de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego Vipol, San Martín de Porres - Lima

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	21,3 °C	21,5 °C
Humedad Relativa	76 %	75 %

**9. Patrones de referencia**

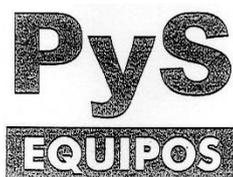
Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) Dirección de Metrología - INACAL 150033005	PESAS (Clase de Exactitud: F1)	INACAL LM-C-535-2016
PESAS (Clase de exactitud F1) DM - INACAL LM-C-317-2016 / LM- 491-2016.	PESAS (Clase de Exactitud: M1)	METROIL M-0774-2016
PESAS (Clase de exactitud F2) DM-INACAL LM-414-2016.		
PESAS (Clase de exactitud E2) DM / INACAL LM-371-2016	PESA (Clase de Exactitud M1)	INACAL M-0307-2017
PESAS (Clase de exactitud M1) DM- INACAL LM-133-2016	PESAS (Clase de Exactitud M2)	TOTAL WEIGHT CM-0812-2016

**Observaciones**

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.





Equipos de Laboratorio para Ingeniería Civil: Suelos, Asfaltos, Concretos y Tamices

## CERTIFICADO DE CALIDAD

El material identificado en el presente documento ha sido inspeccionado, y revisado de acuerdo con procedimientos estándar, se establece y se encuentra que esta dentro de las tolerancias prescritas.

### ESPECIFICACIONES DE LAS NORMAS:

Norma de ensayo: ASTM C – 143 #192.

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:

Medida Largo: 60 Centímetros.

Medida Ancho: 40 Centímetros.

Material: Lamina Cal 16. Zincado.

NOMBRE DEL PRODUCTO: PLACA BASE DE ASENTAMIENTO SLUMP.

MARCA DEL PRODUCTO: PYS EQUIPOS.

CODIGO DEL PRODUCTO: PYS303-2

SERIE DEL PRODUCTO: 132

FECHA: 21/12/2017

Aprobado: Amed Castillo  
Control de Calidad



Calle 4, Mz. F1 Lt. 5 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
Telf.: 485 3873  
Cel: 94518 3033 / 94518 1317 / 97005 5989  
ventas@pys.pe / apojo@pys.pe  
www.pys.pe

# Product Certification

## This is to Certify

That the material herein identified has been inspected and calibrated (when applicable) in accordance with standard procedures set forth and is found to be within the prescribed tolerances.

PRODUCT MANUFACTURE: FORNEY, LLC

PRODUCT ITEM NUMBER: LA-0275

MANUFACTURING SPECIFICATIONS: ASTM C1611 C1611M-05  
EN 12350-22

PRODUCT DESCRIPTION: SLUMP CONE

MODEL: LA-0275

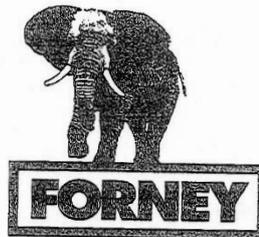
SERIE: 131

DATE: 21/12/2017



FORNEY REPRESENTATIVE

This Certificate is issued as a statement of the fact that on this date the above instrument(s) had an accuracy as indicated. It should not be construed or regarded as a Guarantee or Warranty of any kind (in favor of the client, the client's customers, or the public at large) that the instrument(s) will continue to retain the same percentage (%) of accuracy or efficiency as determined on the date, when the calibration, and adjustments if required was performed and reported by "FORNEY INCORPORATED", since the calibrator has absolutely no control over the future operation, damage, maintenance repairs and overall condition of the instrument(s) and hereby expressly disclaims any and all liability for damage or loss sustained by all parties arising or resulting from deterioration, obsolescence, malfunction, or sub-standard performance of said instrument(s): which shall be deemed to be and which shall remain the sole responsibility of the machines regular custodian, owner and/or manufacturer.



WORLD EXPERTS IN MATERIAL TESTING  
1565 Broadway Ave., Hermitage, PA 16148  
Phone 724-346-7400 Fax: 724-346-7408  
Email - [sales@forneyonline.com](mailto:sales@forneyonline.com)

# Product Certification

## This is to Certify

That the material herein identified has been inspected and calibrated (when applicable) in accordance with standard procedures set forth and is found to be within the prescribed tolerances.

PRODUCT MANUFACTURE: FORNEY, LLC

PRODUCT ITEM NUMBER: LA-0211-01

MANUFACTURING SPECIFICATIONS: ASTM C138 C143 C192 C231 C470  
AASHTO T23 T119 T121 T126 T152  
BS 1881:107  
EN 12350-6 1097-3

PRODUCT DESCRIPTION: CYL MOLD, 6" X 12" IN, PLASTIC.

