

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL**



**“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE SOBRE LAS PROPIEDADES
EN ESTADO PLÁSTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO
AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”**

PRESENTADO POR:

Bach. ENCISO POLO, Brandon Alexander

Bach. HUAMÁN TORREJÓN, Davi Jerson

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE SOBRE LAS PROPIEDADES
EN ESTADO PLÁSTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO
AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019"**

REVISADO Y APROBADO POR:

A handwritten signature in black ink, which appears to read "Olascuaga", is written over a horizontal line.

Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE SOBRE LAS PROPIEDADES
EN ESTADO PLÁSTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO
AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”**

REVISADO Y APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO:


Ms. Julio Cesar Rivasplata Díaz
Presidente


Ms. Janet Verónica Saavedra Vera
Secretaria


Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado
Integrante



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

"Año del bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 10 días del mes de agosto del año dos mil veintiuno, siendo las cinco de la tarde, cumpliendo el con la Resolución N° 306-2020-CU-R-UNS (12.06.120) y la Directiva 003-2020-UNSVRAC, sobre la "ADECUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OBTENCIÓN DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE PREGRADO DE LA UNS, SE REALICE EN FORMA VIRTUAL; través del aplicativo virtual Zoom, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 216-2021-UNS-CFI integrado por los docentes Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Ms. Janet Verónica Saavedra Vera (Secretaria) y el Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado (Integrante) y en base a la Resolución Decanal N° 397-2021-UNS-FI, se da inicio a la sustentación de la Tesis titulada: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE -2019" presentado por los Bachilleres ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER y HUAMAN TORREJON DAVI JERSON, quienes fueron asesorados por el Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 277-2019-UNS-FI.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

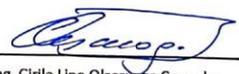
BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
HUAMAN TORREJON DAVI JERSON	16	BUENO

Siendo las seis de la tarde del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 10 de agosto de 2021.


Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente


Ms. Janet Verónica Saavedra Vera
Secretaria


Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado
Integrante



FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

- EPIC -

"Año del bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

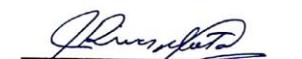
A los 10 días del mes de agosto del año dos mil veintiuno, siendo las cinco de la tarde, cumpliendo el con la Resolución Nº 306-2020-CU-R-UNS (12.06.120) y la Directiva 003-2020-UNSVRAC, sobre la "ADECUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OBTENCIÓN DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE PREGRADO DE LA UNS, SE REALICE EN FORMA VIRTUAL; través del aplicativo virtual Zoom, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución Nº 216-2021-UNS-CFI integrado por los docentes Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Ms. Janet Verónica Saavedra Vera (Secretaria) y el Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado (Integrante) y en base a la Resolución Decanal Nº 397-2021-UNS-FI, se da inicio a la sustentación de la Tesis titulada: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE -2019" presentado por los Bachilleres ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER y HUAMAN TORREJON DAVI JERSON, quienes fueron asesorados por el Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado, según lo establece la T. Resolución Decanal Nº 277-2019-UNS-FI.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER	16	BUENO

Siendo las seis de la tarde del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 10 de agosto de 2021.


Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente


Ms. Janet Verónica Saavedra Vera
Secretaria


Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado
Integrante

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
Rectorado: Av. Pacífico Nº 508 - Urb. Buenos Aires
Campus Universitario: Av. Universitaria s/n - Urb. Bellamar
Central telefónica: (51)-43-310445 - Nuevo Chimbote - Ancash - Perú

www.uns.edu.pe



DEDICATORIA

Dedicado al creador del universo.
A mis grandiosos padres Huamán Espinoza Wilson y
Torrejón Quiñones Haydeé.
A la admirable familia Torres Quiñones.
Y, a mis más cercanos amigos.

Huamán Torrejón Davi Jerson

Dedicado a Dios por la vida y sus bendiciones.
A mis padres William Enciso Sánchez y
Bertha Polo Niño, quienes fueron soporte y aliento,
estoy infinitamente agradecidos con ellos.
A mis amigos más cercanos quienes fueron
consejeros, gracias por ser como familia y por
apoyarme sin interés alguno.

Enciso Polo Brandon Alexander



AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por mantenernos con vida y salud para cumplir cada objetivo trazado.

Agradecemos a nuestro asesor, el ingeniero Olascuaga Cruzado Lino, quien nos brindó siempre su ayuda y nos guio en el transcurso de la elaboración de este documento de tesis.

Agradecemos también a la Universidad Nacional del Santa y a las personas que hacen posible que la institución cumpla sus funciones también agradecemos a cada profesor que se esforzó por compartir sus conocimientos durante cada ciclo cursado; en conjunto dieron lo mejor de sí para que nuestra formación sea la más óptima.

Por último, agradecemos a la empresa INDUSTRIAS ULMEN S.A. que nos facilitó el aditivo Nanosílice fomentando así investigaciones y experimentaciones con sus productos.



INDICE GENERAL

RESUMEN	12
ABSTRACT	13
I. CAPÍTULO	14
1.1. Antecedentes de la investigación	14
1.1.1. Antecedentes a nivel internacional	14
1.1.2. Antecedentes a nivel nacional	15
1.2. Formulación del Problema	16
1.3. Objetivos	17
1.3.1. . Objetivo General.....	17
1.3.2. Objetivos Específicos	17
1.4. Formulación de la hipótesis.....	17
1.5. Justificación	18
1.6. Limitaciones	18
1.6.1. Limitación espacial.....	18
1.6.2. Limitación temporal.....	19
II. MARCO TEÓRICO	20
2.1. Marco conceptual.....	20
2.1.1. Concreto	20
2.2. Bases teóricas	53
2.2.1. Métodos de ensayos para el diseño de mezcla.....	53
2.2.2. Métodos de ensayos para la caracterización de concreto autocompactantes.....	55
2.3. Definiciones de términos.....	68
2.4. Marco normativo.....	69
2.4.1. Normativa actual	69
III. MATERIALES Y MÉTODOS	71
3.1. Tipo de investigación	71
3.2. Nivel de investigación.....	71
3.3. Unidad de análisis.....	71
3.4. Ubicación.....	71



TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019"

3.5.	Población y muestra	71
3.5.1.	Población	71
3.5.2.	Muestra	71
3.6.	Variables.....	72
3.6.1.	Variable independiente	72
3.6.2.	Variable dependiente	72
3.6.3.	Matriz de consistencia.....	73
3.6.4.	Operacionalización de las variables	75
3.7.	Instrumentos	80
3.8.	Procedimientos	80
3.8.1.	Procedimiento de los ensayos para determinar las propiedades de los agregados	80
3.8.2.	Diseño de mezcla del concreto	88
3.8.3.	Preparación de la mezcla de concreto	92
3.8.4.	Ensayos de concreto en estado fresco.....	93
3.8.5.	Elaboración de especímenes de concreto en el laboratorio	96
3.8.6.	Desmolde y Curado de los especímenes de concreto	97
3.8.7.	Procedimiento de los ensayos del concreto en estado fresco	97
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	100
4.1.	Análisis e interpretación de resultados	100
4.1.1.	Resultados de los ensayos realizados a los agregados utilizados.....	100
4.1.2.	Proporción del diseño de mezcla	103
4.1.3.	Resultados de los ensayos del concreto autocompactante en estado fresco	106
4.1.4.	Resultados del ensayo de resistencia a la compresión	117
4.1.5.	Análisis Estadístico.....	122
4.2.	Discusiones.....	125
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	128
5.1.	Conclusiones.....	128
5.2.	Recomendaciones	129
VI.	REFERENCIAS.....	130



INDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Requisitos de autocompactabilidad EHE 08	29
Tabla 2:	Criterios de aceptación para el concreto autocompactante (TM 20mm) por la EFNARC	29
Tabla 3:	Rangos propuestos por Domone et al. (1999)	35
Tabla 4:	Valores de ensayos propuestos por University College London	35
Tabla 5:	Valores recomendados del contenido de finos de la ACI para 1m ³ de concreto.....	36
Tabla 6:	Sugerencia para a dosificación de un concreto autocompactante según la ACI (ACI,2007)	37
Tabla 7:	Rangos típicos para dosificación de un concreto autocompactante según la Instrucción EHE-08.....	37
Tabla 8:	Rangos típicos para la dosificación de un concreto autocompactantes según EFNARC	37
Tabla 9:	Dosificación de un concreto autocompactante de resistencias medias (Gettu et al., 2003, 2004a).....	38
Tabla 10:	Dosificación de un concreto autocompactante de alta resistencia (Gettu et al., 2003, 2004a).	39
Tabla 11:	Clasificación de autocompactabilidad en función del ensayo de escurrimiento	40
Tabla 12:	Clasificación de autocompactabilidad en función del ensayo del embudo en V	40
Tabla 13:	Clasificación de autocompactabilidad en función en función de la resistencia a bloqueo.	40
Tabla 14:	Límite de gradación para agregado grueso	44
Tabla 15:	Limites granulométricos	44
Tabla 16:	Tamaño de la muestra de agregado	53
Tabla 17:	Muestreo del agregado grueso	54
Tabla 18:	Lista de métodos de ensayo para las propiedades de trabajabilidad del CAC.....	55
Tabla 19:	Propiedades de trabajabilidad del CAC y métodos de ensayo alternativos.....	56
Tabla 20:	Matriz de Consistencia.....	73
Tabla 21:	Operacionalización de variables.....	75
Tabla 22:	Cantidad mínima de agregado grueso o global a usarse para el análisis granulométrico.....	82
Tabla 23:	Tamaño de muestra del agregado	83
Tabla 24:	Peso unitario de agregado fino y grueso.....	84
Tabla 25:	Peso mínimo de la muestra de ensayo	86
Tabla 26:	Incrementos de valores de desviación estándar cuando existe menos de 30 ensayos	88



Tabla 27:	F'c aplicable cuando no se dispone de resultados para definir la desviación estándar 89
Tabla 28:	Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción..... 90
Tabla 29:	Volumen unitario de agua 91
Tabla 30:	Contenido de aire atrapado 91
Tabla 31:	Ensayos del Agregado Grueso 100
Tabla 32:	Ensayos del Agregado Fino 101
Tabla 33:	Ensayo de Peso Unitario de la Combinación de Agregados (TMN:3/8").....102
Tabla 34:	Ensayo de Peso Unitario de la Combinación de Agregados (TMN:1/2").....102
Tabla 35:	Dosificación de mezcla TMN:3/8" – 0% Nanosílice..... 103
Tabla 36:	Dosificación de mezcla TMN:3/8" – 0.5% Nanosílice 103
Tabla 37:	Dosificación de mezcla TMN:3/8" – 1.5% Nanosílice 103
Tabla 38:	Dosificación de mezcla TMN:3/8" – 3% Nanosílice..... 104
Tabla 39:	Dosificación de mezcla TMN:1/2" – 0% Nanosílice 104
Tabla 40:	Dosificación de mezcla TMN:1/2" – 0.5% Nanosílice 105
Tabla 41:	Dosificación de mezcla TMN:1/2" – 1.5% Nanosílice 105
Tabla 42:	Dosificación de mezcla TMN:1/2" – 3% Nanosílice..... 105
Tabla 43:	Dosificación de mezcla TMN:3/8" – 1.7% Nanosílice 106
Tabla 44:	Dosificación de mezcla TMN:3/8" – 2% Nanosílice..... 106
Tabla 45:	Resumen de Ensayo de Extensión de Flujo con A.G de TMN:3/8" 107
Tabla 46:	Resumen de Ensayo de Extensión de Flujo con A.G de TMN:1/2" 108
Tabla 47:	Resumen de Ensayo de Embudo V con A.G de TMN:3/8" 110
Tabla 48:	Resumen de Ensayo de Embudo V con A.G de TMN:1/2" 111
Tabla 49:	Resumen de Ensayo de Caja L con A.G de TMN:3/8" 111
Tabla 50:	Resumen de Ensayo de Caja L con A.G de TMN:1/2" 112
Tabla 51:	Resumen de Ensayo de Extensión de Flujo con A.G de TMN:3/8" 113
Tabla 52:	Resumen de Ensayo de Embudo V con A.G de TMN:3/8" 115
Tabla 53:	Resumen de Ensayo de Caja L con A.G de TMN:3/8" 116
Tabla 54:	Valores de resistencia a la compresión según edad – TMN: 3/8"117
Tabla 55:	Valores de resistencia a la compresión según edad – TMN: 1/2"119
Tabla 56:	Valores de resistencia a la compresión según edad – TMN: 3/8"120
Tabla 57:	Testigos de concreto autocompactante f'c=350 kg/cm2 con adición de 1.7% Nanosílice a los 28 días. 122
Tabla 58:	Resultados de la Estadística Descriptiva de las Muestras de Concreto Autocompactante de f'c=350 kg/cm2 con adición de 1.7% Nanosílice123



Tabla 59: Frecuencia de Concreto Autocompactante de $f'c=350$ kg/cm² con adición de 1.7% Nanosílice 123

INDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Proporciones normales de los componentes del concreto en volumen	21
Figura 2:	Curvas de flujos de modelos de Bingham y Newton (Skarendahl et al., 2000 citado en Bermejo Nuñez, 2009).....	26
Figura 3:	Curvas de flujo de un concreto autocompactante (CAC), de un concreto convencional (CC) y un concreto de alta resistencia (HAR1.3.1.2.).....	27
Figura 4:	Mecanismo de bloqueo (Skarendahl et al., 2000 citado en Bermejo Nuñez, 2009).	27
Figura 5:	Ensayo de flujo de morteros (Skarendahl et al., 2000 citado por Bermejo Nuñez, 2009)	31
Figura 6:	Ensayo de embudo en V de mortero (Skarendahl et al., 2000 citado en Bermejo Nuñez, 2009).....	31
Figura 7:	Cono de Marsh (ACHE, 2008)	32
Figura 8:	Mini-cono (Kantro, 1980; Gettu et al., 2003; ACHE, 2008).....	32
Figura 9:	Fotografía electrónica de Nanosílice a 100 nm. (Ulmen, 2005)	49
Figura 10:	Dimensiones y montaje del ensayo de escurrimiento (De Schutter et al., 2008)	57
Figura 11:	Dimensiones del anillo japonés.....	58
Figura 12:	Sección A-A' del anillo japonés de poco separadas	59
Figura 13:	Anillo japonés de barras poco separadas y Anillo japonés de barras muy separadas	59
Figura 14:	dimensiones de la caja L.....	61
Figura 15:	Espacio libre entre barras de (41±1) y (59±1).....	61
Figura 16:	Dimensiones del embudo V	62
Figura 17:	Dimensiones de la caja de relleno	63
Figura 18:	Referencia grafica del ensayo de flujo vertical	63
Figura 19:	Dimensiones del ensayo Orimet	64
Figura 20:	Dimensiones de la caja U.....	65
Figura 21:	Dimensiones del molde cilíndrico del ensayo de columna	66
Figura 22:	Dimensiones del tubo U	67
Figura 23:	Dimensiones del ensayo de control al 100%	68
Figura 24:	Cuarteo de agregados.....	81
Figura 25:	Curva Granulométrica (Agregado Grueso – TMN: 3/8").....	100
Figura 26:	Curva Granulométrica (Agregado Grueso – TMN: 1/2").....	101
Figura 27:	Curva Granulométrica (Agregado Grueso – TMN: 3/8").....	102
Figura 28:	Ensayo Flujo de Asentamiento T 50 cm. – A.G.de TMN:3/8"	107
Figura 29:	Ensayo Flujo de Asentamiento – A.G.de TMN:3/8"	108
Figura 30:	Ensayo Flujo de Asentamiento T 50 cm. – A.G.de TMN:1/2"	109



Figura 31:	Ensayo Flujo de Asentamiento – A.G.de TMN:1/2”	109
Figura 32:	Ensayo Embudo V – A.G.de TMN:3/8”	110
Figura 33:	Ensayo Embudo V – A.G.de TMN:1/2”	111
Figura 34:	Ensayo de la Caja L – A.G.de TMN:3/8”	112
Figura 35:	Ensayo de la Caja L – A.G.de TMN:1/2”	112
Figura 36:	Ensayo Flujo de Asentamiento T 50 cm. – A.G.de TMN:3/8”	114
Figura 37:	Ensayo Flujo de Asentamiento– A.G.de TMN:3/8”	114
Figura 38:	Ensayo en Caja L - A.G.de TMN:3/8”	116
Figura 39:	Resistencia a la compresión - A.G.de TMN:3/8”	118
Figura 40:	Resistencia a la compresión - A.G.de TMN:1/2”	119
Figura 41:	Resistencia a la compresión - A.G.de TMN:3/8”	121
Figura 42:	Histograma de resistencias de concreto autocompactante $f'c=350$ kg/cm ² con adición de 1.7% Nanosílice a los 28 días	124
Figura 43:	Curva de distribución normal: resistencias de concreto autocompactante $f'c=350$ kg/cm ² con adición de 1.7% Nanosílice a los 28 días	124



INDICE DE ECUACIONES

<u>Ecuación 1:</u> Ley de newton	25
<u>Ecuación 2:</u> Modelo de Bingham	26
<u>Ecuación 3:</u> Promedio de diámetros de ensayo de flujos de mortero.....	30
<u>Ecuación 4:</u> Parámetro Γ_m	30
<u>Ecuación 5:</u> Parámetro R_m	31
<u>Ecuación 6:</u> Silice coloidal e iones de calcio	48
<u>Ecuación 7:</u> Formación de silicato de calcio	48
<u>Ecuación 8:</u> Coeficiente F para evaluar capacidad de nivelación	62
<u>Ecuación 9:</u> Modulo de fineza.....	82
<u>Ecuación 10:</u> Pesos unitario	85
<u>Ecuación 11:</u> Desviación estandar.....	89
<u>Ecuación 12:</u> Promedio estadistico para desviacion estandar.....	89
<u>Ecuación 13:</u> Resistencia promedio requerida	90
<u>Ecuación 14:</u> Resistencia promedio requerida	90
<u>Ecuación 15:</u> Promedio de diámetros para hallar SF.....	98
<u>Ecuación 16:</u> Relación de alturas	99



RESUMEN

El presente proyecto de tesis consiste en determinar la influencia del Nanosílice sobre las propiedades en estado fresco y endurecido de un concreto autocompactante. Para obtener los resultados deseados, en cada una de las mezclas en estado fresco se realizaron los siguientes ensayos: escurrimiento, escurrimiento con Caja L, embudo en V. En el concreto en estado endurecido, se realizaron pruebas de resistencia a la compresión teniendo en cuenta las normativas correspondientes, donde de las muestras patrones se comparó con las muestras adicionadas con Nanosílice en los porcentajes iniciales de 0.5%, 1.5% y 3% respecto al peso del cemento.

Se evaluó la adición de Nanosílice para concretos autocompactante con agregado grueso de Tamaño Máximo Nominal (TMN) de 3/8" y 1/2", en la ciudad de Nuevo Chimbote. Siendo la dosificación de agregado de TMN 3/8" con la adición de 1.7% de Nanosílice la que obtuvo la mayor resistencia a la compresión de 704.20 kg/cm², con la dosificación 1:1.32:1.30 +1.7% Nanosílice y relación efectiva a/c=0.33.