MODELO: MA6x12

DATA: 21/12/2017

FORNEY REPRESENTATIVE

This Certificate is issued as a statement of the fact that on this date the above instruments(s) had an accuracy as indicated. It should not be construed or regarded as a Guarantee or Warranty of any kind (in favor of the client, the client's customers, or the public at large) that the instrument(s) will continue to retain the same percentage (%) of accuracy or efficiency as determined on the date, when the calibration, and adjustments if required was performed and reported by "FORNEY INCORPORATED", since the calibrator has absolutely no control over the future operation, damage, maintenance repairs and overall condition of the instrument(s) and hereby expressly disclaims any and all liability for damage or loss sustained by all parties arising or resulting from deterioration, obsolescence, malfunction, or sub-standard performance of said instrument(s); which shall be deemed to be and which shall remain the sole responsibility of the machines regular custodian, owner and/or manufacturer.



WORLD EXPERTS IN MATERIAL TESTING  
1565 Broadway Ave., Hermitage, PA 16148  
Phone 724-346-7400 Fax: 724-346-7408  
Email - sales@forneyonline.com



FORNEY, L.P.

+1 724 346 7400

800 367 6397

www.FORNEYonline.com

LA-0455



## OPERATING MANUAL

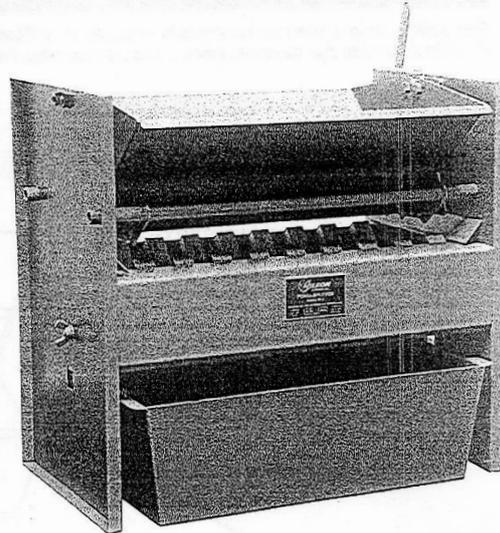
### Universal Splitters SP-0, SP-1, SP-2, SP-2.5, SP-3, & SP-33

#### OPERATING INSTRUCTIONS:

1. Adjust splitter bars for desired chute width as follows:
  - A. Loosen two wing nuts, one on each end of splitter.
  - B. Lock the hopper in the "open" position by using the Safety Lock beside the hand lever. (NOT necessary on Models SP-0, SP-3, and SP-33.)
  - C. Flip the adjustable chute bars back and forth to form alternate right and left chutes of desired width. A chute width of two to three times materials topsize is recommended. Check to be sure the width chosen results in the same number of chutes in either direction.
  - D. Tighten wing nuts, remove Safety Lock, and close hopper.
2. Place sample in closed hopper, distributing as you pour, and level by hand until material is evenly distributed from side-to-side and from front to back in hopper. Position pans.
3. Open gates of hopper using a smooth, rather fast motion of the hand lever. Sample will divide to half the original portion in each of the bottom pans.

**NOTE:** Hopper gate of Models SP-3 and SP-33 are spring loaded and lever is merely released from holding notch to open hopper.

4. If a smaller sample fraction is needed, transfer portion in one pan to closed hopper, level, and split again. Repeat until the desired fraction is reached, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, etc.
5. Sampling accuracy can only be as good as the methods employed. We suggest the following additional tips be employed as part of your standard sampling procedures:
  - A. Prior to splitting your sample fraction, mix the sample by repetitive dividing and recombining entire sample in the hopper. Repeat until starting sample is thoroughly mixed.
  - B. When pouring samples into hopper, always use care to distribute material back and forth in layers as you pour.



SP-2

- C. If bridging or hang-up of material occurs in the chute bar area, reset the splitter for wider chute widths.
- D. Always be sure your chute bar setting gives an equal number of alternating chutes in each direction. The following chute openings are permissible:
 

Model SP-0:	1in, 2in, 3in, 4in, 6in, 8in, 12in
Model SP-1:	1/2in, 1in, 1-1/2in, 2in, 3in, 4in, 6in
Model SP-2:	1/2in, 1in, 1-1/2in, 3in
Model SP-2.5:	1/4in, 1/2in, 3/4in, 1in, 1-1/2in, 2in, 3in
Models SP-3 & SP-33:	1/8in, 1/4in, 3/8in, 1/2in
- E. When using Model SP-0, material in the two pans on one side of the splitter should be treated as a single sample – i.e. combine the two when re-splitting or for retention of final sample.