ABSTRACT

This thesis project consists of determining the influence of Nanosilica on the properties in fresh and hardened state of a self-compacting concrete. To obtain the desired results, the following tests were carried out in each of the mixtures in a fresh state: drainage, drainage with Box L, funnel in V. the corresponding regulations, where the standard samples were compared with the samples added with Nanosilica in the initial percentages of 0.5%, 1.5% and 3% with respect to the weight of the cement.

The addition of Nanosilica for self-compacting concrete with coarse aggregate of Maximum Nominal Size (MTN) of 3/8 "and 1/2" was evaluated in the city of Nuevo Chimbote. Being the dosage of TMN 3/8 "aggregate with the addition of 1.7% Nanosilica the one that obtained the highest resistance to compression of 704.20 kg / cm², with the dosage 1: 1.32: 1.30 + 1.7% Nanosilica and effective ratio to /c=0.33.



I. CAPÍTULO

1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1. Antecedentes a nivel internacional

(Nieto, 2015,) en su tesis doctoral "Estudio del hormigón autocompactante con árido reciclado", investiga la sustitución de áridos gruesos naturales por reciclados (Hormigón, Áridos, Ladrillo, MBC, Vidrio, Otros) en hormigones autocompactantes y logra fabricar 22 tipos de concreto. A estos los ensaya mediante ensayos de escurrimiento, anillo japonés, ensayo en embudo V y otros. Ya en estado endurecido hace análisis como la resistencia a la compresión, a tracción, módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson. Por último, se hace un análisis de durabilidad para lo cual determina la resistencia a la penetración de agua bajo presión y carbonatación de probetas con el método natural de exposición al ambiente de 90 días y 365 días. Con los resultados obtenidos en esta investigación se concluye que es posible sustituir hasta en un 40% y hasta en un 60 % hasta 80% dependiendo del a/c.

(Soberón, 2015,) en su tesis "Diseño de mezclas de hormigón autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua"; adiciona dos elementos, tales como un aditivo superplastificante y filler para su evaluación. El superplastificante reductor de agua de alto poder Skament N 100 y el filler Sika Fume útil para evitar la segregación por el alto contenido de pasta característico. Entre sus resultados podemos ver que el concreto que produjeron costaba 93% más que el concreto convencional, mientras que cuesta un 26% más considerando los gastos que demandan la vibración y el personal necesario para la colocación correcta del concreto; cabe indicar que el tiempo de colocación se acortó un 50% respecto al concreto convencional.



(González, Landaverdey Romero, 2005), en su tesis "Concreto autocompactable: Propuesta para el diseño de mezcla, beneficios técnicos y consideraciones básicas para su implementación en el Salvador" pretendió determinar una propuesta de diseño de mezcla de Concreto Autocompactante con los recursos disponibles de su entorno, además, concluyó que el agregado con TMN de 3/8" definió características beneficiosas en la obtención de propiedades autocompactantes. En el trabajo de calcular la mejor proporción de los componentes del esqueleto granular, los volúmenes de Agregado Grueso y fino variaron de 45% y 55% a 30% y 70% respectivamente, dado a que las muestras demandaron mayores cantidades de agregado fino para obtener un mayor estabilidad y fluidez.

1.1.2. Antecedentes a nivel nacional

(Pineda,2003,) en su tesis "*Diseño de mezcla de concreto autocompactante*"; presentada en la Universidad Nacional de Ingeniería, analizó el comportamiento de las mezclas de concreto en estado plástico y su tendencia a compactarse. Uso para esto muestras patrón con a/c de 0.50, 0.45 y 0.40 y agregando un aditivo superplastificante (Sika Viscocrete1- Policarboxilato modificado), también varió la relación arena/piedra y se analizaron propiedades.

Entre sus conclusiones encontramos que se identificó un buen comportamiento autocompactante en el estado plástico cuando el contenido en agregado grueso era menor a 766kg por 1m³ de concreto. Para el ensayo de Extensión de flujo valores de D_{máx} menores a 650 mm una disminución considerable de fluidez. También se determinó que cuando a/c estaba de 0.50 a 0.40 se debía usar 1.2% de dosificación de aditivo mientras que cuando a/c estaba en 0.336 la relación se utiliza la máxima dosificación analizada, 2.0%. Se observó que para para los materiales que se usaron en la investigación los contenidos de cemento debían estar entre 550 y 600 por 1m³.

(Rabanal y Su,2017,) en su tesis "*Diseño de concreto autocompactable*"; presentada en la Universidad Señor de Sipán, realizó ensayos con aditivos Sika Viscocrete 1110 y Microsilice Sika Fume estableciendo relaciones de agua cemento bajas. Logran definir un diseño óptimo para un concreto autocompactante



de 500 kg/cm². Un análisis interesante es el que notamos con el Ensayo de Ultrasonido para captar la velocidad del pulso no destructivo de los testigos de concreto a los 7 , 14 y 28 días para evaluar sus características en estado endurecido.

(Leon,2017,) en su tesis "Las partículas de nanosilice y su influencia en la resistencia a la compresión del concreto autocompactante en la ciudad de Huancayo-2017", realizó el diseño de tres mezclas de concreto autocompactante variando sus relacione de agua/cemento entre valores de 0.4, 0.5 y 0.6 según el ACI

211.4 para concretos de densidades de 280kg/cm² , 210 kg/cm² y 175 kg/cm². Se usó aditivo nanosilice para mejorar propiedades y características para permitir mejor trabajabilidad, la evaluación del concreto en estado endurecido fue a los 1,3,7,14 y 28.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad uno de los problemas más comunes que se dan al momento de construir estructuras de concreto especiales, es la ausencia de buenas técnicas de compactación, que conllevan a inconvenientes por los vacíos que quedan; además existe mucha dificultad para que los instrumentos para consolidar el concreto lleguen a lugares de difícil acceso debido a su esbeltez, congestionamiento en el reforzamiento, etc. Es por ello que se crea el Concreto Autocompactante ya que este tiene la capacidad de facilitar la colocación del hormigón fresco en este tipo de estructuras.

En nuestro país muchas empresas de elaboración de concreto, están eligiendo crear mezclas para establecer el Concreto Autocompactante en el mercado, teniendo en cuenta de que es un concreto de mayor costo debido a la utilización de gran cantidad de aditivos pero considerando que disminuye el tiempo y el personal en una obra, existiendo una compensación entre el costo y el rendimiento. Así mismo contamos con pocas investigaciones de la influencia que tiene esta adición nanosilice en este tipo de concreto, por lo que no conocemos su comportamiento, la utilización de tecnología de punta para lograr las más altas resistencias a la compresión con adiciones minerales ha motivado la presente investigación.

En la ciudad de Nuevo Chimbote se realizan obras civiles, sin usar buenas técnicas de compactación, sobre todo en aquellos elementos esbeltos o de difícil acceso para un



concreto normal; obteniendo mezclas de baja calidad, con densidades y resistencias menores a las requeridas, debido a que presentan demasiados espacios vacíos.

Para ello se recurre al concreto autocompactante que con su fluidez alta rellena todos los espacios vacíos donde se esté esparciendo el concreto; esta fluidez alcanzada en estado fresco se logra con agregados de alta calidad y adiciones que cumplan las normas correspondientes.

De no realizar la presente investigación, se seguirá usando las mismas técnicas anacrónicas de concreto y no se promoverá la mejora de procedimientos en la utilización de este.

Esta investigación se concentrará en un Concreto Autocompactante de $F'c = 350$ kg/cm², adicionándole aditivo de Nanosílice.

La presente investigación nos orientará a solucionar el problema siguiente:

¿Cuál es la influencia de la adición de nanosílice sobre el estado plástico y endurecido del concreto autocompactante?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

- Determinar la influencia de la adición de nanosílice sobre el estado plástico y endurecido del concreto autocompactante, en la ciudad de Nuevo Chimbote.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Elaborar el diseño patrón para un concreto de $f'c = 350$ kg/cm², con Agregado de TMN= 3/8" y otro con agregado de TMN= 1/2".
- Obtener el porcentaje óptimo de adición de Nanosílice que permita mejorar las propiedades del concreto autocompactante
- Evaluar las propiedades del concreto autocompactante con adición del Nanosílice en estado fresco y endurecido.

1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Usando el aditivo nanosílice se logrará obtener concretos autocompactantes con mejores propiedades en estado plástico y endurecido, para la ciudad de Nuevo Chimbote.



1.5. JUSTIFICACIÓN

La motivación para esta investigación fue el hecho de servir a la comunidad académica en proporcionar una nueva metodología de realizar un concreto estructural $f'c = 350$ kg/cm² agregando un reductor de agua de alto rango y controlador de la segregación (Nanosílice), con agregados y cemento de la ciudad de Nuevo Chimbote- Santa – Ancash.

Por otro lado, la contaminación ambiental es un tema muy importante en el país ya que debido a eso se está desgastando la capa de ozono y perjudicando a los seres humanos produciendo enfermedades, esto mayormente se da por las empresas industriales.

Aprovechando las ventajas del Concreto Autocompactante inhibiendo los ruidos de las vibraciones de este, al momento de su colocación se reduce la incomodidad del ruido a los trabajadores y población circundante a estos trabajos. Gracias a las investigaciones anteriores tenemos base experimental y teórico para realizar este experimento y generar una opción viable, económica y realista.

1.6. LIMITACIONES

1.6.1. Limitación espacial

En esta investigación se elaboró concreto con adición de Nanosílice, para un concreto con resistencia $f'c: 350$ kg/cm² como muestra patrón, los ensayos para obtener las propiedades mecánicas de dichos concretos se realizarán en el Laboratorio de mecánica de suelos y de concreto de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Santa. Además, se tendrá en cuenta que los materiales para la elaboración de concreto como son:

- Cemento Sol
- Agregado grueso (piedra zarandeada 3/8" y 1/2") de la cantera "La Sorpresa"
- Agregado fino de la cantera "La Sorpresa"
- Aditivo R-2021 de la empresa Ulmen



1.6.2. Limitación temporal

El tiempo de esta investigación comprenderá un lapso entre el mes de diciembre del año 2019 hasta el mes de mayo del 2020.



II. MARCO TEÓRICO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Concreto

2.1.1.1. Definición

El concreto es un material cuya constitución se basa en cemento, agua, agregados fino y grueso y eventualmente de aditivos, luego de lograr una dosificación prevista en su estado inicial tiene características plásticas y de fácil moldeado, estas características varían conforme transcurre el tiempo tornándose rígida y evidentemente aislante y resistente por lo que es útil e ideal para el ámbito de la construcción. Podemos inferir de la definición anterior que resulta conformarse un material híbrido, que relaciona de manera dinámica los componentes inmersos en él, los cuales bajo control aportan sus propiedades, en conclusión, se ha logra un material particular y original. (Pasquel Carbajal, 2007)

Compuesto por cemento, agua y agregados fino y grueso, el concreto de forma básica es la combinación bajo control de proporciones de los elementos en mención que resultan en un material homogéneo. El material resultante contiene aire atrapado en pequeñas cantidades el cual puede controlarse usando aditivos. (Rivva López, 1992)

2.1.1.2. Componentes

La composición base es la siguiente: cemento de naturaleza ligante, agua, agregados fino y grueso. La manera de ejecutar la producción del concreto variará en función del tipo de obra y teniendo en cuenta el tipo de concreto conveniente que se requiere. (Abanto Castillo, 2000)

Los criterios para seleccionar los materiales que se usarán para componer el concreto y las proporciones de los mismos responderán a un razonable balance entre la economía y el cumplimiento de la normativa, por ejemplo, los parámetros en estado plástico y en estado endurecido. (Rivva López, 1992)

De forma tradicional los aditivos son considerados un agregado opcional, pero en las definiciones más modernas se consideran ya un agregado normal, su uso es conveniente para mejorar características como la resistencia, la trabajabilidad y la durabilidad, estos tienen una incidencia en la economización y se refleja en el ahorro en la colocación, el vibrado y compactación, las reparaciones y hasta reduce el uso de cemento. (Rivva López, 1992)

En la Figura 1 podemos notar que el componente con menos presencia es el cemento, pero es este el que define el comportamiento del concreto. (Pasquel Carbajal, 2007)

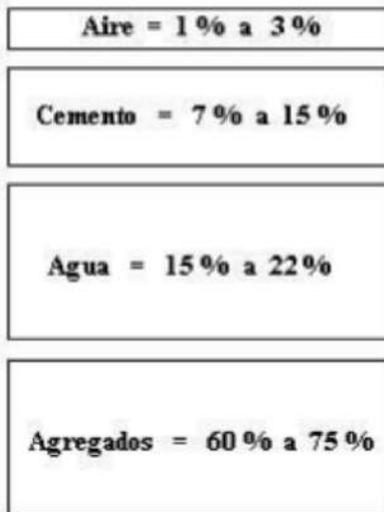


Figura 1: Proporciones normales de los componentes del concreto en volumen.

Fuente: Pasquel (2000). Tópicos de Tecnología del Concreto P.10

Modificar a nuestra voluntad las características de los factores que se presentan al diseñar y producir concreto generalmente resulta complicado, debemos tener en cuenta entonces soluciones particulares. Dichas soluciones se hallarán en la creatividad de los profesionales que las implementen y es que con los mismos ingredientes se puede lograr un buen concreto y un mal concreto. Hallar esta solución al diseñar y producir entonces no es fácil. Debemos establecer a partir de esto que un concreto de calidad es aquel que cumple con requisitos de trabajabilidad, compactación, resistencia, durabilidad y economía acordes al caso particular que busca solucionarse. (Pasquel Carbajal, 2007)

2.1.1.3. Concreto autocompactante

2.1.1.3.1. Introducción

El concreto autocompactante se puede conceptualizar como concreto que tiene como principal propiedad la fluidez y la capacidad de alcanzar y rellenar de forma correcta el encofrado de un volumen de un elemento estructural con la simple acción de su mismo peso, sin la necesidad de usar algún método de compactación (ACHE, 2008)

Desde el punto de vista tecnológico este logro se debe al crecimiento exponencial en material de aditivos que se ha tenido desde los años 70, y de manera más precisa, a los de esta última década por los aditivos tipo F o reductores de agua de alto rango basados en polímeros de ácido acrílico y ésteres.

La característica principal que diferencia el concreto autocompactante del concreto convencional es características del primero en estado fresco.



Difieren básicamente en las componentes que contienen gran cantidad de finos, aditivos sofisticados con dosis altas y la disminución de agregado grueso.

El concreto autocompactante tiene que tener como características la fluidez, la cohesión, la homogeneidad, la resistencia a la segregación, facilidad de movimiento, debe ser de fácil compactación y debe asegurar acabados vistosos.

2.1.1.3.2. Reseña histórica

A mediados de la década de los 80 el concreto autocompactante se empieza a desarrollar en el país de Japón, teniendo como pionero al Profesor Okamura, de la Universidad Imperial de Tokio (Okamura, Self-Compacting High-Performance Concrete, 1997)

En primera instancia fue llamado "High Performance Concrete" y posteriormente "Concreto Autocompactante". La finalidad era desarrollar un concreto de buena calidad, compacidad y durabilidad para elementos estructurales con alta cuantía de acero para los cuales es difícil el acceso de un vibrador. También se buscaba obtener un concreto que demandara en lo más mínimo la cantidad de mano de obra al momento de su colocación, y es que una mano de obra poco calificada se veía reflejado en la deficiente compactación y por ende la calidad de las obras disminuía.

Al identificar la problemática antes descrita, Ozawa y Mekawa desarrollaron investigaciones acerca de este tipo de concreto en la Universidad Imperial de Tokio. (Okamura, Self-Compacting High-Performance Concrete, 1997) En el año de 1988, diseño el arquetipo de concreto autocompactante cuyas características como la retracción, el calor de hidratación y la densidad respondieron correctamente, además de otras propiedades (Okamura & Ozawa , 1996)

Desde allí, el concreto autocompactante se ha usado en diversas obras como también en prefabricados. Se ha investigado bastante en instituciones así como en empresas internacionalmente y, debido al aumento del interés del ámbito científico y técnico, se han llevado a cabo simposios así congresos de nivel internacional con motivo de estudiar este concreto tan particular, de los cuales se pueden destacar los subsiguientes:

- En la Segunda Conferencia del Pacífico y Este de Asia, emprendido por parte de Ingeniería Estructural y Construcción (por sus siglas EASEC-2), 1989, la primera exposición sobre concreto autocompactante la dio Ozawa.
- En la Conferencia Internacional de CANMET y ACI, 1992, se mostró el concreto autocompactante.
- El RILEM conformó una comisión para estudiar el concreto autocompactante en el año 1997.



- Se instauró el proyecto BriteEuram BE96-3801 en el Programa Marco Europeo,1997.
- Primer Simposio Internacional del concreto autocompactante con la organización de RILEM cuya celebración se dio en Estocolmo,1999.
- Segundo Simposio Internacional del concreto autocompactante con la organización de RILEM cuya celebración se dio en Tokio, 2001.
- Primera Conferencia Norteamericana acerca del Diseño y Aplicación del Concreto Autocompactante, cuya celebración se dio en Chicago, 2002.
- Tercer Simposio Internacional sobre concreto autocompactante con la organización de RILEM cuya celebración se dio en Islandia, 2003.
- Segunda Conferencia Norteamericana acerca de Concreto Autocompactante, cuya celebración se dio en Chicago, 2005.
- Primer Simposio Internacional acerca de diseño y uso del concreto autocompactante con la organización de RILEM cuya celebración se en China, 2005.
- Quinto Simposio Internacional sobre concreto autocompactante con la organización de RILEM cuya celebración se dio en Bélgica, 2007.
- Primer Congreso Español sobre Concreto Autocompactante, cuya celebración se dio en Valencia, 2008.
- Tercera Conferencia Norteamericana sobre Concreto Autocompactante, cuya celebración se dio en Chicago, 2008.

2.1.1.3.3. Ventajas del Concreto Autocompactante

A continuación, se presentan las ventajas del concreto autocompactante:

Disminución de mano de obra, así como de equipos dado que es alta la trabajabilidad de concreto al ser colocado.

Facilita la compactación del concreto y prescinde de un vibrador mecánico y de mano de obra calificado para lograrlo.

Disminución de contaminación acústica dado que se prescinde de vibración.

Disminuye los plazos de planeamiento debido al avance en la colocación del concreto.



Disminuye la exposición a riesgos durante la jornada conservando la salud laboral y mejorando el ambiente laboral.

2.1.1.3.4. Campos de aplicación

En el presente la producción de concreto autocompactante es baja en comparación con el concreto convencional. Su uso se puede dar en obras in situ tanto como en prefabricados, en obra o en edificaciones.