(Continued on back.)

Rev: 07/23/2014

PHONE: 800-444-1508  
740-548-7298

E-mail



Forney, L.P.  
2050 Jackson's Pointe Court  
Zelienople, PA 16063  
Sales: 800-367-6397  
Fax: 724-346-7408  
www.FORNEYonline.com  
sales@FORNEYonline.com

FAX: 800-255-5314  
740-548-5314



1. SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO SAC - SEDE ATE  
 DIRECCIÓN : PARTE DE LOTES 120 Y 73 N° FND LA ESTRELLA SUB LT B - ATE - LIMA
2. EQUIPO : HORNO ELECTRICO  
 MARCA : QUINCY LAB, COMERCIALIZADO POR FORNEY  
 MODELO : 21-250-1  
 N° SERIE : B221-00184  
 PROCEDENCIA : USA  
 IDENTIFICACIÓN : N/I  
 UBICACIÓN : LABORATORIO METROLOGIA PYS EQUIPOS  
 TEMPERATURA DE TRABAJO : 120 °C

DESCRIPCIÓN	CONTROL	INSTRUMENTO DEL EQUIPO
ALCANCE DE INDICACIÓN	225 °C	(*)
DIV. ESCALA / RESOLUCIÓN	25 °C	(*)
TIPO	DIGITAL	(*)

### 3. FECHA Y LUGAR DE MEDICIÓN

La calibración se efectuó el 09 de Junio del 2017, en las instalaciones del laboratorio de PYS EQUIPOS.

### 4. MÉTODO Y PATRÓN DE MEDICIÓN :

La calibración se efectuó por comparación con patrones que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990, tomando como referencia el Procedimiento de Calibración de Incubadoras y Estufas PC-007 del SNM/INDECOPI.

Se utilizó un termómetro patrón con Certificado de Calibración N° LT-770-2016 trazable a INACAL

### 5. RESULTADOS :

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Ambiental : 19.0 °C Humedad Relativa : 80 % Presión Ambiental : 1 bar

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

La incertidumbre de la medición se ha determinado con un factor de cobertura  $k = 2$ , para un nivel de confianza de 95% aproximadamente.

### 6. OBSERVACIONES

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO". (\*) El equipo solo cuenta con un control analogico de temperatura.

La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o reglamentos vigentes.

Los resultados se refieren únicamente al instrumento ensayado en el momento de la calibración y en las condiciones especificadas en este documento. No se realizó ningún tipo de ajuste al equipo antes de la calibración.

Revisado por:  
 Elar Pozo Solís  
 Dpto. de Metrología

Calibrado por:  
 Amed Castillo Espinoza  
 Técnico

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
 Telf.: 485 3873 Rpm: #945 183 033/ #945 181 317 Cel.: 945 183 033/ 945 181 317  
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe  
 Web Page: www.pys.pe

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L."

TEMPERATURA DE TRABAJO : 120 °C													
Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	Indicación de termómetros patrones										Temperatura promedio (°C)	Tmax - Tmin
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	120	122.5	122.3	126.2	121.2	119.5	122.0	119.0	129.3	120.5	118.9	122.1	10.4
02	120	124.8	125.2	129.8	123.2	122.4	121.7	133.6	128.2	123.3	121.2	125.3	12.4
04	120	123.9	123.9	128.3	122.1	120.5	122.4	119.2	128.2	120.5	118.4	122.7	9.9
06	120	125.1	125.2	130.0	122.5	121.8	124.9	120.5	130.8	121.3	118.8	124.1	12.0
08	120	125.2	125.2	129.8	122.9	122.2	124.6	120.8	132.7	122.2	120.0	124.6	12.7
10	120	122.9	122.9	126.5	121.1	119.5	121.8	118.6	127.4	120.2	118.5	121.9	8.9
12	120	124.4	124.6	129.8	122.3	121.3	124.0	120.4	130.9	121.8	119.8	123.9	11.1
14	120	122.0	122.1	126.0	120.9	119.3	121.6	118.4	128.4	120.3	118.5	121.8	10.0
16	120	125.5	125.3	130.9	123.0	122.6	126.2	121.7	135.0	123.3	121.0	125.5	14.0
18	120	122.7	123.3	127.3	121.9	120.9	123.4	120.1	130.2	122.0	120.0	123.2	10.2
20	120	122.4	122.8	127.2	121.6	120.9	123.9	120.9	132.7	122.6	120.7	123.6	12.0
22	120	125.0	125.2	130.3	123.1	122.7	125.5	121.8	133.0	123.5	121.2	125.1	11.8
24	120	123.2	123.2	127.1	121.4	119.7	121.8	118.7	128.4	120.5	118.7	122.3	9.7
26	120	124.3	124.3	128.8	122.7	121.8	124.8	121.2	133.0	122.8	121.0	124.5	12.0
28	120	124.1	123.9	128.1	122.1	121.1	123.3	119.9	130.0	121.0	119.3	123.3	10.7
30	120	123.2	123.6	127.5	121.4	120.3	122.2	119.3	128.9	120.4	118.3	122.5	10.6
32	120	123.6	124.0	128.0	121.9	120.8	123.0	119.4	128.7	120.5	119.2	122.9	9.5
34	120	124.6	124.7	129.2	122.4	121.7	124.6	121.0	132.1	122.2	120.0	124.3	12.1
36	120	124.1	124.3	128.7	122.2	121.4	124.3	120.3	131.2	121.6	119.6	123.8	11.6
38	120	122.3	122.4	126.6	120.9	119.3	121.8	118.5	127.3	119.9	118.1	121.7	9.2
40	120	125.3	125.3	130.2	123.0	122.9	125.6	121.6	133.2	123.2	120.8	125.1	12.4
T. PROM.	120	123.9	124.0	128.4	122.1	121.1	123.5	120.7	130.5	121.6	119.6	123.5	
T. MAX.	120	125.5	125.3	130.9	123.2	122.9	126.2	133.6	135.0	123.5	121.2		
T. MIN.	120	122.0	122.1	126.0	120.9	119.3	121.6	118.4	127.3	119.9	118.1		
DTT	0.0	3.5	3.2	4.9	2.3	3.6	4.6	15.2	7.7	3.6	3.1		

DTT: Diferencia de temperatura (T. Max - T. Min.)

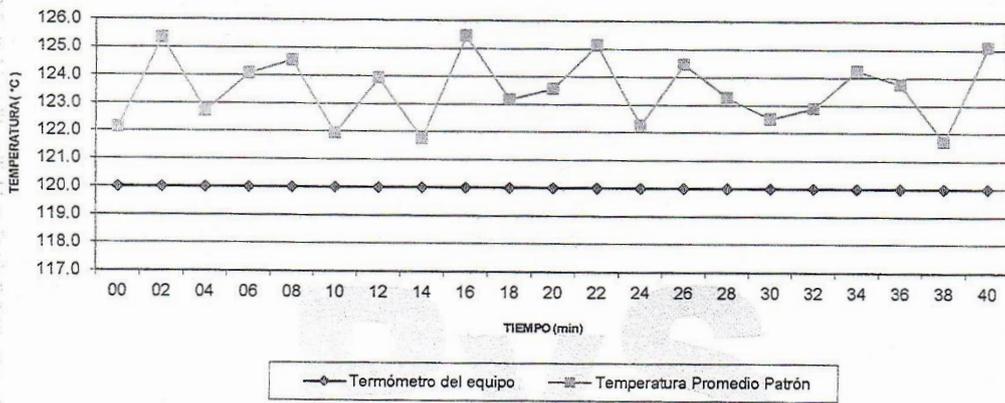
Temperatura Ambiental Promedio : 19.0 °C  
 Tiempo de calibración del equipo : 40 minutos  
 Tiempo de estabilización del equipo : 1 h 20 min

DESVIACIÓN MÁXIMA DE TEMPERATURA EN EL EQUIPO EN EL TIEMPO (°C)	INCERTIDUMBRE EN EL ESPACIO (°C)	INCERTIDUMBRE (± °C)
15.2	10.8	2.0

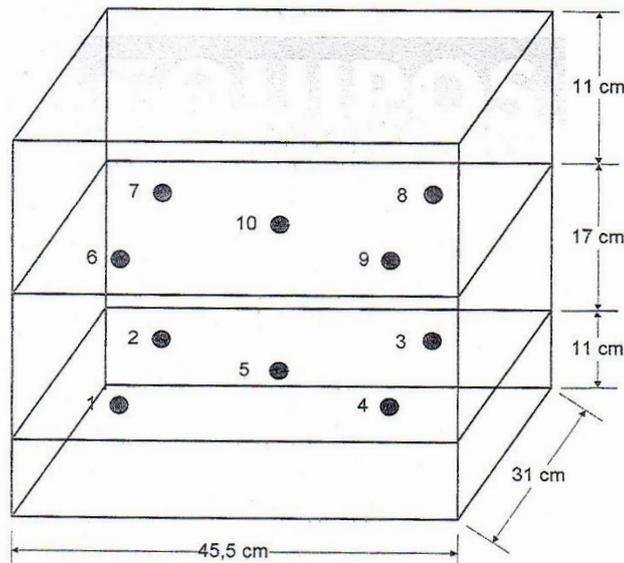
Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
 Telf.: 485 3873 Rpm: #945 183 033 / #945 181 317 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317  
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe  
 Web Page: www.pys.pe

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L."

**DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO**  
**TEMPERATURA DE TRABAJO: 120 °C**



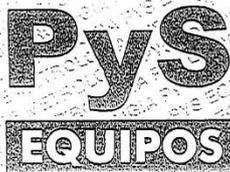
**UBICACIÓN DE LOS SENSORES**



os termopares 5 y 10 están ubicados sobre el centro de sus respectivos niveles a 1,5 cm por encima de ellos.  
 os demás termopares están ubicados a un cuarto de la longitud de los lados del equipo (en el centro de cada cuadrante) y a 1,5 cm por encima de sus niveles.

Calle 4, MZ P1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
 Telf.: 485 3873 Rpm: #945 183 033 / #945 181 317 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317  
 E-mail: [ventas@pys.pe](mailto:ventas@pys.pe) / [metrologia@pys.pe](mailto:metrologia@pys.pe)  
 Web Page: [www.pys.pe](http://www.pys.pe)

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L."



LABORATORIO DE METROLOGÍA

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CVM-0146-2017

Página 1 de 2

Solicitante : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.

Dirección : PARTE DE LOTES 120 Y 73 NRO. FND. LA ESTRELLA  
SUB LT B LIMA - LIMA - ATE

Instrumento de Medición : MEDIDOR DE AIRE CONFINADO

Indicación : ANALÓGICA

Alcance de Indicación : 0% a 100% de aire

Div. Mínima de Escala : 0.1% (0% a 6%) 0.2% (6% a 8)  
0.5% (8% a 15%) 1% (15% a 30%)  
5% (30% a 50%) 10% (50% a 100%)

Fabricante : FORNEY

Modelo : LA-0316

Serie : 165

Procedencia : USA

Lugar de Calibración : Lab. Metrología de PyS EQUIPOS EIRL

Fecha de Calibración : 21-12-2017

Fecha de emisión : 21-12-2017

### Método de calibración empleado

La calibración se realizó empleando el método de comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las indicaciones del instrumento en % de presión de aire

### Observaciones

El porcentaje de volumen de aire se calcula como la fracción del volumen desajado del equipo entre el volumen de agua dentro del recipiente lleno, multiplicado por 100%.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refiere exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto. PyS EQUIPOS EIRL, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento. El usuario es el responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes. le presente documento carece de valor sin firmas y

(\* ) asignado por PYS EQUIPOS

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989  
E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe  
Web Page: www.pys.pe



\*PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.\*



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CVM-0146-2017

### TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los patrones nacionales de Masa del Servicio Nacional de Metrología SNM-INDECOPI en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

### PATRONES DE REFERENCIA

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de INACAL	Juego de Pesas	LP-608, 609 - 2017
Patrón de referencia de INACAL	Manómetro de Indicación Digital	LFP-C-113-2017

### CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial		Final	
Temperatura	20,0	°C	20,0	°C
Humedad Relativa	70	%	70	%

### RESULTADOS DE LA MEDICIÓN

Masa Recipiente	Incertidumbre (k=2)	U
3 547,4 g	0,2 g	

Volumen	Incertidumbre (k=2)	U
7 056,4 g	0,5 ml	

Densidad Aire Lugar de calibración	Incertidumbre (k=2)	U
1,165 kg/m <sup>3</sup>	0,002 g/m <sup>3</sup>	

Densidad Agua Destilada	Incertidumbre (k=2)	U
0,999 g/cm <sup>3</sup>	0,060 g/cm <sup>3</sup>	

Indicación Medidor de aire (% de aire)	División Mínima Medidor de Aire (% de aire)	Volumen de Agua Medido (ml)	Cantidad de Aire Estimado (% de aire)	Desviación Encontrada (% de aire)	Incertidumbre medidor de aire U (k=2)
5,0	0,1	349,8	5	0,0	0,1

### ENSAYO DE CARGA DIRECTA

Lectura Patrón (PSI)	Lectura L1 (PSI)	Lectura L2 (PSI)	Lectura L3 (PSI)	Promedio (PSI)	Error (PSI)
5,0	4,9	4,9	4,8	4,9	-0,2
10,0	9,9	9,9	9,8	9,9	-0,1
15,0	14,9	14,8	14,9	14,9	-0,1

### INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1.104-en:2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tomen en cuenta los factores de influencia durante la calibración. La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo. La Incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre estándar combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

*Amed C. Espinoza*  
Calibrado por:

Amed Castillo Espinoza

Calle 4, Mz F1, Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
 Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989  
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe  
 Web Page: www.pys.pe



"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L."