En la actualidad, en Europa, se ha extendido más el uso de concreto autocompactante y tiene más presencia en el sector de prefabricados que dentro de los concretos de colocación in situ, debido a que las condiciones de labor y producción son mejores para el concreto autocompactante. Alrededor del año 2005, en ciertos países europeos, el concreto autocompactante formaba parte de hasta el 20% del concreto usado; a diferencia de Estados Unidos, en donde representaba el 75% del concreto prefabricado aproximadamente, ya que esta aceptado que se use este tipo de concreto en (ACHE, 2008)

Las obras que usaron concreto autocompactante por primera vez se encuentran en Japón. Destaca entre varias obras el anclaje del puente Akashi Kaykyo con una luz de 1 991 metros de luz. Se utilizaron 290 000 m³ de concreto autocompactante estimándose un rendimiento aproximado de 1 900m³/día por lo que el tiempo de ejecución se redujo en 6 meses (Okamura, Self-Compacting High-Performance Concrete, 1997)

Otra obra destacada realizada en Japón, fue un un contenedor de gas licuado hecho por la empresa Osaka Gas reduciéndose desde 22 hasta 18 meses con un rendimiento estimado de 200 a 250 m³/hora (Okamura, 1997; Nishizaki et al., 1999; Ouchi, 1999; Gettu et al., 2004a)

En diversas partes de Europa también podemos encontrar muchas aplicaciones del concreto autocompactante a partir de 1998, nos referimos a Suecia, Inglaterra, Francia o los Países Bajos. Por ejemplo, en el país de Suecia hasta 1999 ya se habían construido tres puentes y muchos edificios con concreto autocompactante o en Francia se hizo uso de por lo menos 50 000 m³ de concreto autocompactante en un sin número de proyectos de edificaciones y obras civiles alrededor de los años 1997 y 2000 (Billberg, 1999a; AFGC, 2000; Skarendhal et al., 2002; Gettu et al., 2004a).

Por otra parte, en España, el uso de concreto autocompactante en una obra civil se hizo en un relleno de un arco en forma de parábola del puente de la Ronda de la Hispanidad que pasa por encima del río Ebro, Zaragoza. Se hizo uso de 300 m³ de concreto autocompactante en aproximadamente 5 horas (Puerta, 2002, 2003). En adelante se han hecho diversas obras destacándose las siguientes:



*En 2003 en España, se fabricó 312 vigas tipo cajón usándose 17 500 m³ de concreto autocompactante pretensado para los viaductos de la carretera Scut do Norte Litoral, ubicado en Portugal (ACHE, 2008)

*En 2004 se refaccionaron los Túneles de Lilla y Montblan de la línea de alta velocidad Madrid-Zaragoza-Barcelona usándose hasta 124 000m³ de concreto autocompactante (ACHE, 2008)

*En Barcelona, La ciudad de la Justicia consta de ocho edificios con concreto visto estructural con 7 colores el cual se hizo con concreto autocompactante para disminuir los efectos del concreto visto/coloreado (García et al., 2008; ACHE, 2008)

*En Zaragoza se hizo el Puente del Milenio con concreto autocompactante blanco de resistencia elevada (ACHE, 2008)

*Un edificio reciente es la vistosa Torre de Cristal en la capital española, Madrid, allí se usaron dos concretos autocompactantes para realizarla. La altura de esta torre es de 249m (nivel de la Plaza Castilla) y por debajo consta de seis sótanos (19,30 m de altura). Se hizo uso de un CAC-100 para arrancar las pilas además de un CAC-45 para arrancar pilares mixtos y también el núcleo (Bermejo Nuñez, 2009)

2.1.1.3.5. Caracterización de los concretos autocompactantes en estado fresco

2.1.1.3.5.1. Propiedades en estado fresco

2.1.1.3.5.1.1. Reología

Esta parte de la física estudia la capacidad de fluir relacionado a esfuerzo y a la deformación de los materiales, existen avances muy significativos desde los años 70 en cuanto al estado fresco del concreto.

Podemos definir dos tipos de fluidos, los newtonianos y los no newtonianos que a su vez son fluidos de estructura simple o fluidos de estructura más compleja respectivamente.

Los de estructura simple como por ejemplo el agua se pueden definir mediante la ley de Newton (ver ecuación 1 y Figura 2).

$$\tau = \eta * \gamma'$$

Ecuación 1: Ley de newton

Donde:

τ : tensión de corte.

η : viscosidad.

γ' : velocidad de corte producida.

Los de estructuras más complejas y aquí podemos agregar al concreto presentan propiedades elásticas y viscosas. Estos casos se pueden definir según el modelo de Bingham. Este modelo el cual es el más usado para la caracterizar reológicamente al concreto. El modelo está caracterizado por la tensión umbral y la viscosidad (ver ecuación 2 y Figura 2). La viscosidad está relacionada con la estabilidad y la resistencia a segregarse del concreto.

$$\tau = \tau_0 + \mu * \dot{\gamma}$$

Ecuación 2: Modelo de Bingham

Donde:

τ : tensión de flujo.

τ_0 : tensión umbral.

μ : viscosidad plástica.

$\dot{\gamma}$: velocidad de deformación transversal.

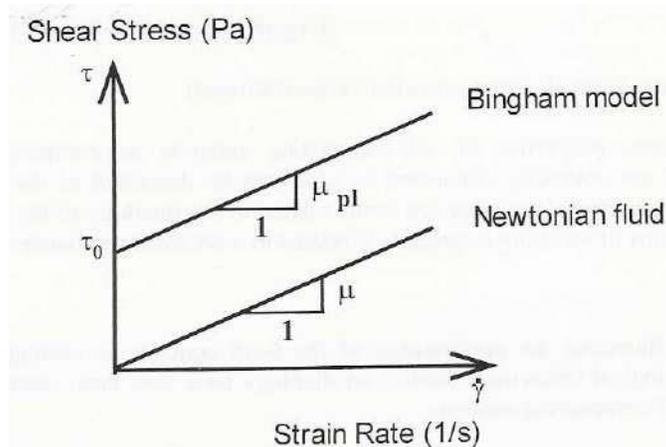


Figura 2: Curvas de flujos de modelos de Bingham y Newton (Skarendahl et al.,2000 citado en Bermejo Nuñez, 2009).

La tensión umbral es muy baja cuando se trata del concreto autocompactante como se puede observar en la Figura 3 donde se muestra una comparación del comportamiento reológico de tres tipos de concretos. Podemos notar que la curva de flujo del concreto autocompactante se acerca a la curva de flujo de un fluido Newtoniano.

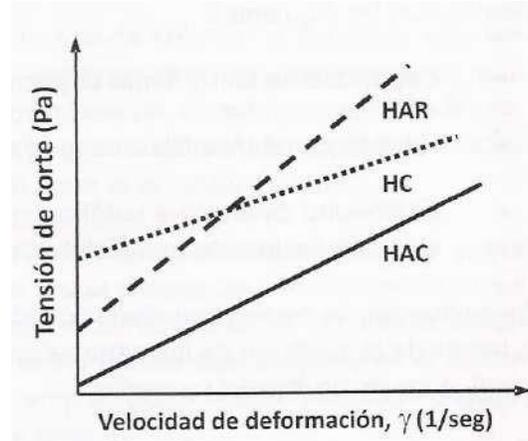


Figura 3: Curvas de flujo de un concreto autocompactante (CAC), de un concreto convencional (CC) y un concreto de alta resistencia (HAR1.3.1.2.)

2.1.1.3.5.1.2. Capacidad de relleno

Es la capacidad del concreto de rellenar un encofrado solo afectado de su propio peso sin afección externa. Los encofrados deben quedar cubiertos completamente sin ninguna cangrejera. Para una adecuada capacidad de relleno se debe disminuir la fricción entre las partículas y lograr que la mezcla tenga una adecuada deformabilidad.

2.1.1.3.5.1.3. Capacidad de paso

Es la capacidad del concreto de resistir el bloqueo y pasar entre el armado y sus estrechamientos o cualquier otro obstáculo evitando así que se bloqueen los áridos.

Esta capacidad depende de la forma de la armadura y de la distribución de las mismas además de cuanto árido grueso tenga contenido y que tamaño sea.

En la Figura 4 se puede observar cómo funciona el mecanismo de bloqueo.

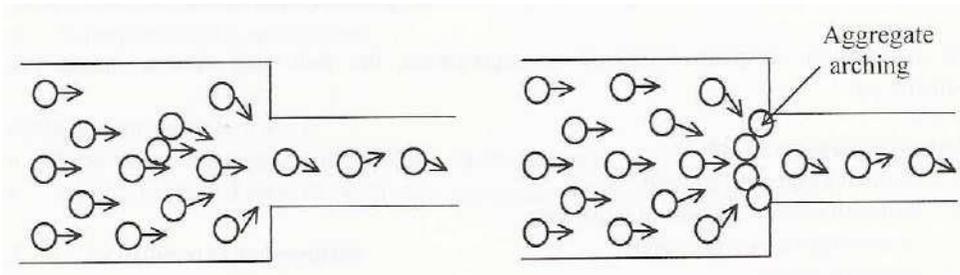


Figura 4: Mecanismo de bloqueo (Skarendahl et al., 2000 citado en Bermejo Nuñez, 2009).



2.1.1.3.5.1.4. Resistencia a la segregación

Es la capacidad del concreto de conservar su homogeneidad sin producirse una separación de los agregados o que exista exudación del agua. Esta capacidad tiene relación con la estabilidad y con la viscosidad y es que si se obtiene una viscosidad correcta entonces la composición de la mezcla permanece homogénea.

2.1.1.3.5.1.5. Fiabilidad

Es la capacidad del concreto de conservar sus características en estado fresco dentro de los parámetros previstos cuando se varían mínimamente las propiedades de los componentes del mismo o la variación de la temperatura o una combinación de ambos (ACHE,2008).

2.1.1.3.5.1.6. Tiempo abierto

Definimos el tiempo abierto como el espacio temporal que existe desde que la fabricación mientras se mantenga las características de autocompactabilidad del concreto (ACHE,2008). La temperatura también es un factor influyente al igual que en el concreto convencional, además de las condiciones del clima o los aditivos usados, y otros factores. (ACHE, 2008)

2.1.1.3.5.2. Exigencias de autocompactabilidad

El concreto autocompactante tiene que cumplir necesariamente los tres principales requisitos de compactibilidad como ya se ha visto al inicio de este apartado. Las normativas UNE solo tiene cuatro de las formas de ensayo como ya se ha expuesto y según esos ensayos se evalúa la compactibilidad de forma tal que:

- Para la capacidad de relleno se usan: Ensayos de escurrimiento y embudo V
- Para resistencia de bloqueo se usan: el embudo V, caja en L y escurrimiento con anillo japonés
- Para la resistencia a la segregación se usan: la EHE-08 hace referencia a que la resistencia la segregación se mida se forma no directa a haciendo uso del anillo japonés y prescindiendo de él, para una medición directa se puede usar el ensayo de columna o el ensayo de tubo-U, aunque estos últimos no están estipulados en la normatividad UNE.

En el anexo 17 de la Instrucción EHE-08, establece rangos para los parámetros que de cada ensayo normalizado y se recogen en la tabla 1. Debemos notar que los requisitos de esta tabla deben cumplirse de forma simultánea para cumplir con los requisitos de autocompatibilidad.



Tabla 1: Requisitos de autocompactabilidad EHE 08

Ensayo	Parámetro medido	Rango admisible
Escurrecimiento	T_{50}	$T_{50} \leq 8 \text{ seg}$
	d_f	$550\text{mm} \leq d_f \leq 850\text{mm}$
Embudo V	T_v	$4s \leq T_v \leq 850\text{mm}$
Caja en L	C_{bL}	$0,75 \leq C_{bL} \leq 850\text{mm}$
Escurrecimiento con anillo Japonés	d_{JF}	$\geq d_f - 50 \text{ mm}$

Fuente: Anexo 17 EHE-08

Tabla 2: Criterios de aceptación para el concreto autocompactante (TM 20mm) por la EFNARC

	Método	Unidad	Margen habitual de valores	
			Mínimo	Máximo
1	Flujo asentamiento por cono Abrams	mm	650	800
2	Flujo de asentamiento $T_{50\text{mm}}$	segundos	2	5
3	Anillo Japonés	mm	0	10
4	Embudo V	segundos	6	12
5	Embudo V a $T_{5\text{min}}$	segundos	0	+3
6	Caja en L	(h_2/h_1)	0,8	1,0
7	Caja en U	$(h_2 - h_1)\text{mm}$	0	30
8	Caja de relleno	%	90	100
9	Ensayo de estabilidad GTM	%	0	15
10	Orimet	segundos	0	5

Fuente: Anexo 17 EHE-08

2.1.1.3.6. Métodos de dosificación

2.1.1.3.6.1. Introducción

Con lo descrito anteriormente, las propiedades en estado plástico deben de cumplirse obligatoriamente por lo que se debe de tener un especial cuidado con el diseño de mezcla. Los factores que determinan el estado plástico del concreto según la bibliografía estudiada, son los siguientes:

- Volumen del agregado grueso.
- La utilización de los aditivos reductores de agua.
- Las propiedades en estado plástico de la mezcla.

Como se indica en su Artículo 71.3. 2º del Anejo 17 de la Instrucción EHE-08, al realizar la dosificación de un concreto autocompactante se tendrá en cuenta las siguientes características ligadas con el proyecto:



- Estructurales, como el espacio entre la armadura de acero, medidas de los elementos, caras o complejidad arquitectónica de los moldes, etc.
- Operativas, como la velocidad y duración del vaciado de la mezcla, tipo de encofrado o por último, el acceso del camión concretero al punto de vaciado, etc.
- Ambientales, como la temperatura que incide en los materiales y en el vaciado de la mezcla, asimismo influye la duración del transporte, etc.

En la actualidad se han presentado diferentes tipos de métodos de dosificación para el concreto autocompactante siendo estos en su gran mayoría empíricos, sin embargo, se han planteado métodos teóricos o semiteóricos que constan de un modelo iterativo con el fin de llegar a una dosificación final. Seguidamente se presentarán y explicarán algunos de estos modelos.

2.1.1.3.7. Métodos de dosificación del concreto autocompactante

2.1.1.3.7.1. Ensayos previos sobre pastas y morteros

Existen diversos métodos para evaluar la pasta y el mortero de concretos autocompactantes, dentro de los cuales sobresalen los siguientes:

2.1.1.3.7.1.1. Ensayo de flujo de morteros.

El procedimiento de este ensayo es el mismo al del ensayo de escurrimiento para concretos detallado anteriormente, la diferencia está en el molde que cuenta con otras dimensiones como se observa en la figura 5. Lo que se obtiene en primer lugar de este ensayo son las medidas de los diámetros r_1 y r_2 de la huella del concreto. Finalmente se calcula el parámetro Γ_m que se obtiene de las ecuaciones 3 y 4. (Okamura et al., 2000 citado en Bermejo Nuñez, 2009).

$$\Gamma = \frac{r_1 + r_2}{2}$$

Ecuación 3: Promedio de diámetros de ensayo de flujos de mortero

$$\Gamma_m = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 - 1$$

Ecuación 4: Parámetro Γ_m

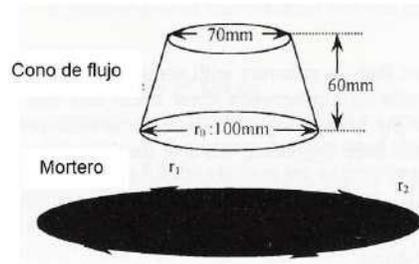


Figura 5: Ensayo de flujo de morteros (Skarendahl et al., 2000 citado por Bermejo Nuñez, 2009).

2.1.1.3.7.1.2. Ensayo embudo en V.

El procedimiento de este ensayo es el mismo al del ensayo de escurrimiento para concretos detallado anteriormente, la diferencia está en el molde que cuenta con otras dimensiones como se observa en la figura 1 . Lo que se obtiene en primer lugar es el tiempo, t, que tarda el mortero en fluir a través del molde, para posteriormente mediante la expresión 1.10 obtener el parámetro del ensayo que es Rm. (Okamura et al.,2000 citado en Bermejo Nuñez, 2009).

$$R_m = \frac{10}{t}$$

Ecuación 5: Parámetro Rm

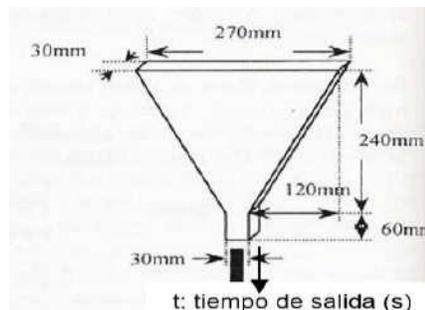


Figura 6: Ensayo de embudo en V de mortero (Skarendahl et al., 2000 citado en Bermejo Nuñez, 2009).

2.1.1.3.7.1.3. Ensayo del cono de Marsh.

Utilizado para evaluar la compatibilidad de los elementos de la pasta, y obtener el punto de saturación del aditivo. Para este ensayo se emplea un molde en forma de embudo cónico cuyo orificio final tiene la dimensión de 8 mm representado en la Figura 7. Este ensayo mide el tiempo que demora en salir 500 ml de pasta introducidos en el molde.



Figura 7: Cono de Marsh (ACHE, 2008)

2.1.1.3.7.1.4. Ensayo de mini-cono.

Este ensayo es utilizado para mejorar el contenido de la adición, asimismo para obtener el punto de saturación del aditivo. En este ensayo se emplea un recipiente como se muestra en la Figura 8. Los parámetros que se obtienen son el diámetro final y el tiempo que demora en alcanzar un diámetro de 115 mm. (Gettu et al., 2003 citado en Bermejo Nuñez, 2009).

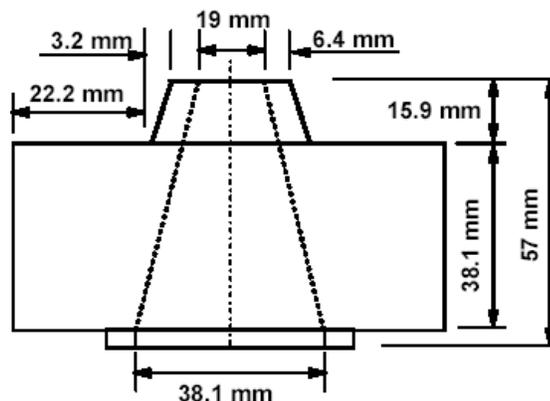


Figura 8: Mini-cono (Kantro, 1980; Gettu et al., 2003; ACHE, 2008).



2.1.1.3.7.2. Método de dosificación CBI

El método de dosificación de CBI (Swedish Cement and Concrete Institute) propuesto por Peterson (1996) y Billberg (1999). Este método se realiza por medio de tres pasos. En el primer paso se determina el volumen mínimo de pasta. En el segundo, se obtiene la composición de la pasta, y en el tercero se verifican si las propiedades físicas del concreto cumplen con los parámetros establecidos (Pettersson et al., 1996; Gettu et al., 2003, 2004 Cremades Scrig, 2011).