# Product Certification

## This is to Certify

That the material herein identified has been inspected and calibrated (when applicable) in accordance with standard procedures set forth and is found to be within the prescribed tolerances.

PRODUCT MANUFACTURE: FORNEY, LLC

PRODUCT ITEM NUMBER: LA-0316

MANUFACTURING SPECIFICATIONS: ASTM C231  
AASHTO T152  
BS 1881  
EN 12350-7

PRODUCT DESCRIPTION: AIR METER - PRESS-AIRE METER

MODEL: LA-0316

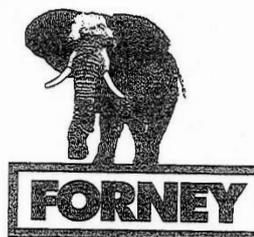
SERIE: 165

DATE: 21/12/2017



FORNEY REPRESENTATIVE

This Certificate is issued as a statement of the fact that on this date the above instrument(s) had an accuracy as indicated. It should not be construed or regarded as a Guarantee or Warranty of any kind (in favor of the client, the client's customers, or the public at large) that the instrument(s) will continue to retain the same percentage (%) of accuracy or efficiency as determined on the date, when the calibration, and adjustments if required was performed and reported by "FORNEY INCORPORATED", since the calibrator has absolutely no control over the future operation, damage, maintenance repairs and overall condition of the instrument(s) and hereby expressly disclaims any and all liability for damage or loss sustained by all parties arising or resulting from deterioration, obsolescence, malfunction, or sub-standard performance of said instrument(s): which shall be deemed to be and which shall remain the sole responsibility of the machines regular custodian, owner and/or manufacturer.



WORLD EXPERTS IN MATERIAL TESTING  
1565 Broadway Ave., Hermitage, PA 16148  
Phone 724-346-7400 Fax: 724-346-7408  
Email - sales@forneyonline.com



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
*Certificate of calibration*

**Número: 1269 / 17**  
*Number:*

INSTRUMENTO : **PRENSA CONCRETO**  
*instrument*

FABRICANTE : **FORNEY**  
*Manufacturer*

MODELO : **F-1100KNB-CPIL0T**  
*Model*

NÚMERO DE SERIE : **17027**  
*Serial Number*

RANGO DE MEDICION : **0 - 100.000 kgf**  
*Measurement range*

SOLICITANTE : **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.**  
*Customer*

CLASE DE PRECISION : **1**  
*Accuracy*

FECHA DE CALIBRACION : **2017 - 12 - 21**  
*Date of calibration*

**NUMERO DE PAGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS: (CUATRO)**  
*Number of pages of this certificate and documents attached*

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas.No podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito de la organización que lo emite.  
*This certificate it is an .accurated record of the results of measurements performed. This certificate may not be partially reproduced, except whit the prior written permission of the issuing organization.*

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. La organización que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.  
*The result of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made. The issuing organization assumes no responsibility for damages ensuing misuse of the calibrated instruments*

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados  
*The user is responsible for having the apparatus calibrated et appropriated intervals*

Calle 4, Mz F1, Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
Tel.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989  
E-mail: [ventas@pys.pe](mailto:ventas@pys.pe) / [metrologia@pys.pe](mailto:metrologia@pys.pe)  
Web Page: [www.pys.pe](http://www.pys.pe)



**\*PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.\***

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Número: 1269 / 17

Página 2 de 3

=====

OBJETO DE PRUEBA : PRENSA DE CONCRETO

TRABAJO REALIZADO : CALIBRACIÓN

METODO UTILIZADO : COMPARACIÓN DIRECTA

SITIO DE CALIBRACIÓN: KM 85 CARRETERA TARMA – SAN ROMAN – SAN ROMAN

### RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN:

La MAQUINA descrita **CUMPLE** con los errores máximos tolerados en uso, según lo estipulado en la Norma Técnica Colombiana **NTC-ISO 7500-1** verificación de máquinas de ensayo uniaxiales estáticos. parte 1: máquinas de ensayo de tracción/compresión verificación y calibración del sistema de medida de fuerza.

### CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA

Error de Exactitud	-0,60	%	Error de cero	0	%
Error de Repetibilidad	0,17	%	Error por accesorios	—	%
Error de Reversibilidad	—	%	Resolución	0,101	%

De acuerdo con los datos anteriores y según la clasificación de la Norma internacional ISO 7500-1 la máquina de ensayos se encuentra clasificada

Escala 100.000 kgf    Compresión    Clase 1    Desde el 10% hasta el 100%

Calle 4, Mz F1, Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
 Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989  
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe  
 Web Page: www.pys.pe



"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L."



LABORATORIO DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Número: 1269 / 17

Página 3 de 3

TRAZABILIDAD:

<b>PATRÓN DE CALIBRACIÓN</b>	<b>CELDA DE CARGA</b>	
	Marca	PYS
	Serie N°	91
	Capacidad	200000 kg (nominal)
	<b>INDICADOR DIGITAL</b>	<b>HIWEIGH</b>
	Modelo	315-X5
	Serie N°	0332565

La celda patrón empleada en la calibración mantiene la trazabilidad durante las mediciones realizadas a la máquina de ensayo ya que se encuentra trazada por el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Expediente: INF-LE 478-16

UNIDADES EMPLEADAS Sistema internacional de unidades

RECOMENDACIONES:

- 1- Es necesario implementar un programa de comprobación continua de la MAQUINA con patrones adecuados.
- 2- Se debe implementar un programa de aseo permanente para la MAQUINA. Esto con el fin de tratar de garantizar un correcto funcionamiento

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized signatures.

Revisado por:  
Eler Pozo S.  
Dpto de Metrología

Calibrado por:  
Amed Castillo E.  
Técnico

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989  
E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe  
Web Page: www.pys.pe

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L."

PROTOCOLO DE CALIBRACIÓN

Prueba No. 1269-17

Fecha: 21/12/2017

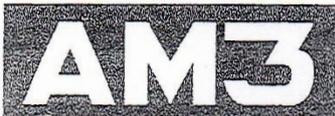
FABRICANTE: FORNEY  
 SOLICITANTE: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.  
 UBICACIÓN: PARTE DE LOTES 120 Y 73 NRO. FND. LA ESTRELLA SUB LT B LIMA - LIMA - ATE  
 TIPO DE MAQUINA: PRENSA CONCRETO  
 No. SERIE: 17027  
 MODELO: F-1100KNB-CPILOT  
 CAPACIDAD MÁXIMA: 100000 kgf  
 DIVISIONES: 100000  
 DIVISIÓN DE ÉSCALA:  $(d) = (e) = 0.1$   
 CARGA MÁXIMA: 120000 KGF

Lectura Máquina (Fi)			Lectura del patrón				PROMEDIO LECTURAS
			1(ASC)	2(ASC)	2(DESC)	3(ASC)	
%	kgf	kN	kN	kN	kN	kN	kN
10	10000	98.07	98.65	98.65	---	98.56	98.65
20	20000	196.13	197.51	197.51	---	197.70	197.51
30	30000	294.20	295.38	295.87	---	295.57	295.57
40	40000	392.26	393.54	393.74	---	393.74	393.74
50	50000	490.33	491.22	491.51	---	491.31	491.31
60	60000	588.39	588.99	589.18	---	589.09	589.09
70	70000	686.46	686.96	686.86	---	686.96	686.96
80	80000	784.52	784.92	784.92	---	785.12	784.92
90	90000	882.59	882.40	882.40	---	882.50	882.40
100	100000	980.65	980.37	980.47	---	980.37	980.37
Lectura máquina después de la fuerza			0	0	---	0	---

Lectura Máquina (Fi)			Cálculo de errores relativos				Resolución	Incertidumbre
			Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Anteserios		
%	kgf	kN	q(%)	b(%)	v(%)	acc(%)	a(%)	U(%)
10	10000	98.07	-0.60	0.10	---	---	0.101	0.260
20	20000	196.13	-0.70	0.10	---	---	0.051	0.255
30	30000	294.20	-0.47	0.17	---	---	0.034	0.260
40	40000	392.26	-0.38	0.05	---	---	0.025	0.244
50	50000	490.33	-0.20	0.06	---	---	0.020	0.243
60	60000	588.39	-0.12	0.03	---	---	0.017	0.241
70	70000	686.46	-0.07	0.01	---	---	0.015	0.240
80	80000	784.52	-0.05	0.02	---	---	0.013	0.241
90	90000	882.59	0.02	0.01	---	---	0.011	0.240
100	100000	980.65	0.03	0.01	---	---	0.010	0.240
Error de cero fo (%)			0	0	No aplica	0	No aplica	Error máx. de sero(0)=0.00

Calle 4, Mz F1, Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
 ☎ Telf.: 485 3873 / Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989  
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe  
 Web Page: www.pys.pe

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L."