Una de las particularidades de este método es que se tiene en cuenta el volumen de huecos en el esqueleto granular, y ello determina el volumen mínimo de pasta necesario para rellenar los huecos existentes entre las partículas de los agregados. Con este procedimiento se evita que, ante la presencia de obstáculos, exista el bloqueo. El volumen de huecos se calcula a partir del grado de compacidad de distintas relaciones entre el agregado grueso y el agregado fino.

La determinación del mortero se obtiene a través del ajuste de la relación entre el factor agua/cemento y los aditivos (superplastificantes, moduladores de viscosidad o ambos) por medio de un viscosímetro.

2.1.1.3.7.3. Método de dosificación LCPC

El método de dosificación LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) fue propuesto por Sedran et al. (1996). Se justifica en el modelo de suspensión de sólidos (De Larrard et al., 1997) y se fundamenta en que parte del agua del concreto es utilizado para rellenar los vacíos que existen entre los agregados y el resto de la pasta, para que la trabajabilidad sea controlada. (ACHE, 2008)

Este modelo utiliza el programa informático llamado "Solid Suspension Model" para que con el mínimo de huecos el esqueleto granular alcance su composición óptima, teniendo como precedentes las experiencias sobre la elección de los materiales, granulometrías, compatibilidad entre el cemento, aditivos, contenido de cemento y adiciones; obtenidos mediante el trabajo con un reómetro tipo BTRHEOM.

2.1.1.3.7.4. Método general de dosificación

El método general de dosificación fue desarrollado por Okamura y Ozawa en 1998. Posiblemente sea uno de los métodos más utilizados. Se considera para el diseño del concreto dos partes. La primera sería el agregado grueso y, la segunda el mortero que incluye la pasta y los agregados finos. El método consta de los siguientes pasos (ACHE, 2008):

1. Se fija el contenido de agregado grueso en el 50% del volumen de sólidos total del concreto
2. Se fija el agregado fino en el 40% sobre el volumen de mortero.
3. La relación agua/(cemento+filler) se asume en el rango de 0,9 a 1% en volumen, dependiendo de las propiedades del cemento y adiciones usadas.
4. Por medio de ensayos sobre la pasta se obtiene el total de aditivo reductor de agua y la relación agua/(cemento+filler).



5. Termina cuando se llega a un diámetro de 650 mm en el ensayo de escurrimiento del material

2.1.1.3.7.5. Métodos de dosificación basados en el método general

Existen numerosas variaciones y desarrollos del método general cuya finalidad es de optimizar los componentes de la pasta y contar con un amplio rango de materiales. Entre ellos sobresalen los siguientes:

Universidad Tecnológica de Kochi. El método consiste en determinar el contenido de agregado fino del mortero con la finalidad de que se pueda utilizar cualquier ejemplar de cemento, adición o agregado fino independientemente de su naturaleza, distribución y tamaño de partícula. La relación entre el mortero y el agregado se evaluó sobre concretos donde se usaron "agregados de vidrio" de 10 mm de diámetro. Los ensayos se realizan con el embudo en V para morteros (Figura 6). El parámetro que se obtiene es el índice de capacidad de llenado del concreto que es la relación entre los tiempos obtenidos en los ensayos del embudo en V para un mismo mortero con y sin "agregados de vidrio". Este valor determinado permite la reducción del volumen de la pasta. (Edamatsu et al., 1999)

2.1.1.3.7.5.1. Universidad De Tokio.

Este método de dosificación fue desarrollado por Ouchi et al. (1997, 1998), cuyo propósito es determinar la relación óptima de agua/cemento y la cantidad necesaria de aditivo para la mezcla.

Skarendahl et al. (2000) describen que los parámetros se obtienen de manera independiente utilizando el ensayo de flujo y el de embudo V para morteros (Figuras 5 y 6, respectivamente). Estos ensayos demostraron las siguientes relaciones entre los parámetros:

- R_m y Γ_m , tienen una relación lineal para cualquier dosis de superplastificantes por peso de cemento (S_p/p).
- $R_m = A \cdot \Gamma_m^{0.4}$, para cualquier valor de la relación de volúmenes de agua y cemento (V_w/V_p).

2.1.1.3.7.5.2. Universidad De Delft.

Pelova et al. (1998) en su método reducen el contenido de pasta en un 10% con respecto al método general de dosificación. El volumen del agregado grueso aumenta de 50 % a 60% debido a tener un mayor grado de compacidad en el esqueleto granular. Así mismo se limitó el tamaño máximo del agregado a 16 mm.

2.1.1.3.7.5.3. University College London.

Este método se basa en el método general de dosificación optimizando linealmente la mezcla de agua, finos y agregados. En la Tabla 3 se muestran los rangos de las proporciones para alcanzar la caracterización autocompactable de las mezclas de concreto. (Domone et al., 1999).



En la Tabla 3 se muestran los rangos aceptables, dependiendo del tamaño máximo del agregado, de los ensayos de escurrimiento, caja U y embudo en V. Así mismo la relación agua/finos se logra obtener del ensayo de flujo para morteros (Figura 5).

Tabla 3: Rangos propuestos por Domone et al. (1999)

	Tamaño máximo de agregado 20 mm		Tamaño máximo de agregado 10 mm	
Contenido de agregado grueso (kg/m ³)	0.5 x peso seco compactado del agregado		0.50-0.54 x peso seco compactado del agregado	
Máximo contenido de agua (kg/m ³)	200			
Agua/cemento, en peso	0.28-0.40		0.28-0.50	
Agua/(cemento+filler+agregado fino), en peso	0.12 – 0.14		0.12 – 0.17	
Volumen de pasta(m ³ /m ² de concreto	0.38-0.42			
volumen de arena / volumen de mortero (Vfa/Vm)	a/c	Vfa/Vm	a/c	Vfa/Vm
	<0.3	0.4	<0.3	0.4
	0.30-0.34	0.4-0.45	0.30-0.34	0.4-0.45
	0.30-0.40	0.45-0.47	0.30-0.40	0.45-0.47
	0.40-0.50	no emplear	0.40-0.50	>0.45

Fuente: Magazine of Concrete Research

Tabla 4: Valores de ensayos propuestos por University College London

Tamaño máximo de agregado (mm)	Ensayo de escurrimiento (mm)	Ensayo de embudo en V (s)	Ensayo de caja en U (mm)
20	650 - 700	4- 10	300 - 350
10	600 - 700	2 - 4	300 - 350

Fuente: Self-Compacting Concrete – State-of-the-Art report of RILEM



2.1.1.3.7.5.4. Método de dosificación EFNARC

La metodología de EFNARC consta de una secuencia de pasos bajo las siguientes condiciones:

- Relación en volumen agua/finos situado entre: 0,80 y 1,10.
- Contenido de finos: 400-600 kg/m³.
- Granulometría de la arena: 0,125 - 4 mm.

El proceso de dosificación consta de los siguientes pasos:

1. Se fija el contenido de aire atrapado.
2. Se establece la relación agua/cemento dependiendo del uso del concreto.
3. Se establece la cantidad del agregado grueso según su densidad situándolo en el rango de: 50% - 60%.
4. El volumen de agregado fino es determinado en función de las propiedades de la pasta y situándolo entre el 40% y el 50% del volumen del mortero.
5. Se diseña la pasta por medio del ensayo de flujo de mortero con distintas relaciones de agua/finos.
6. Mediante los ensayos de flujo y embudo en V para morteros se establece la relación agua/finos y la cantidad de superplastificante. La relación agua/finos se sitúan dentro en el rango de 0,8 a 0,9 del valor obtenido en el proceso anteriormente descrito.
7. Se evalúa el concreto mediante los ensayos de caracterización en el estado plástico del concreto visto anteriormente.

2.1.1.3.7.5.5. Método de dosificación ACI

El método de dosificación de la ACI (ACI, 2007) comienza con los valores obtenidos del ensayo de escurrimiento, para con esto ajustar las proporciones de los materiales según los parámetros establecidos en las Tablas 5 y 6. Una vez fijada la dosificación, se realiza la fabricación del concreto el cual será sometido a ensayos en su estado plástico.

A partir de los resultados se modifica iterativamente la dosificación hasta que las mezclas consigan las propiedades de autocompactabilidad.

Tabla 5: Valores recomendados del contenido de finos de la ACI para 1m³ de concreto

Ensayo de escurrimiento (mm)	< 550	550 – 600	> 650
Contenido de finos (kg)	355 – 385	385 – 445	> 458

Fuente: ACI, 2007



Tabla 6: Sugerencia para a dosificación de un concreto autocompactante según la ACI (ACI,2007)

Parámetro	Recomendación
% Grava (< 12 mm)	28 – 32
% Pasta	34 – 40
% Mortero	68 – 72
Agua / cemento	0,32 – 0,45
Contenido de cemento (kg)	386 – 475

Fuente: ACI, 2007

2.1.1.3.7.6. Composición orientativa de la mezcla

En el Anejo 17 de la Instrucción EHE-08, en su Artículo 71.3. 2º, se encuentran parámetros típicos de los elementos del concreto autocompactante que se muestran en la Tabla 7.

En la Tabla 8 se muestran rangos típicos de cantidad en peso y volumen de los elementos del concreto autocompactante definidos por EFNARC.

En las Tablas 9 y 10 se muestran dosificaciones para concretos autocompactantes de resistencias medias y altas respectivamente; recogidos de la bibliografía.

Tabla 7: Rangos típicos para dosificación de un concreto autocompactante según la Instrucción EHE-08

Material	Contenido
Filler (*)	$\leq 250 \text{ kg/m}^3$
Cemento	250 - 500 kg/m^3
Finos totales (cemento+filler+adiciones)	450 - 600 kg/m^3
Pasta (cemento+filler+adiciones+agua)	$> 350 \text{ l/m}^3$
Agregado grueso (tamaño máximo: 25 mm)	$\leq 50 \%$

(*) Incluyendo la adición caliza del cemento y partículas del agregado $< 63 \mu\text{m}$

NOTA: las limitaciones de contenido de agua y cemento quedarán precisadas según las condiciones de exposición definidas en la Instrucción.

Fuente: ACHE, 2008

Tabla 8: Rangos típicos para la dosificación de un concreto autocompactantes según EFNARC



Material	Contenido en peso (kg/m ³)	Contenido en volumen (l/m ³)
Cemento	380 – 600	
Pasta		300 – 380
Agua	150 – 210	150 – 210
Agregado grueso	750 – 1000	270 – 360
Agregado fino (arena)	48 – 55% del peso total del agregado	
Volumen agua / Volumen de cemento		0,85 – 1,10

Fuente: EFNARC, 2002

Tabla 9: Dosificación de un concreto autocompactante de resistencias medias (Gettu et al., 2003, 2004a).

Mezclas (kg/m ³)/otras propiedades	Autores						
	Domo ne y Chai (1996)	Sedran et al.(1996)	Kim et al. (1998)	Barto s y Graue rs (1999)	Ambroise y Pera (2001)	Su et al. (2001)	Pacio s et al. (2002)
Cemento	218	350	370	280	380	300	450
Cenizas Volantes	125	-	159	-	-	148	-
Escorias	280	-	-	-	-	63	-
Filler calcáreo	-	134	-	240	20	-	100
Arena	686	852	782	865	900	928	840
Árido grueso							
Máximo 10 mm	-	363	-	-	-	-	-
Máximo 16 mm	-	-	-	-	800	-	-
Máximo 20 mm	785	571	820	750	-	718	770
Superplastificante	8,2	7,1	10,0	4,2	4,0	8,2	9,6
Agente de viscosidad	-	-	-	-	2,0	-	-
Ocluidor de aire	0,8	-	-	-	-	-	-
Relación a/c	0,82	0,48	0,50	0,71	0,53	0,71	0,53
Relación agua/finos	0,28	0,34	0,35	0,36	0,50	0,40	0,27
Resistencia a la compresión a 28 días (Mpa)	n.d.	50	47	47*	48	41	50



Tabla 10: Dosificación de un concreto autocompactante de alta resistencia (Gettu et al., 2003, 2004a).

	Autores					Gomes (2002)			
	Erlie y Heim d al (1999)	Nishiz aki et al. (1999)*	Billber g et al. (1999)	Naga i et al (1999)	Bui et al. (2002)				
Cemento	395	515	405	505	380	432	465	458	501
Humo de silice	16	-	-	-	-	43	-	-	-
Cenizas volantes	-	-	-	-	145	-	-	275	200
Filler calizo	-	70	121	75	-	130	186	-	-
Arena	932	737	895	861	788	791	791	744	771
Grava: máx. 12/16 mm	488	-	-	-	854	834	834	696	721
Grava: máx 20/24 mm	414	789	732	882	-	-	-	-	-
Superplastificante	4,2	9,0	3,4	12,8	2,2	16	12	8	10
Agente de viscosidad	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-
Relación a/c	0,42	0,33	0,40	0,37	0,48	0,40	0,35	0,40	0,35
Relación agua/finos	0,38	0,29	0,31	0,32	0,35	0,29	0,25	0,25	0,25
Resistencia a la compresión a 28 días (Mpa)	72	60*	69	80	74	63	56	68	78

n.d: datos no disponibles

*resistencia característica: la mezcla lleva 15 kg de un aditivo expansivo

2.1.1.3.7.7. Clasificación del concreto autocompactante

La clasificación del concreto autocompactante es muy parecida a la del concreto convencional con la diferencia en el uso de las siglas AC que indican la particularidad de las consistencias, como se define en el Anejo 17 de la Instrucción EHE-08, en su Artículo 39. Así mismo se puede clasificar el concreto autocompactante a través de los parámetros que deben cumplir en los diferentes ensayos. Existen tres clasificaciones de autocompactabilidad según: el diámetro final T50 del ensayo de escurrimiento (Tabla 11); el tiempo TV del ensayo del embudo en V (Tabla 12); y la resistencia al bloqueo (Tabla 13).



Tabla 11: Clasificación de autocompactabilidad en función del ensayo de escurrimiento

	Rango
AC-E1	$550 \text{ mm} \leq d_f \leq 650 \text{ mm}$
AC-E2	$650 \text{ mm} < d_f \leq 750 \text{ mm}$
AC-E3	$750 \text{ mm} < d_f \leq 850 \text{ mm}$

Fuente: Instrucción EHE-08

Tabla 12: Clasificación de autocompactabilidad en función del ensayo del embudo en V

Clase	Rango
AC-V1	$10 \text{ s} \leq TV \leq 20 \text{ s}$
AC-V2	$6 \text{ s} \leq TV \leq 10 \text{ s}$
AC-V3	$4 \text{ s} \leq TV \leq 6 \text{ s}$

Fuente: Instrucción EHE-08

Tabla 13: Clasificación de autocompactabilidad en función de la resistencia a bloqueo.

Clase	Exigencia de la característica	Criterio por el ensayo de escurrimiento con anillo japonés	Criterio por el ensayo de la caja en L
AC-RB1	Exigible cuando el tamaño máximo del árido sea superior a 20 mm o el espesor de los huecos por los que pase el concreto esté comprendido entre 80 y 100 mm	$d_{JF} \geq d_f - 50 \text{ mm}$, con un anillo de 12 barras	$\geq 0,80$ con dos barras



AC-RB2	Exigible cuando el tamaño máximo del árido sea igual o inferior a 20 o el espesor de los huecos por los que pase el concreto esté comprendido entre 60 y 80 mm	$d_{JF} \geq d_f - 50$ mm, con un anillo de 20 barras	$\geq 0,80$ con tres barras
---------------	--	---	-----------------------------

Fuente: Instrucción EHE-08

2.1.1.3.8. Caracterización de los concretos autocompactantes en estado endurecido

El comportamiento de concretos autocompactantes no difiere mucho con respecto a los concretos convencionales pudiéndose aplicar formulaciones similares, pero teniendo en cuenta que los resultados serán aproximados y no iguales.

En los últimos años a causa de la diferencia de dosificaciones entre los concretos convencional y autocompactante, se vienen desarrollando numerosas investigaciones analizando las propiedades en estado endurecido. Teniendo en cuenta que cuando se compare los concretos convencional y autocompactante se realicen los diseños con resistencias similares.

2.1.1.3.8.1. Resistencia a la compresión

Según Skarendahl et al. (2000); Klug et al. (2003); Georgiadis et al. (2007); Agranati (2008) la resistencia a la compresión es una de las propiedades con mayor relevancia del concreto convencional donde la relación agua/cemento juega un rol primordial, sin embargo, en los concretos autocompactantes son otros los factores que determinan la resistencia como: la densidad de la microestructura, el tamaño máximo del agregado, relación agua/finos, etc. Con esto último se refiere que teniendo igual relación agua/cemento un concreto autocompactante tendrá mayor resistencia a la compresión que un concreto convencional.

La compactación con el vibrado es un factor importante porque si un concreto convencional no tiene una buena vibración puede ocasionar la presencia de bolsas de aire y/o cangrejeras, por lo que no tendría un buen resultado final en sus propiedades. Sin embargo, en el concreto autocompactante este problema no existe.

2.1.1.3.8.2. Resistencia a tracción indirecta

La resistencia a tracción indirecta tiene una relación directamente proporcional con la resistencia a la compresión, es decir, si la resistencia a la compresión aumenta entonces la resistencia a la tracción indirecta también lo hace. En el concreto convencional, la adherencia entre el cemento y los agregados, es uno de los factores más relevantes que intervienen en la resistencia a la tracción indirecta (Mehta, 1993), sin embargo, para los concretos autocompactantes los factores que influyen



son: la microestructura, las características de la zona de transición o el proceso de microfisuración (Agranati, 2008).

2.1.1.3.8.3. Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad es un parámetro del concreto que depende principalmente de tres factores tanto para el concreto convencional como para el concreto autocompactante, los cuales son: los agregados, la pasta y la zona de transición entre la pasta y el agregado.

El primer factor es el agregado. El volumen de este varía, ya que para el concreto autocompactante se utiliza un menor volumen a comparación con el concreto convencional, conllevando a una disminución del módulo de elasticidad.

El segundo factor es la pasta. Se tiene una relación inversamente proporcional, es decir mientras el volumen de la pasta aumenta, el módulo de elasticidad disminuye.

Por último, la zona de transición entre la pasta y el agregado es la más débil del concreto donde la microfisuración puede aparecer.

En general, existe una relación entre el módulo de elasticidad y la resistencia a la compresión, donde la mayoría de las formulaciones existentes se aplican tanto para el concreto convencional y autocompactante. Estas fórmulas sobrevaloran el módulo de elasticidad en un 7 a 15 % del módulo de elasticidad, no significando gran relevancia esta diferencia. (AFGC, 2002; Grupo de Proyectos Europeo (GPE), 2005; ACHE, 2008).

2.1.1.3.8.4. Retracción

La retracción se produce por la pérdida de agua y se puede dar de dos maneras. La primera (retracción endógena), se produce en las edades iniciales del concreto, en la fase de hidratación del cemento. La segunda (retracción por secado), se da a largo plazo y la pérdida de agua es causada por la evaporización.

La retracción endógena es ligeramente superior en el concreto autocompactante, debido a que este posee una mayor cantidad de pasta con respecto al concreto convencional. Sin embargo, la retracción por secado es superior en el concreto convencional respecto al autocompactante.

Se han realizado numerosos estudios sobre la propiedad de retracción en el concreto autocompactante y sobre como intercede la dosificación de la mezcla en esta, siempre teniendo en cuenta el tipo y naturaleza de los agregados, cemento y adición hasta las relaciones de agua/finos y agua/cemento.

En el caso del concreto autocompactante, el contenido de agregado y la relación de agua/finos influyen de manera inversa a la propiedad de retracción. Al aumentar la relación de agua/finos en la mezcla genera una disminución en la propiedad y, por otro lado, al reducir el contenido de agregado, la retracción aumenta (Agranati, 2008).



2.1.1.4. Materiales

2.1.1.4.1. Agregados

También llamados áridos por su carencia relativa de humedad, son materiales de tamaño uniforme que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) además de agua formando así el concreto. Este elemento es sumamente importante porque representa el 75% en volumen de una muestra de concreto. Deberán ser entonces resistentes, durables, libres de barro, limo y de materia orgánica que interfieran en la adherencia con el cemento. (Abanto. F,2009, p.23)

Para que un agregado sea aceptable para componer concreto para una obra deberá ensayársele en laboratorio, también de su registro de uso en condiciones de obra parecidas o ambos a la vez. (Rivva. E, 2004, p.135)

Existen agregados livianos, así como pesados los cuales haber tenido formación natural o artificial. Podemos encontrar la piedra pómez, las escorias pertenecientes al alto horno, o las arcillas expandidas entre los livianos. Entre los pesados encontraremos a la limonita, la hematita, el espato pesado o agregados compuestos de mineral de hierro o acero en trozos. (Rivva. E,2004, p.135)

2.1.1.4.1.1. Requerimientos de los agregados

2.1.1.4.1.2. Agregado grueso

Podemos definir a este agregado como el material retenido en el tamiz N°4 normalizada por ITINTEC con aberturas de 4.75mm. Este agregado deberá provenir de la disgregación de forma natural o mecánica de rocas y estará dentro de los parámetros de la norma ITINTEC 400.037. Puede considerarse para ser agregado grueso a la grava, a la piedra chancada, etc. (Abanto.F,2009, p.26)

Según la norma E.060 del RNE se puede considerar agregado grueso a la grava natural o triturada. Estas tendrán las siguientes características: limpias, con un perfil de preferencia angular o regularmente angular, compacta, dura y resistente, con rugosidad aparente, sin presencia de partículas en forma de lascas, ni material orgánico ni otro material dañino para el concreto. Este agregado será procesado, transportado, manipulado y almacenados de tal forma que no se contamine ni se produzca segregación en las partículas de los mismos. El tamaño máximo nominal no deberá exceder los siguientes:

- 1/5 de la separación menor medida entre los lados de los encofrados.
- 1/3 del peralte de la losa, en caso sea usada para tal fin.
- 3/4 del espacio menor libre medido entre las barras de acero y los alambres de refuerzos, tendones individuales, o ductos.

Podrá prescindirse de las limitaciones expuestas si se comprueba que los métodos para la colocación del concreto impiden la formación de vacíos y/o cangrejeras. (Abanto.F,2009, p.27).

El objetivo de estas limitaciones es lograr un recubrimiento adecuado además de evitar cangrejeras. Pueden omitirse en el caso que el ingeniero a cargo de la ejecución de la obra y el supervisor comprueban que la trabajabilidad no se ve afectada. Incrementar el tamaño máximo del



agregado grueso resulta en la reducción del agua en la mezcla y en consecuencia la resistencia del concreto se eleva. Por lo general este principio ocurre hasta agregados de 1 ½ y en tamaños mayores a este solo ocurre si el contenido de cemento es bajo. (Abanto. F,2009, p.28)

Tabla 14: Límite de gradación para agregado grueso

Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por las siguientes mallas							
	2"	1 ½ "	1"	¾"	½"	3/8"	N°4	N°8
2"	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
1 ½ "	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
1"	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
¾"	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5
½"	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5
3/8"	-	-	-	-	-	85-100	10-30	0-10

Fuente: Abanto (2009). Tecnología del Concreto

2.1.1.4.1.3. Agregado fino

Según su definición proviene de la trituración natural o artificial de las rocas, tiene su primer pasante en el tamiz 9.4 mm según la NTP y estará dentro de los parámetros de la NTP 400.037 o la ASTM C 33 (Rivva.E,2000, p.179) Se pueden considerar agregados finos a la arena de un medio natural o a una arena obtenida mediante manufactura, o ambas a la vez. Las características de su apariencia física será las siguientes: limpias, angulares, duras, compactas y resistentes, sin polvo ni terrones en la superficie, sin escamas o partículas de esquistos, pizarras, álcalis o material orgánico, tampoco deberá tener sales ni ninguna otra sustancia que merme el desempeño del concreto. (Rivva.E,2000, p.180)

La gradación de agregado fino debe estar dentro de los límites que se establecen en la NTP 400.037 o ASTM C 33. Se debe preferir una granulometría continua con retenidos en cada malla desde la N°4 hasta la N°100 (Rivva.E,2000,p.180)

Se llama granulometría a la distribución de las partículas de los agregados ensayados por tamaños con ayuda de un conjunto de mallas normadas. Las mallas usadas como norma para el agregado fino son las siguientes: N°4, 8,16,30,50 y 100. (Abanto F.2009, p.24)

Tabla 15: Límites granulométricos

	Malla	Porcentaje que pasa
3/8"	9.5 mm	100
N°4	4.75 mm	95 a 100
N°8	2.36 mm	80 a 100
N°16	1.18 mm	50 a 85
N°30	600 µm	25 a 60
N°50	300 µm	10 a 30
N°100	150 µm	2 a 10



Fuente: Abanto (2009). Tecnología del Concreto

La normativa ASTM, hace referencia a que concretos con densidad mayor a 300Kg/m³ no deberán cumplir con los porcentajes de las mallas N°50 y N°100 y dichos valores podrán ser 5% y 0% respectivamente. (Abanto.F,2009, p.24)

Otra referencia que hace la norma es que entre dos mallas sucesivas no deberá haber una diferencia de más del 45% del total de la muestra. Se asegura así una granulometría más uniforme. (Abanto.F,2009, p.24)

En conclusión, las granulometrías que deben preferirse son las que se encuentran dentro de las normas y que den curvas de granulometría con apariencia suavizada. (Abanto.F,2009, p.25)

2.1.1.4.1.4. Propiedades físicas de los agregados

2.1.1.4.1.4.1. Módulo de finura

Es un indicador del tamaño promedio de los agregados. Un indicador bajo pertenece a un agregado fino y por el contrario uno alto nos da idea de un agregado de partículas más anchas. Este número característico no distingue las granulometrías de los agregados, pero si los agregados están dentro de los valores especificados en las normas granulométricas es útil para controlar la uniformidad. (Abanto.F,2009, p.29)

Se calcula haciendo la sumatoria de los porcentajes que quedan retenidos en las mallas estandarizadas: 3", 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 y dividiendo entre 100. (Abanto.F,2009, p.29)

Cuando es una arena se puede calcular el módulo de finura haciendo sumatoria de los porcentajes acumulativos, pero a partir de la malla N°4, finalmente se hará una resta de 600 menos la sumatoria y el número resultante lo dividiremos entre 100, el resultado será el módulo de fineza de la arena en estudio. De acuerdo a la Norma ASTM el módulo de finura de una arena esta entre 2.3 a 3.1. (Abanto.F,2009, p.29)

2.1.1.4.1.4.2. Peso específico

Es un indicador que se puede calcular al dividir el peso del agregado entre el volumen del mismo sin tomar en cuenta los vacíos. La normativa ASTM C-127 y C-128 norman un procedimiento estándar para su cálculo en laboratorio y podemos distinguir tres formas de expresarlo que dependen de las condiciones de saturación.

Se debe tener en cuenta que las fórmulas carecen de dimensión, luego hay que operarlas por la densidad del agua en las unidades deseadas para obtener el indicador a usar en los cálculos. Los límites para un agregado normal están entre los 2 500 y los 2750 kg/m³. (Pasquel E, 1998-1999. p.74)

A continuación, se describen las tres formas de expresar la gravedad específica según la normativa ASTM C 128:

- Peso específico de la masa; relación de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (considerando los poros permeables e impermeables naturales del propio material) a la masa suspendida en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua de condición destilada libre de gas.
- Peso específico de masa superficialmente seco; definido como el mismo peso específico de masa, pero este tiene agua en los poros permeables.



- Peso específico aparente; relación de la masa en el aire de un volumen unitario de un material, a una temperatura estable, a la masa en el aire de la misma densidad de un volumen unitario de un material, a la masa suspendida de la misma densidad de un volumen de agua de condición destilada libre de gas. Si el material es sólido el volumen es aquel de la porción impermeables (Rivva. E 2000, p.159)

2.1.1.4.1.4.3. Absorción

La absorción es el contenido de humedad interna total de un agregado que está saturado de agua, pero cuya superficie está seca. La absorción total de un agregado se obtendrá calculando el aumento de peso de una muestra secada en un horno luego de sumergirla 24 horas y secarla superficialmente. Se supone esta condición del agregado cuando esta inmerso en la mezcla de concreto. La absorción efectiva es la cantidad de agua que se necesita para darle a un agregado la condición de saturado superficialmente seco luego de estar en condición de seco al aire o semi seco. (Rivva. E,200, p.158)

2.1.1.4.1.4.4. Humedad

La humedad es el contraste entre los estados húmedo o saturado contra el estado de saturación superficialmente seco. La humedad superficial es la que el agregado agregará al agua de la mezcla. (Rivva. E,2000, p.159)

Un agregado de condición saturada y superficialmente seco no absorbe ni cede agua durante el proceso de mezclado, pero un agregado con condición seca disminuye agua, en tanto que un agregado de condición mojada, superficialmente húmedo, hace que el agua se exceda en el concreto. Para estos casos se deberá hacer un reajuste en el contenido de agua con el fin de que el contenido de agua sea el correcto. (Rivva. E,2000, p.159)

2.1.1.4.2. Cemento

Según la definición de la NTP 334.001 de definiciones y nomenclatura de cementos, nos dice que un cemento es aquel material que es producto de pulverizar clinker que sin tener propiedades hidráulicas o puzolánicas ayudan a plastificar y retener agua haciéndolo apto para trabajos de albañilería.

2.1.1.4.2.1. Cemento portland

Según la definición de la NTP 334.001 de definiciones y nomenclatura de cementos, es un cemento hidráulico que resulta de pulverizar clinker portland compuesto principalmente de silicatos de calcio hidráulicos que tienen en su composición una o más formas de sulfato de calcio añadidos durante la molienda.



2.1.1.4.2.2. Cemento portland (Pacasmayo tipo I)

Según la definición de la NTP 334.001 de definiciones y nomenclatura de cementos, es un cemento portland que se obtiene luego de pulverizar clinker de cemento portland, materias calizas y/o inertes hasta un máximo del 30%.

2.1.1.4.3. Agua para el concreto

Según la definición de la NTP 339.088 que norma el agua de mezcla utilizada en la producción de cemento Portland y sus requisitos, el agua potable es el agua ideal para el concreto ya que esta no necesita ser ensayada para estar conforme con la NTP.

2.1.1.4.3.1. Agua de mezclado

Según la definición de la NTP 339.088 que norma el Agua de mezcla utilizada en la producción de cemento Portland y sus requisitos, el agua de mezclado es la cantidad total de agua sumados, como agua de tanda (agua medida y pesada), agua adicionada por el operador del camión mezclador, humedad libre de los agregados y agua introducida con los aditivos.

2.1.1.4.3.2. Agua para el curado

Según la definición de la NTP 339.033 que norma la práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo, el agua para curado busca asegurar la temperatura inicialmente entre 20°C a 26°C y debería ser idealmente continua. Si bien es cierto esta norma es para especímenes cilíndricos, pero es ideal para elementos estructurales en obra.

2.1.1.4.3.3. Agua para el lavado

Según la definición de la NTP 339.088 que norma el Agua de mezcla utilizada en la producción de cemento Portland y sus requisitos, esta agua proviene de del agua recuperada de los procesos en donde se produce concreto que incluye el agua del lavado del camión donde se dosificó y mezcló el concreto.



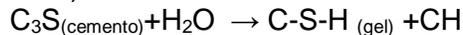
2.1.1.4.4. Relación agua material cementante(A/C)

Okamura observó que era necesario un concreto muy fluido que lograra atravesar y salvar los obstáculos a su paso, él sabía que modificando la relación agua material cementante hacía que el flujo de la pasta fuera manejable, esta acción hacía que la viscosidad descendiera. Los valores de la relación entre agua y material cementante varían entre 0.4 y 0.8 aproximadamente.

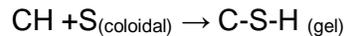
2.1.1.4.5. Nanosílice

2.1.1.4.5.1. Definición

Nanosílice es una sílice en estado líquido compuesto por partículas microscópicas de dióxido de silicio amorfo (SiO₂), diseminado en el agua. Teóricamente las nanopartículas de sílice coloidal reaccionan con los iones de calcio formados durante el proceso de la hidratación del cemento (ecuación 5), formando un gel de silicato de calcio (CSH)(ecuación 6). Es decir, el mecanismo químico es muy parecido a la reacción puzolánica, sin embargo, está compuesto por un agente de alta pureza con una superficie específica muy activa y alta como se muestra en las siguientes expresiones (Cárcamo, 2006):



Ecuación 6: Silice coloidal e iones de calcio



Ecuación 7: Formación de silicato de calcio

2.1.1.4.5.2. Propiedades de la nanosílice

Las propiedades aportadas por la Nanosílice al concreto en estado plástico y endurecido dependen directamente de sus propiedades físicas y químicas

2.1.1.4.5.3. Propiedades físicas

Tamaño de la partícula

La Nanosílice son partículas de tamaño manométrico con una dimensión que varía entre 3 nm. Y 150 nm., siendo cien veces más finas que las partículas de cemento.

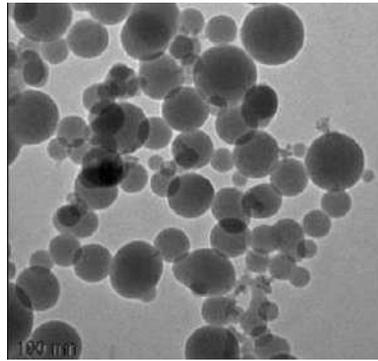


Figura 9: Fotografía electrónica de Nanosílice a 100 nm. (Ulmen, 2005)

El tamaño de las partículas es fundamental porque contribuye en las propiedades del concreto y del mismo aditivo, como por ejemplo determina el cambio en la superficie específica de la Nanosílice.

Superficie específica

La superficie específica es la relación entre el área total y la masa del sólido, de lo cual se deduce que los materiales compuestos por partículas de menores dimensiones con respecto a otro, su superficie específica será mayor.

Teniendo en cuenta el tamaño de las partículas del Nanosílice es nanométrico, su superficie específica tiene un valor muy grande, haciendo que el aditivo le genere plasticidad al concreto y prescindir de superplastificantes.

Para esta investigación, según el proveedor la superficie específica del aditivo se encuentra entre 20 m²/g y 1000 m²/g.

Densidad

La densidad es la relación entre la cantidad de masa y un determinado volumen de una sustancia o de un sólido.

Debido a que la Nanosílice se encuentra en estado líquido tiene la ventaja de ocupar menor volumen en su almacenamiento y transporte.

Para esta investigación, según el proveedor la densidad del aditivo es de 1.030 kg/m³.

2.1.1.4.5.3.1. Propiedades químicas

Amorfa

La Nanosílice es un material amorfo, debido a que las partículas que lo componen no poseen una estructura ordenada. Esta clasificación contrasta con la de sólidos cristalinos, los cuales se encuentran compuestos por átomos dispuestos de manera ordenada y regular formando redes cristalinas.



Dióxido de silicio

La Nanosílice cuenta con una composición química específica que ha sido guardada con recelo por sus creadores, pero considerando que está es sílice amorfa y tiene participación en la reacción puzolánica, se deduce que se encuentra formada principalmente por dióxido de silicio.

2.1.1.4.5.3.2. Reacción en el concreto

El beneficio otorgado al concreto de parte de la Nanosílice es cambiar la estructura de este a nivel nano, permitiendo un ahorro importante en la utilización del cemento y a su vez generarle una plasticidad necesaria a la mezcla. Estos cambios dependen tanto a sus propiedades físicas como las a propiedades químicas, anteriormente detalladas.

Contribución física

La contribución física de la Nanosílice depende en gran valor al tamaño de sus partículas, teniendo estas como función llenar los vacíos entre los granos de cemento, lo cual genera que el agua se inmovilice, este fenómeno se denomina "filler".

La importancia de las nanopartículas radica en mejorar la estructura de la zona de interacción con los agregados, lo cual determina una mejor unión entre esta combinación y la pasta de cemento.

Aun cuando la Nanosílice no tenga una reacción química, su influencia de relleno implica una mejora significativa en la naturaleza del concreto. (Cárcamo, 2006).

Contribución Química

La Nanosílice tiene una participación importante en la reacción puzolánica, que tiene como finalidad la formación de CSH (Silicato de calcio hidratado) adicional y el consumo de hidróxido de calcio.

El silicato de calcio hidratado es el aglomerante o pegamento cuyo fin es unir el sistema, sin embargo, el hidróxido de calcio más débil no cumple con esa función. Con la hidratación del cemento, las nanopartículas se combinan con los compuestos del concreto distribuyéndose en todos los espacios que quedan entre los agregados y las partículas de cemento. Por consiguiente, el hidróxido de calcio se transforma a nano-CSH, haciendo que el concreto termine más compacto, es decir, con menos huecos, con mucha más resistencia y una estructura más homogénea.

Una de las virtudes del aditivo es la aceleración que genera en la hidratación del concreto debido a una buena dispersión de sus partículas que actúan como centros de cristalización en los hidratos de cemento.

Como este producto actúa a nivel manométrico, tiene una producción de partículas CSH (calcio hidratado) con dimensiones que varían entre 5 – 250 nm., siendo estos refuerzos de la estructura del concreto a un nivel mil veces menos que el concreto convencional, lo que permite un ahorro significativo en cemento (Ferrada et al., 2005).



2.1.1.4.5.4. Beneficios obtenidos del uso de nanosílice

La Nanosílice debido a contar con las características físicas y químicas anteriormente descritas, causan un positivo impacto sobre las propiedades del concreto fresco y endurecido, además de beneficios al medio ambiente. Estos beneficios se explican a continuación.

2.1.1.4.5.4.1. Propiedades en el concreto fresco Incremento de la cohesión

El incremento de la cohesión se visualiza en la mejora de las uniones entre la pasta de cemento y los agregados, debido al cambio positivo en la estructura de la zona contacto de estos últimos.

El segundo punto a favor es la contribución de formar el Silicato de calcio hidratado (CSH), compuesto que es el pegamento o aglomerante de la mezcla.