## CERTIFICADO DE CALIDAD

AM3 Ingeniería & Negocios SAC con RUC 20513903261, domicilio fiscal Av. Circunvalación N° 2603 Piso 2 Int.4 Urb. Salamanca de Monterrico - Ate - Lima. En condición de importador y comercializador, garantiza la calidad y el cumplimiento de especificaciones técnicas del siguiente producto de acuerdo a la calidad y especificación de la fábrica.

Nombre de Producto

**Martillo Compactador Proctor Estándar.**

### ESPECIFICACIONES

NOMBRE COMERCIAL	Martillo Compactador Proctor Estándar
DENOMINACIÓN	Pisón Compactador Proctor Estándar
MARCA	QTKF
MODELO DE CATÁLOGO	SUE80150
CÓDIGO DE TIENDA	SUE80151
MEDIDAS	Martillo 2 pulg.(50.8 mm) diámetro
PESO	Martillo 5.5 Lbf (2.50 Kgf)
CAIDA	Altura de 12 pulg.(304.8 mm)
NORMA	ASTM D558, D559, D560, D698; AASHTO T99, T134, T135, T136
FABRICACIÓN	Hecho en Perú

Atentamente,



AM3 ING SAC

| Av. Circunvalación N° 2603 Piso 2 Int.4 Urb. Salamanca de Monterrico - Ate - Lima 03  
| Central telefónica: 511-713 1336 | [am3ing@am3.com.pe](mailto:am3ing@am3.com.pe) | [www.am3.com.pe](http://www.am3.com.pe) |



## CERTIFICADO DE CALIDAD

AM3 Ingeniería & Negocios SAC con RUC 20513903261, domicilio fiscal Av. Circunvalación N° 2603 Piso 2 Int.4 Urb. Salamanca de Monterrico - Ate - Lima. En condición de importador y comercializador, garantiza la calidad y el cumplimiento de especificaciones técnicas del siguiente producto de acuerdo a la calidad y especificación de la fábrica.

Nombre de Producto

**Martillo Compactador Proctor Modificado.**

### ESPECIFICACIONES

NOMBRE COMERCIAL	Martillo Compactador Proctor Modificado
DENOMINACIÓN	Pisón Compactador Proctor Modificado
MARCA	QTKF
MODELO DE CATÁLOGO	QSU00152
CÓDIGO DE TIENDA	SUE80151
MEDIDAS	Martillo 2 pulg.(50.8 mm) diámetro
PESO	10 Lbf (4.55 Kgf)
CAIDA	Altura de 18 pulg.(457.2 mm)
NORMA	ASTM D1557; AASHTO T180
FABRICACIÓN	Hecho en Perú

Atentamente,



AM3 ING SAC

| Av. Circunvalación N° 2603 Piso 2 Int.4 Urb. Salamanca de Monterrico - Ate - Lima 03  
| Central telefónica: 511-713 1336 | [am3ing@am3.com.pe](mailto:am3ing@am3.com.pe) | [www.am3.com.pe](http://www.am3.com.pe) |



**CERTIFICATE OF APPROVAL**

This is to certify that the Quality Management System of:

**ELE International  
Chartmoor Road, Chartwell Business Park,  
Leighton Buzzard, Bedfordshire  
United Kingdom**

has been approved by Lloyd's Register Quality Assurance  
to the following Quality Management System Standards:

**ISO 9001:2008**

The Quality Management System is applicable to:

**The design, development, configuration management,  
manufacture and end customer servicing of quality control  
monitoring instrumentation, against the requirements of  
international standards, for the civil engineering and  
environmental industries.**

Approval  
Certificate No: LRQ 0860461

Original Approval: 13 February 1992

Current Certificate: 1 January 2016

Certificate Expiry: 14 September 2018

Issued by: Lloyd's Register Quality Assurance Limited



001

1 Trinity Park, Bickenhill Lane, Birmingham, B37 7ES, United Kingdom

Lloyd's Register Group Limited, its affiliates and subsidiaries, including Lloyd's Register Quality Assurance Limited (LRQA), and their respective officers, employees or agents are, individually and collectively, referred to in this clause as 'Lloyd's Register'. Lloyd's Register assumes no responsibility and shall not be liable to any person for any loss, damage or expense caused by reliance on the information or advice in this document or howsoever provided, unless that person has signed a contract with the relevant Lloyd's Register entity for the provision of this information or advice and in that case any responsibility or liability is exclusively on the terms and conditions set out in that contract.