Ambos factores determinan el incremento de la cohesión en la mezcla de concreto por el uso del producto Nanosílice.

Reduce la exudación

Las partículas de la Nanosílice al poseer una gran área de superficie y la usual disminución de contenido de agua en el concreto, se deduce que los resultados obtenidos son dosis óptimas de exudación, es decir, se presenta una mínima o nula exudación en el concreto fresco.

Mejora la resistencia a la segregación

Las partículas de la Nanosílice al encontrarse en un estado de dispersión alto, debido a su entorno coloidal, genera que la viscosidad de la fase líquida aumente. El aumento de la viscosidad ayuda a la suspensión de los agregados y granos de cemento, por consiguiente, la trabajabilidad y la resistencia de la segregación en el concreto fresco mejora sustancialmente (Ferrada et al., 2005).

Aumento de la trabajabilidad

La trabajabilidad del concreto, se entiende como el esfuerzo requerido para transportar, colocar, compactar y darle un acabado al concreto en estado fresco.

Normalmente la trabajabilidad está muy relacionada con la consistencia o fluidez que se mide a través del ensayo de revenimiento. Por lo regular se considera la relación de estas como directamente proporcional, es decir, mientras más o menos trabajable sea el concreto, será más o menos fluido será la mezcla, correspondientemente. Sin embargo, se debe tener muy en cuenta la cohesión: un elevado contenido de agua puede presentar segregación.

Para lograr una mezcla con buena trabajabilidad, se debe considerar que el diseño de la misma y las características de las materias primas que lo constituyen.



La Nanosílice genera una gran trabajabilidad a la mezcla, inclusive con valores mínimos de la relación agua/ cemento desde 0.2, se consiguen resultados muy favorables.

Las combinaciones de nanotecnología con moléculas especialmente seleccionadas generan una trabajabilidad y plasticidad excepcional que permiten excluir el uso de superplastificantes como los derivados de naftaleno, o los policarboxilatos, excepto pequeñas dosis para los concreto autocompactantes (Cárcamo, 2006).

BENEFICIOS OBTENIDOS USANDO NANOSÍLICE

2.1.1.4.5.4.2. **Propiedades en el concreto endurecido** **Aumento de las propiedades mecánicas**

Dentro de los beneficios se tiene la interrupción de quiebres y el efecto de bloquear internamente los planos de deslizamiento. Las nanopartículas mejoran la dureza, resistencia a la flexión y al corte de materiales basados en mezclas con cemento (Ferrada et al., 2005).

Está demostrado que este aditivo genera altas resistencias a temprana y lejana edad:

- ✓ Al primer día puede alcanzar entre 40 MPa a 80MPa de resistencia a la compresión.
- ✓ A los 28 días puede alcanzar entre 70 MPa a 95 MPa de resistencia a la compresión.

Incrementa la resistencia a compresión y a tracción, debido a que estas propiedades se encuentran en una relación directamente proporcional (Ulmen, 2005).

Disminución a la permeabilidad

Como se describió anterior en la sección 3.2.2. las nanopartículas llenan los espacios entre los granos de cemento, y esto genera la inmovilización del agua libre atrapada, efecto de llenado llamado "filler". Si a este efecto le agregamos que se produce también un incremento de la cohesión; al adicionar Nanosílice a una mezcla de concreto obtenemos un sistema con una disminución notable en permeabilidad.

Teniendo un concreto con alta impermeabilidad, tiene la ventaja de estar protegido a los siguientes ataques:

- Daño del cloruro al acero
- Ataques de sulfatos
- Acido u otro ataque químico

Gracias a la reducción de la permeabilidad, el concreto cuenta con mayor durabilidad o tiempo de vida útil.

Aumento de la resistencia a la abrasión

Con el aumento de las propiedades mecánicas, un concreto compacto y otras características mejoradas por la Nanosílice provocan a su vez el aumento de la resistencia a la abrasión.



2.1.1.4.5.4.3. Beneficios medioambientales

La Nanosílice a pesar de contar con uso productivo para las mejoras en el comportamiento mecánico y estructural en el concreto, además cuenta con la ventaja de generar menor contaminación y mejoras en las condiciones de utilización, pues se encuentra amparada bajo la ISO 14001 "Sistema de aprobación medioambiental", por lo tanto, es amistosa con el medio ambiente y la salud de los operarios del producto. (Cárcamo, 2006).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Métodos de ensayos para el diseño de mezcla

2.2.1.1. Extracción y preparación de muestras

Según la NTP 400.010 al momento de realizar el proceso de muestreo de los agregados tanto del fino como del grueso, se tiene que tener especial cuidado en no mezclar ni contaminar el material ensayado para obtener de esta las condiciones y la naturaleza del material a las cuales representan.

2.2.1.2. Contenido de humedad

Según la NTP 339.185 indica el porcentaje total de humedad que puede evaporarse de la muestra a emplear cuando es agregado fino. En tanto al agregado grueso por secado, también incluye la humedad superficial además de la que contienen los poros de dicho agregado, pero este no toma en consideración el agua que se mezcla de manera química con los minerales de los agregados. Esta no es susceptible a evaporación y es por esto que no se incluye en el porcentaje determinado para el método en mención. Se deberá tomar una muestra cuyo peso sea mayor o igual al lo especificado en la tabla 16:

Tabla 16: Tamaño de la muestra de agregado

Tamaño máximo nominal de agregado (pulg)	Masa mínima de la muestra (kg)
0.187" (N°4)	0.5
3/8"	1.5
1/2"	2.0
3/4"	3.0
1"	4.0
1 1/2"	5.0
2"	6.0
2 1/2"	8.0
3"	10.0
3 1/2"	16.0
4"	25.0
5"	50.0

Fuente : NTP 229.185,2002



2.2.1.3. Módulo de finura

De acuerdo a la Norma 400.012 este método permite determinar la distribución de las partículas de un agregado según su tamaño mediante un tamizado, la separación de los tamices determinará la posición de este en el orden de la serie de tal forma que las de mayor abertura se colocarán en la parte superior sucesivamente hasta colocar la de abertura menor en la base junto a una cazoleta. Para un agregado fino es recomendable utilizar como mínimo una muestra de 300 gr en estado seco mientras que para un agregado grueso deberemos tener en cuenta la siguiente tabla:

Tabla 17: Muestreo del agregado grueso

Tamaño máximo nominal de agregado (pulg)	Masa mínima de la muestra
3/8"	1
1/2"	2
3/4"	5
1"	10
1 1/2"	15
2"	20
2 1/2"	35
3"	60
3 1/2"	100
4"	150
5"	300

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.012, 2001

2.2.1.4. Peso unitario

De acuerdo a la Norma 400.017 este método permite la determinación del peso unitario de los agregados en estado suelto, estado compactado y además sirve para calcular los vacíos.

2.2.1.5. Peso específico y absorción del agregado grueso

De acuerdo a la Norma 400.021 este método permite la determinación del peso específico seco y el peso específico saturado con superficie seca (con absorción luego de un día) y absorción están basadas en muestras de agregado en remojo durante por lo menos 24 horas para corregir con estos valores durante el cálculo y diseño de mezcla para lograr controlar la uniformidad y las características del agregado.

2.2.1.6. Peso específico y absorción del agregado fino

De acuerdo a la Norma 400.022 este método permite la determinación del peso específico saturado además del peso específico seco con superficie seca, la absorción y el peso específico aparente luego de 24 horas del agregado.



2.2.2. Métodos de ensayos para la caracterización de concreto autocompactantes

La diferencia del concreto autocompactantes y el del concreto convencional en estado fresco es evidente por lo que no es posible usar ensayos tradicionales para poder evaluar los parámetros de la autocompactabilidad que se han descrito antes

Existe bibliografía de donde podemos notar numerosos ensayos que permiten evaluar los parámetros de concreto autocompactante, como la capacidad de relleno, la resistencia a la segregación y la capacidad de paso. En España, como se ha visto, solamente están regulados los ensayos de escurrimiento, caja L y embudo V, los cuales se van a describir a continuación

Dado que aún no se desarrolla un ensayo único el cual permita evaluar los parámetros en estado fresco del concreto, se tiene que realizar por lo menos dos tipos de ensayos, con los cuales caracterizaremos la autocompactabilidad del concreto.

En la tabla 18 podemos ver un cuadro resumen de los diferentes ensayos con sus respectivas propiedades y un cuadro de las propiedades de trabajabilidad del CAC y métodos de ensayo alternativos.

Tabla 18: Lista de métodos de ensayo para las propiedades de trabajabilidad del CAC

	MÉTODO	PROPIEDAD
1	Ensayo de flujo de asentamiento con cono Abrams	Capacidad de relleno
2	Flujo de asentamiento T50 cm	Capacidad de relleno
3	Anillo J	Capacidad de paso
4	Embudo V	Capacidad de relleno
5	Embudo V a T5 minutos	Resistencia a la segregación
6	Caja en L	Capacidad de paso
7	Caja en U	Capacidad de paso
8	Caja de relleno	Capacidad de paso
9	Ensayo de estabilidad GTM	Resistencia a la segregación
10	Orimet	Capacidad de relleno



Tabla 19: Propiedades de trabajabilidad del CAC y métodos de ensayo alternativos

PROPIEDAD	MÉTODOS DE ENSAYO		
	LABORATORIO (diseño de mezcla)	CAMPO (Control de Calidad)	MODIFICACIÓN DEL ENSAYO SEGÚN EL TAMAÑO MÁX. DE LOS ÁRIDOS
Capacidad de relleno	1 flujo de asentamiento 2 flujo asentamiento T50cm 4 Embudo V 1 OOrimet	1 flujo de asentamiento 2 flujo asentamiento T50cm 4 Embudo V 10 Orimet	Ninguno Máx. 20 mm
Capacidad de paso	6 Caja en L 7 Caja en U 8 Caja de relleno	3 Anillo J	Distintas aperturas en caja en L, caja en U y anillo J
Resistencia a la segregación	9 Ensayo GTM 5 Embudo V a t5 minutos	9 Ensayo GTM 5 Embudo V a T5 minutos	Ninguno

2.2.2.1. Ensayo de escurrimiento

El ensayo de escurrimiento (slump-flow en su traducción al inglés) analiza la fluidez y la velocidad de flujo del concreto autocompactante cuando no hay obstáculos. Se basa en el ensayo de asentamiento descrito en la Norma EN 12350-2. A partir de este ensayo se tiene un indicador de la capacidad de relleno del concreto autocompactante. El tiempo t_{500} es una medida de la velocidad de flujo y un indicador de la viscosidad relativa del concreto autocompactante.

Para efectuar el ensayo usaremos el cono de Abrams, según norma UNE 1235-2, y una placa de acero plana con dimensiones aproximadas de 900 x 900 mm y 2 mm de espesor. La placa tendrá una cruz marcada centrada, cuyas líneas sean paralelas a los bordes de la placa, y debe tener marcados dos círculos de (210 ± 1) mm de diámetro y (500 ± 1) mm de diámetro con centros que coincidan con el punto del centro de la placa. Véase las figuras 10 y 11. Ninguna línea debe exceder 2,0 mm de anchura y 1,0 mm de profundidad.

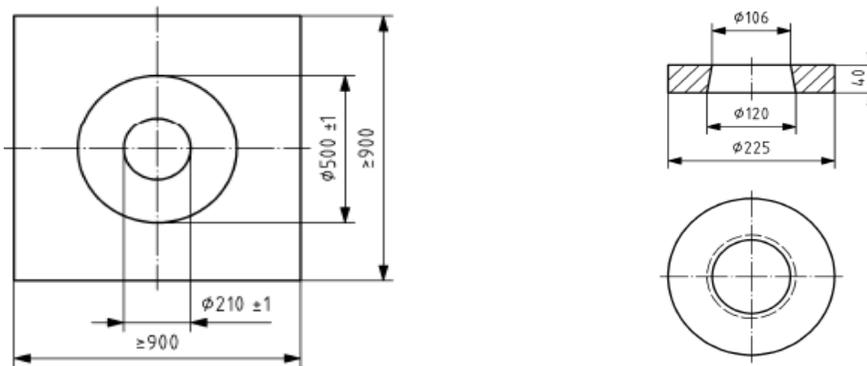
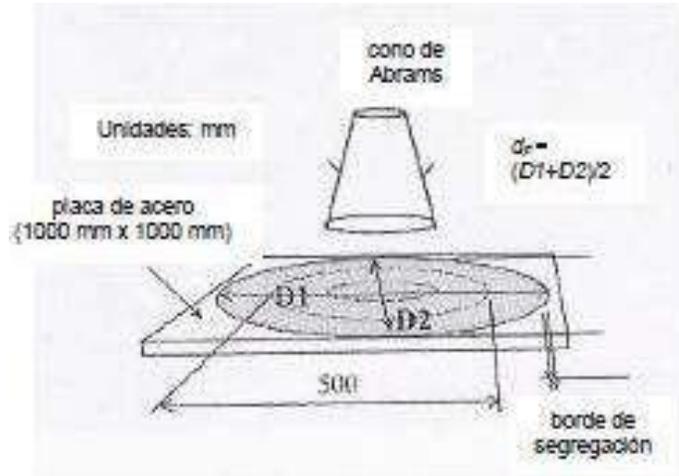


Figura 10: Dimensiones y montaje del ensayo de escurrimiento (De Schutter et al., 2008)

2.2.2.2. Ensayo de escurrimiento de anillo japonés

El ensayo de escurrimiento con el anillo japonés (J-Ring en su traducción al inglés) nos sirve para determinar la capacidad de paso del concreto autocompactante para fluir cruzando por aberturas estrechas, además de espacios entre el armado y otras obstrucciones sin que haya segregación ni bloqueo.

Se detalla un ensayo usando una mayor separación entre barras y otro con una separación menor de barras. El ensayo con menor separación entre las barras trata de hacer una simulación de un armado más denso.

El ensayo del anillo japonés puede ser una opción alternativa al ensayo de la caja en L de la Norma EN 12350-10, pero el resultado no se puede comparar directamente.

El método sigue las pautas dadas detalladas en la Norma UNE 12350-8, con la excepción que antes de llenar el cono con el concreto, se coloca encima del anillo japonés, que está formado por un conformado por un anillo de acero con barras lisas verticales de acero con una disposición equidistante debajo de dicho anillo.

También se debe medir y anotar el tiempo t_{500J} que tarda el concreto en fluir hasta llegar a un diámetro de 500 mm.

Los equipos deben ser conformes a la Norma EN 12350-8, con los elementos adicionales detallados expuestos en la Figura 11 y 12.

Anillo japonés de barras poco separadas

Barras lisas de acero, de $(18 \pm 0,5)$ mm \varnothing , dispuestas en un anillo de (300 ± 2) mm de diámetro (con un espaciado entre las barras de (41 ± 1) mm) con las dimensiones que se muestran en las figuras 1 y 2.

Anillo japonés de barras muy separadas

Barras lisas de acero, de $(18 \pm 0,5)$ mm \varnothing , dispuestas en un anillo de (300 ± 2) mm de diámetro (con un espaciado entre las barras de (59 ± 1) mm) con las dimensiones que se muestran en las figuras 11 y 12.

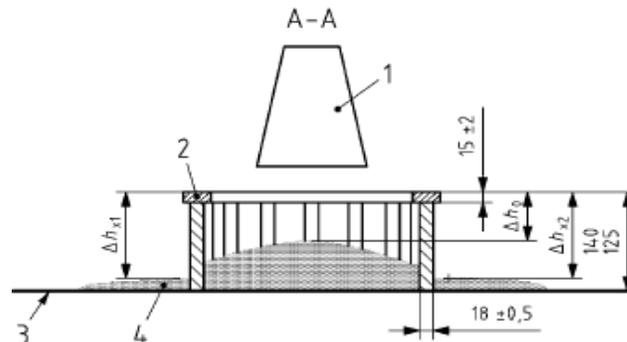


Figura 11: Dimensiones del anillo japonés

donde

1 Cono

2 Anillo japonés

3 Placa base

4 Concreto

Δh Diferencia de altura entre la parte superior del anillo japonés y la altura máxima

del concreto en los puntos indicados

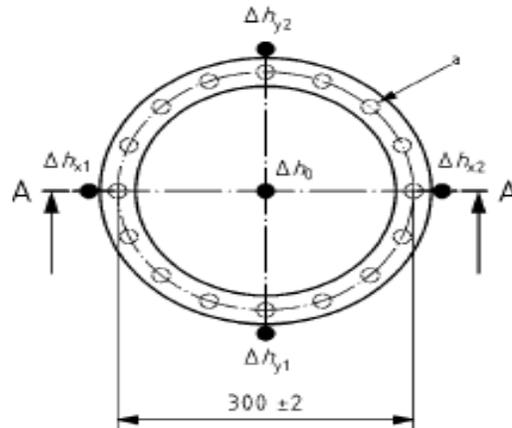


Figura 12: Sección A-A' del anillo japonés de poco separadas

donde

a 16 barras lisas de acero con separación constante ($\pm 0,5$ mm)

Δh Diferencia de altura entre la parte superior del anillo japonés y la altura máxima del concreto en los puntos indicados

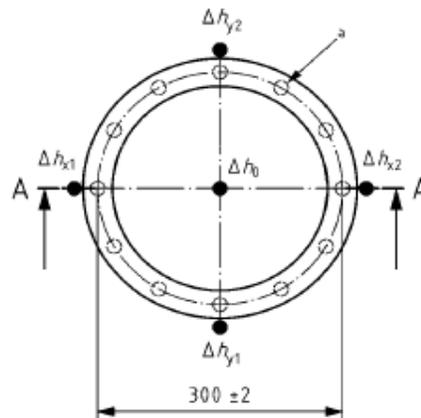


Figura 13: Anillo japonés de barras muy separadas

Donde:

A: 12 barras lisas de acero con separación constante ($\pm 0,5$ mm)

Δh : Diferencia de altura entre la parte superior del anillo japonés y la altura máxima del concreto en los puntos indicados



A continuación, veremos el procedimiento de este ensayo. Para esto debemos contar con el cono y la placa base de acuerdo a lo descrito en la Norma EN 12350-8

Se coloca el cono sobre el círculo de 210 mm de forma concéntrica y se mantiene en esa posición (también puede usarse el collar pesado), y se verifica que por la base del cono no haya fuga del concreto.

Se hace el vaciado de una sola vez y sin producir agitaciones ni compactaciones mecánicas y luego se hace un enrasado en la parte superior para retirar el concreto excedente. Dejar reposar unos 30 s aproximadamente y durante este lapso limpiamos la placa base del concreto que salpicó, debe comprobarse también que la placa base tenga la humedad necesaria, pero sin un exceso de agua.

2.2.2.3. Ensayo de la caja en L

El ensayo de la caja en L (L-Box en su traducción al inglés) sirve para determinar la capacidad de paso del concreto autocompactante para fluir cruzando por aberturas estrechas, además de espacios entre el armado y otras obstrucciones sin que haya segregación ni bloqueo.

Se conocen dos formas: un ensayo con dos barras de acero y también el ensayo con tres barras de acero. El segundo ensayo se simula una armadura más densa.

La caja L tendrá como características lo siguientes, rigidez en su estructura, lisura en sus paredes para que la pasta de cemento no se adhiera a los mismos y no genere óxidos. El armazón vertical podrá ser desmontable para una limpieza más fácil.

La forma de colocación de las barras deberá disponerse de tal forma que las dos barras lisas de acero con diámetro ($12 \pm 0,2$) mm generen un distanciamiento de (59 ± 1) mm. Para el ensayo de tres barras se debe generar un distanciamiento de (41 ± 1) mm. Se debe asegurar que las barras en la caja L sean verticales y equidistantes entre en el total de la anchura de la caja, de la forma mostrada en la figura 14.

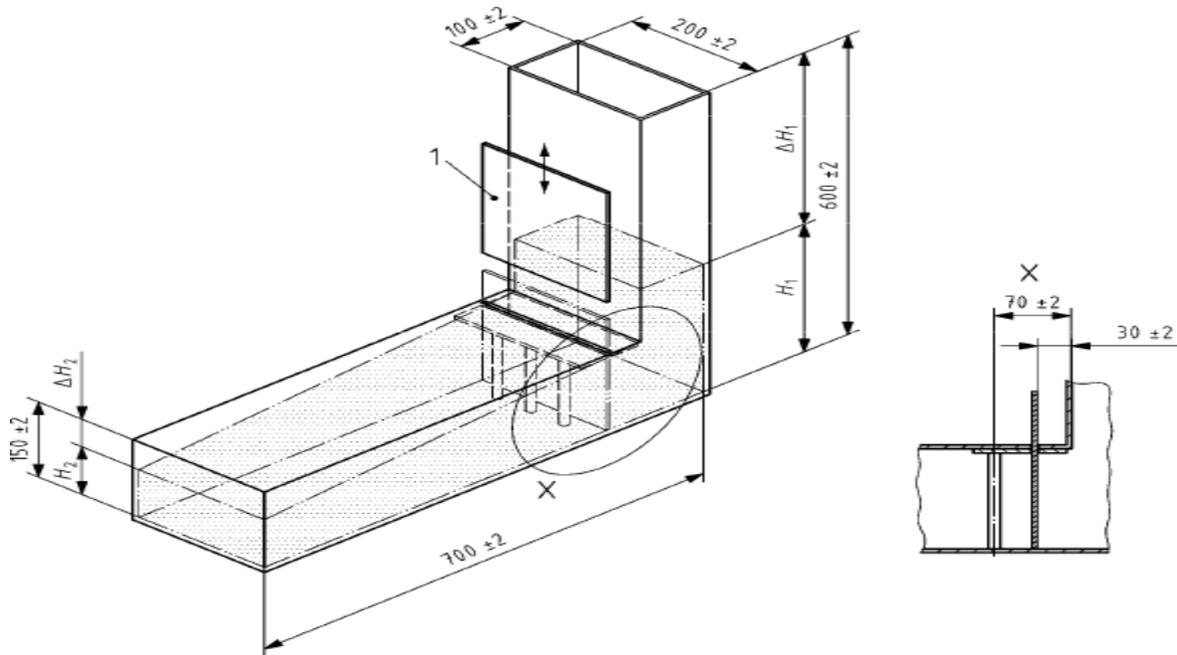


Figura 14: dimensiones de la caja L



a) Espacio libre entre barras, (41 ± 1) mm

b) Espacio libre entre barras, (59 ± 1) mm

Figura 15: Espacio libre entre barras de (41 ± 1) y (59 ± 1)

2.2.2.4. Ensayo del embudo en V

El ensayo de la caja V (V-funnel en su traducción al inglés) sirve para determinar qué tan viscoso y además de la capacidad de relleno del concreto autocompactante. Este ensayo está descrito y normalizado en la norma UNE EN 12350-9:2010. Figura 16

Se hace el vaciado del concreto fresco en el embudo con forma de V y se toma nota como tiempo del flujo en el embudo V el tiempo que tardó en fluir el concreto fuera del cono.

El equipo en forma de V será fabricado con las medidas internada adecuadas y con las tolerancias requeridas en la figura 16, de forma hermética deberá tener una compuerta de abertura rápida, se puede hacer articulada o en forma e corrediza, esta estará en la base y estará sostenido por un bastidor de tal forma que la parte de arriba del embudo mantenga su horizontalidad, se debe prever

también que el espacio bajo la compuerta sea suficiente para colocar un recipiente que recibirá el concreto luego de fluir.

El embudo en forma de V de preferencia deberá estar hecho de metal; se debe asegurar que las superficies sean lisas y no deberá estar expuesto a corroerse por la pasta de cemento ni estar tampoco expuesto al óxido.

Si se elaborara el embudo en V de otro material que no sea metal; deberá asegurarse que estas presenten superficies lisas y de igual forma se deberá evitar la exposición a la corrosión por la pasta de cemento y la exposición al óxido.

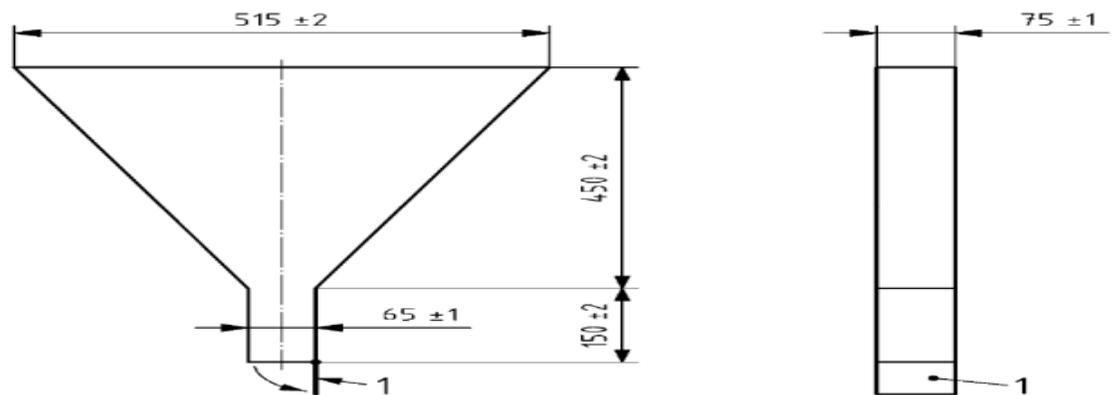


Figura 16: Dimensiones del embudo V

2.2.2.5. Otros ensayos

2.2.2.5.1. Caja de relleno (RILEM Technical Committee 174 – SCC)

Mediante este ensayo podemos evaluar las capacidades de llenado y nivelación del concreto en zonas donde la densidad del armado es alta. El equipo original fue elaborado por Ozawa en 1992 figura 2.13. En adelante este ensayo sufrió algunas modificaciones; Yurugi, M-1993 y Takada, K-1998. Se puede evaluar la capacidad de nivelación del concreto a través de la ecuación 8:

$$F(\%) = \frac{h_1 + h_2}{2h_1} \times 100$$

Ecuación 8: Coeficiente F para evaluar capacidad de nivelación

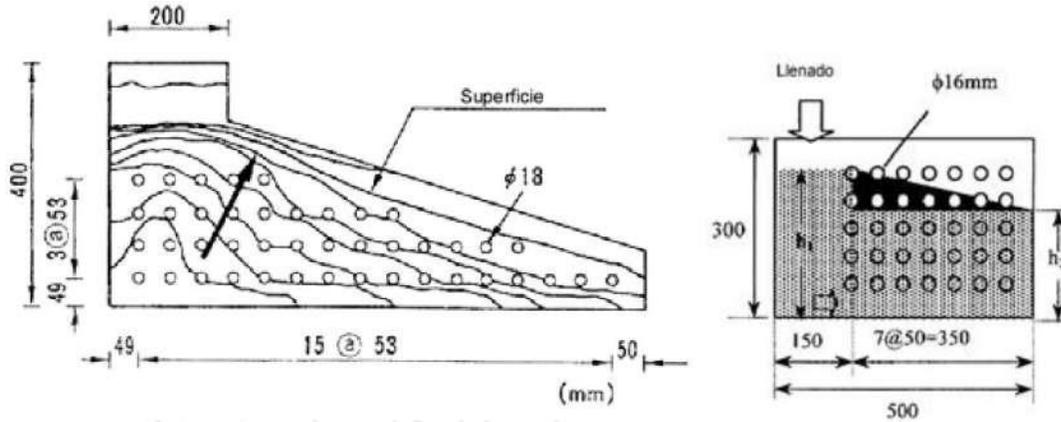


Figura 17: Dimensiones de la caja de relleno

2.2.2.5.2. Ensayo de flujo vertical

Elaborado por Ozawa en 1992, el ensayo de flujo vertical, de igual manera que el ensayo Filling Vessel, valora la habilidad del concreto de abrirse paso por zonas con armado denso. Consiste en verter en un recipiente con armaduras en la parte inferior de la misma forma que en la figura 18. Después del llenado del concreto se aplica sobre este una presión de 0.1 kg/cm^2 y el concreto empieza a moverse a través de la armadura.

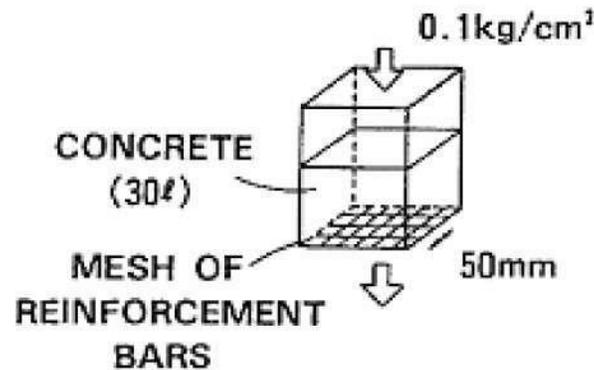


Figura 18: Referencia grafica del ensayo de flujo vertical

2.2.2.5.3. Ensayo orimet

El ensayo Orimet (fi.2.15) fue elaborado por Bartos en el año 1978 en un inicio para evaluar concretos fluidos y hace poco para analizar la forma de comportarse del CAC con respecto a su característica fluida.

Este ensayo evalúa a capacidad de fluir del concreto y en el caso del CAC se consideran tiempos adecuados los tiempos por debajo de los 5 segundos (Bartos y Grauers, 1999; Sonebi y Bartos, 2000).

El equipo consta de un cuerpo cilíndrico con diámetro de 100 mm y con un fondo en forma de tronco de cono invertido y con un sistema de cierre en la parte baja. Puede variar entre 70 a 90 mm el diámetro interno del orificio. Para concreto con tamaño máximo de agregado grueso de 20mm se aconseja que el diámetro interno sea de 80mm de diámetro (EFNARC-2002). Para hacer más difícil el paso del concreto y evaluar la capacidad de paso, se colocaron dos barras de 10mm en el extremo inferior del cilindro de manera perpendicular al flujo de la mezcla.

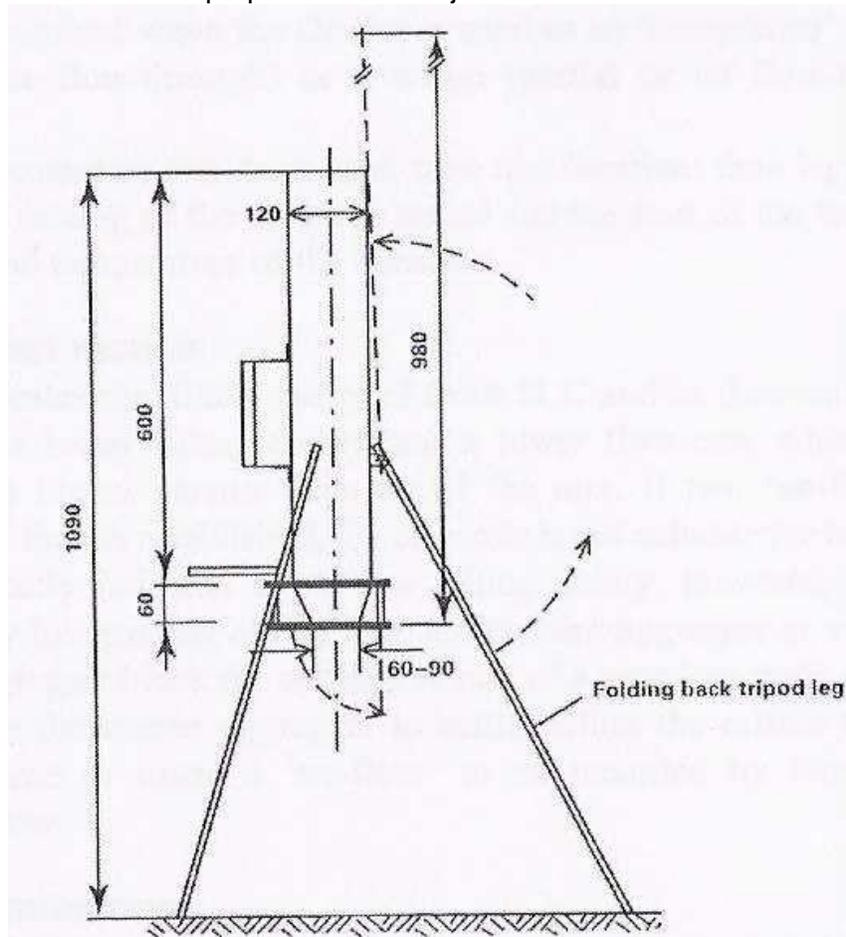


Figura 19: Dimensiones del ensayo Orimet

2.2.2.5.4. Caja en U

El ensayo U-Box de la misma forma que el ensayo de la caja L, en este ensayo se evalúa la resistencia al bloqueo del concreto autocompactante, pero se somete a condiciones para evaluar de mejor manera la fluidez, ósea confinado y en contra de la gravedad. Para realizar este procedimiento necesitamos un contenedor con 2 cuerpos como se muestra en la figura 15.

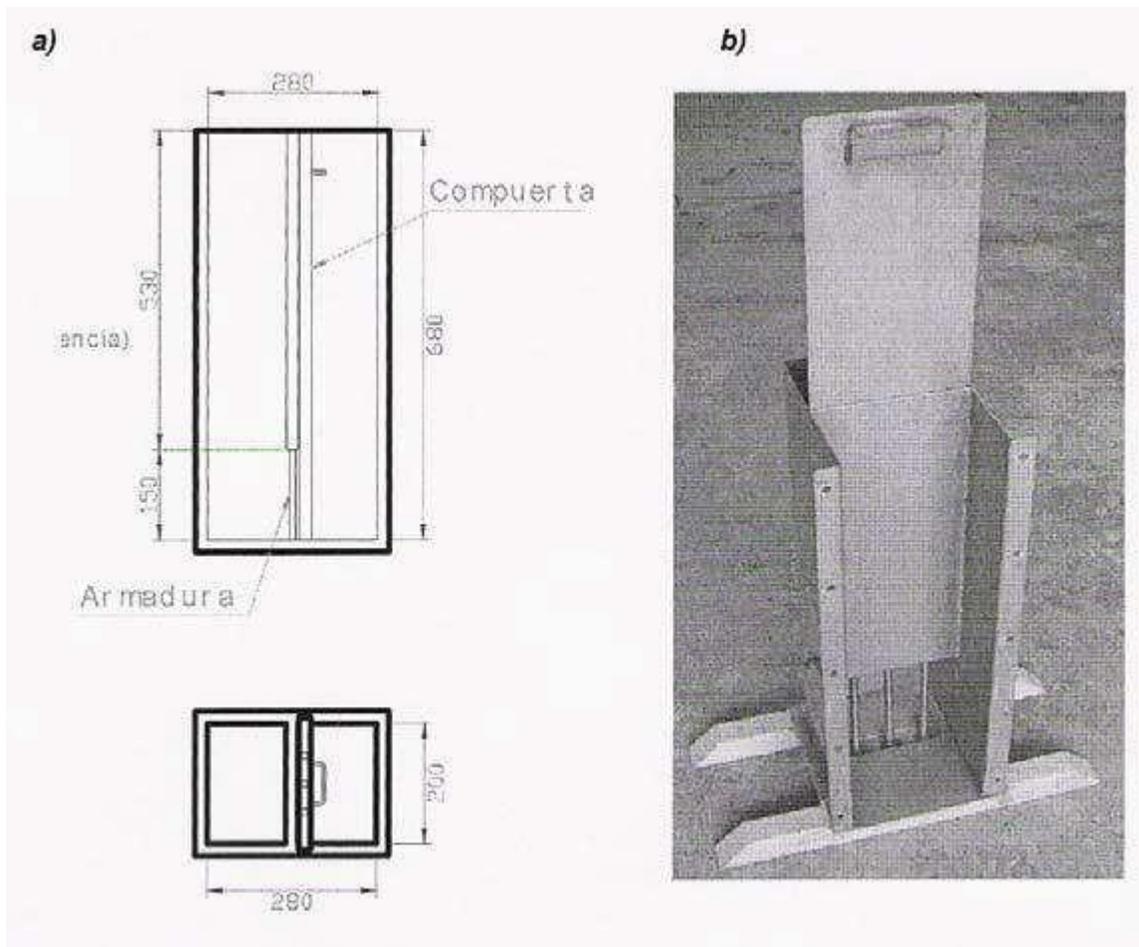


Figura 20: Dimensiones de la caja U

2.2.2.5.5. Ensayo de columna

Traducido del inglés column technique tiene como finalidad conocer que tan resistente es el concreto a la segregación. En Norteamérica, el ensayo se puede encontrar en la norma ASTM C1610/C1610M-06a. En figura 16 podemos ver las dimensiones y las características del molde cilíndrico.

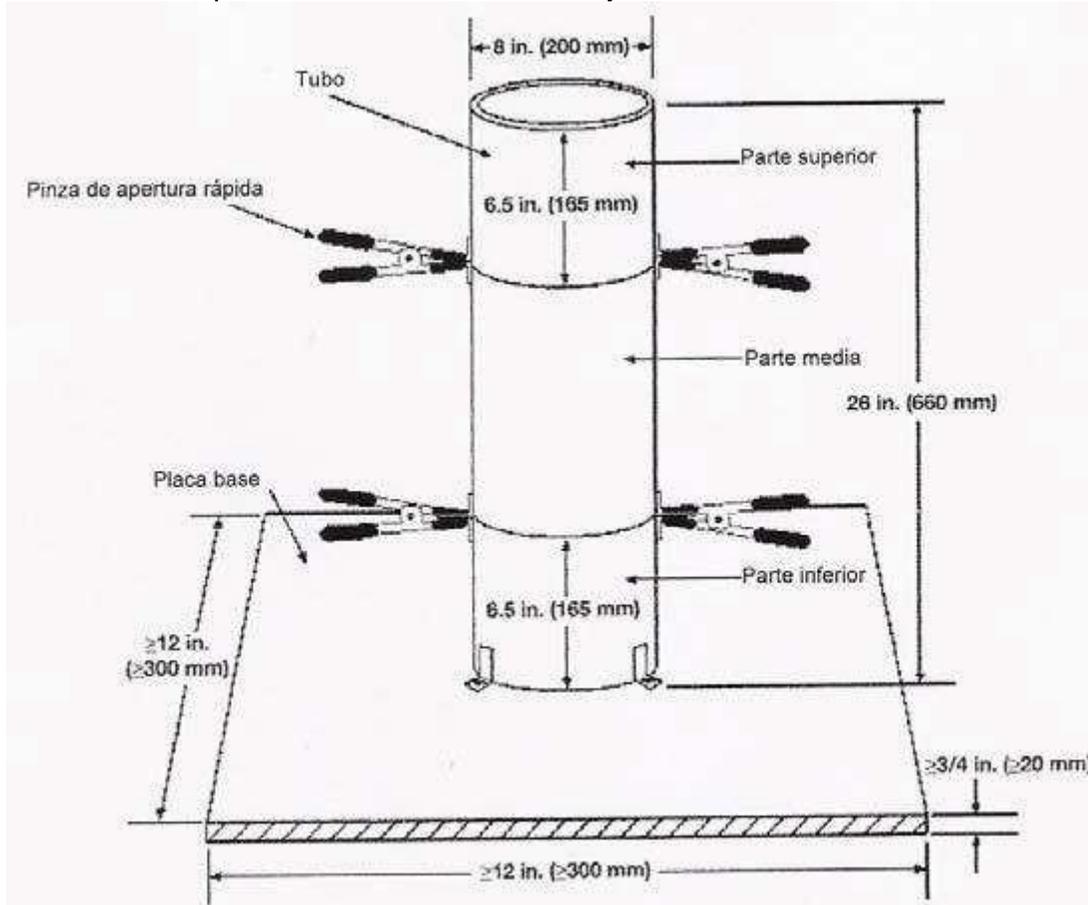


Figura 21: Dimensiones del molde cilíndrico del ensayo de columna

2.2.2.5.6. Tubo U

Elaborado en la Universidad Politécnica de Cataluña por Gomes et al. Entre 2001 y 2002. Tiene como fin la evaluación de la resistencia a la segregación de forma estática, así como dinámica. Para efectuar el procedimiento es necesario elaborar un tubo como el que vemos en la 17

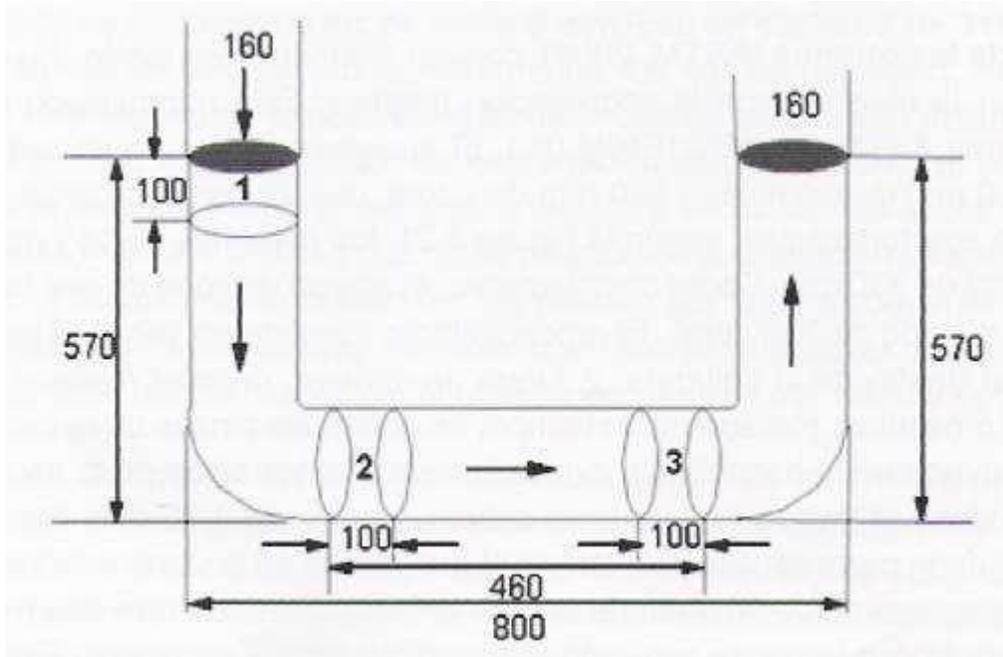


Figura 22: Dimensiones del tubo U

2.2.2.5.7. Estabilidad con tamiz

Traducido del inglés screen stability tiene como finalidad determinar la resistencia a la segregación del concreto. Para efectuar el procedimiento es necesario un tamiz con diámetro de 315 mm con luz de malla de 5mm.

2.2.2.5.8. Ensayo del control al 100%

Es un ensayo que evalúa la autocompactabilidad del 100% del concreto en obra y antes de su colocación. Para efectuar el ensayo se hace uso de una caja con dimensiones especificadas en la Figura 23 y donde las distribuciones de las barras de metal pueden variar y pueden ser adaptadas al modelo con el que se cuenta en la realidad.

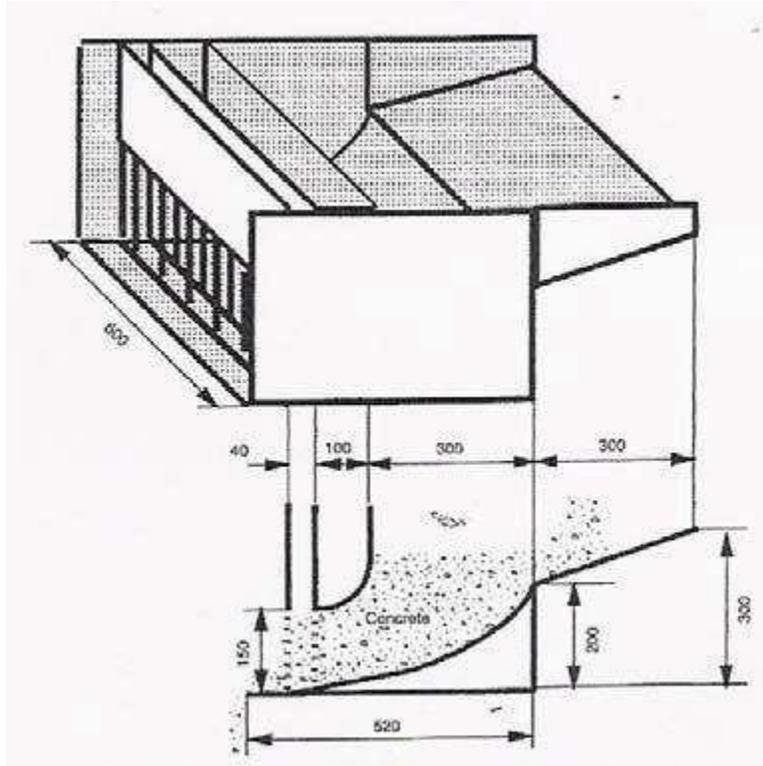


Figura 23: Dimensiones del ensayo de control al 100%

2.3. DEFINICIONES DE TÉRMINOS

- **Sulfatos:** Son sales que tienen presencia en los agregados y que en algunos casos reaccionan e impiden o modifican el fraguado normal del cemento. Rivva, E." Naturaleza y Materiales del Concreto", pag.226.
- **Clinker:** es un producto que se obtiene de la calcinación a 1450° C de un conjunto de materiales de naturaleza calcárea o arcillosa cuyas proporciones se dosifican de manera que el producto cumpla con las especificaciones requeridas. El semiacabado luego de salir del horno tiene forma de piedras esféricas oscuras de poco menos de 2 cm. Torres, A. "Curso Básico de Tecnología de los Materiales", pag.5.
- **Segregación:** Desfase de áridos gruesos y finos por la diferencia de tamaños que presentan. A. "Curso Básico de Tecnología de los Materiales". pag.83.
- **Densidad:** Relación entre el volumen entre el peso y el volumen, los valores se enuncian de manera relativa a la densidad del agua y se clasifica en normales cuando va de 2.5 a 2.75, ligeros cuando es menor a 2.5 y pesados cuando es mayor a 2.75. Cada uno de los tres mencionados afectan el comportamiento en la relación con el concreto y se han establecido las técnicas y métodos para el diseño y uso correcto en cada caso. Pasquel, E. (1999) , "Tópicos de Tecnología del Concreto en el Peru".pag.72
- **Permeabilidad:** Característica de un material que hace referencia de su capacidad para dejar pasar a través de el un fluido dada su composición. En el concreto para



lograr que la permeabilidad sea menor se puede utilizar aditivos impermeabilizantes y/o mantener las relaciones de agua cemento controlado en un nivel bajo. Torres, A. "Curso Básico de Tecnología de los Materiales". pag.84

- **Pasta:** Masa de alta plasticidad y moldeabilidad obtenida de unir agua y cemento. Luego de fraguar logra una alta resistencia y durabilidad. Torres, A. "Curso Básico de Tecnología de los Materiales". pag.6.
- **Consistencia:** Característica de la mezcla que hace referencia a la humedad de la mezcla. El indicador esta en función del asentamiento que la mezcla logre, a mayor humedad de la mezcla el asentamiento será mayor y con esto disminuirá la consistencia además de la trabajabilidad. Abanto,F. "Tecnología del Concreto".pag.60
- **Curado:** Consiste en hidratar el concreto luego de forma constante luego de ser colocado y cuyo fin es permitir la reacción química del cemento y el agua. Abanto,F. "Tecnología del Concreto".pag.235
- **Resistencia:** Característica de los materiales para recibir y asimilar esfuerzos de compresión, corte o flexión. Esta propiedad se mide comúnmente mediante el ensayo de resistencia a compresión de testigos en forma cilíndrica o cúbica los cuales están normalizados. Pasquel, E.(1999) ,"Tópicos de Tecnología del Concreto en el Peru".pag.78
- **Aditivos:** Son sustancias que se añaden al concreto para modificar algunas propiedades de este de forma conveniente y asi lograr un mejor desempeño de acuerdo a lo requerido.

2.4. MARCO NORMATIVO

2.4.1. Normativa actual

La reciente Instrucción Española de Concreto Estructural (EHE-08) aprobada en el Real Decreto 1247/2008 de 18 de julio, incluye el Anejo 17 que es específico para la utilización del concreto autocompactante.

En febrero de 2007, AENOR publicó las cuatro normas UNE existentes de ensayos para la caracterización del comportamiento en estado fresco del concreto autocompactante y que son las siguientes:

- UNE 83361:2007. Concreto autocompactante. Caracterización de la fluidez.
- Ensayo de escurrimiento.
- UNE 83362:2007. Concreto autocompactante. Caracterización de la fluidez en presencia de barras. Ensayo del escurrimiento con el anillo japonés.



- UNE 83363:2007. Concreto autocompactante. Caracterización de la fluidez en presencia de barras. Método de la caja en L.
- UNE 83364:2007. Concreto autocompactante. Determinación del tiempo de flujo.
- Ensayo del embudo en V.
- Antes de la publicación de las normas anteriores, se han utilizado las normas italianas, que se publicaron en marzo de 2003, y son:
- UNI 11040-marzo 2003. Especificaciones, características y control.
- UNI 11041-marzo 2003. Determinación de la trabajabilidad y del tiempo de escurrimiento.
- UNI 11042-marzo 2003. Determinación del tiempo de flujo en embudo.
- UNI 11043-marzo 2003. Determinación del escurrimiento por confinamiento en un recipiente en L.
- En la actualidad, existen diversas guías o recomendaciones que han publicado diversos organismos entre las que destacan las siguientes:
- Durability of Self-Compacting Concrete. State of the Art Report of RILEM Technical Committee 205-SCC (De Schutter et al., 2007).
- Self-Consolidating Concrete. American Concrete Institute (ACI) 237R-07. (ACI, 2007).
- Guía Práctica para la Utilización del Concreto Autocompactante. Instituto Español del Cementos y sus Aplicaciones (IECA) (Fernández et al., 2005).
- Guía Interna para el uso del Concreto Autocompactante en concreto prefabricado/pretenso. Instituto Americano de Concreto Prefabricado (PCI) (PCI, 2003).
- Especificaciones y Directrices para Concreto Autocompactable. Federación Europea dedicada a sistemas específicos de concreto y productos químicos especializados para la construcción (EFNARC) (EFNARC, 2002).
- Concreto Autocompactable: Recomendaciones Provisionales. Asociación Francesa de Ingenieros Civiles (AFGC) (AFGC, 2002).
- Self-Compacting Concrete. State of the Art Report of RILEM Technical Committee 174-SCC (Skarendahl et al., 2000).



III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación Aplicada

3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Es experimental, debido a que se analiza el comportamiento autocompactante del concreto adicionando el Nanosílice como aditivo superplastificante, con el fin de establecer el porcentaje óptimo de Nanosílice de las muestras, para los materiales utilizados de la ciudad de Nuevo Chimbote.

3.3. UNIDAD DE ANÁLISIS

Nanosílice

3.4. UBICACIÓN

Distrito: Nuevo Chimbote - Provincia: Santa - Región: Ancash

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.5.1. Población

Conjunto de probetas con un diseño de concreto $f'c=350$ kg/cm².

3.5.2. Muestra

En concreto fresco

Para evaluar la autocompactabilidad del concreto se tuvo que hacer ensayos de asentamiento, consistencia y de oposición al bloqueo, para las mezclas con adición de Nanosílice (T405, T415, T430, T417, T420, M405, M415 y M430)

En concreto endurecido:

- 9 Probetas Patrón con Agregado Grueso de TMN:3/8", de las cuales 3 muestras se realizaron para un tiempo de curado de 7 días, 3 para los 14 días y 3 para los 28 días.
- 9 Probetas con adición de 0.5 % Nanosílice con Agregado Grueso de TMN:3/8", de las cuales 3 muestras se realizaron para un tiempo de curado de 7 días, 3 para los 14 días y 3 para los 28 días.
-



- 9 Probetas con adición de 1.5 % Nanosíllice con Agregado Grueso de TMN:3/8", de las cuales 3 muestras se realizaron para un tiempo de curado de 7 días, 3 para los 14 días y 3 para los 28 días.
- 9 Probetas con adición de 3 % Nanosíllice con Agregado Grueso de TMN:3/8", de las cuales 3 muestras se realizaron para un tiempo de curado de 7 días, 3 para los 14 días y 3 para los 28 días.
- 9 Probetas con adición de 1.7 % Nanosíllice con Agregado Grueso de TMN:3/8", de las cuales 3 muestras se realizaron para un tiempo de curado de 7 días, 3 para los 14 días y 3 para los 28 días.
- 9 Probetas con adición de 2 % Nanosíllice con Agregado Grueso de TMN:3/8", de las cuales 3 muestras se realizaron para un tiempo de curado de 7 días, 3 para los 14 días y 3 para los 28 días
- 9 Probetas Patrón con Agregado Grueso de TMN:1/2", de las cuales 3 muestras se realizaron para un tiempo de curado de 7 días, 3 para los 14 días y 3 para los 28 días.
- 9 Probetas con adición de 0.5 % Nanosíllice con Agregado Grueso de TMN:1/2", de las cuales 3 muestras se realizaron para un tiempo de curado de 7 días, 3 para los 14 días y 3 para los 28 días.
- 9 Probetas con adición de 1.5 % Nanosíllice con Agregado Grueso de TMN:1/2", de las cuales 3 muestras se realizaron para un tiempo de curado de 7 días, 3 para los 14 días y 3 para los 28 días.
- 9 Probetas con adición de 3 % Nanosíllice con Agregado Grueso de TMN:1/2", de las cuales 3 muestras se realizaron para un tiempo de curado de 7 días, 3 para los 14 días y 3 para los 28 días.

3.6. VARIABLES

3.6.1. Variable independiente

Nanosíllice

3.6.2. Variable dependiente

Propiedades en estado plástico y endurecido del concreto autocompactante



3.6.3. Matriz de consistencia

Tabla 20: Matriz de Consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	
¿Constituirá la adición de Nanosílice una mejora en las propiedades en estado plástico y endurecido del concreto autocompactante en la ciudad de Nuevo Chimbote?	Determinar la influencia de la adición de Nanosílice sobre las propiedades en estado plástico y endurecido del concreto autocompactante en la ciudad de Nuevo Chimbote.	La adición de Nanosílice en la elaboración de concreto autocompactante mejora sus propiedades en estado plástico y endurecido.	Variable Dependiente	Propiedades en estado plástico y endurecido del concreto autocompactante
			Variable Independiente	Nanosílice
Problemas Específicos	Objetivos específicos	Hipótesis Específicas	Variables	
¿Cuál es el diseño de mezcla del concreto autocompactante idóneo en la aplicación de la adición de Nanosílice?	Determinar el diseño de mezcla de concreto autocompactante idóneo en la aplicación de la adición de Nanosílice.	El diseño de mezcla del concreto autocompactante idóneo en la aplicación de la adición de Nanosílice, emplea la gradación Huso N° 7 del agregado grueso.	Variable Dependiente	Diseño de mezcla de concreto autocompactante
			Variable Independiente	Tamaño del agregado grueso



¿Cuál es el porcentaje óptimo de adición de Nanosílice en la elaboración de concreto autocompactante?	Obtener el porcentaje óptimo de Nanosílice que permita mejorar las propiedades del concreto autocompactante.	El porcentaje óptimo de adición de Nanosílice en la elaboración de concreto autocompactante es de 1.5%	Variable Dependiente	Mezcla de concreto autocompactante
			Variable Independiente	Porcentaje óptimo de Nanosílice
¿En qué grado la adición de Nanosílice afectara la resistencia a la compresión del concreto autocompactante?	Evaluar la resistencia a la compresión del concreto autocompactante con la adición de Nanosílice.	La adición de Nanosílice incrementa la resistencia a la compresión del concreto autocompactante	Variable Dependiente	Resistencia a la compresión
			Variable Independiente	Nanosílice en porcentajes de 0.5%, 1.5% y 3%
¿En qué grado la adición de Nanosílice afectara las propiedades en estado fresco del concreto autocompactante?	Analizar las condiciones de las propiedades en estado fresco del concreto autocompactante con la adición de Nanosílice.	La adición de Nanosílice mejora las condiciones de las propiedades en estado fresco del concreto autocompactante.	Variable Dependiente	Propiedades en estado fresco del concreto autocompactante
			Variable Independiente	Nanosílice en porcentajes de 0.5%, 1.5% y 3%

Fuente: Elaboración Propia



3.6.4. Operacionalización de las variables

Tabla 21: Operacionalización de variables

Variables (Del Problema General)		Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Herramientas	Métodos
Variable Dependiente	Propiedades en estado plástico y endurecido del concreto autocompactante ante	Son características de un concreto autocompactante como la resistencia, trabajabilidad, durabilidad, etc.	Se refiere a la resistencia a la compresión que se medirá luego de elaborar el concreto autocompactante, así mismo la consistencia y trabajabilidad que se determinaran a través de los ensayos estandarizados en laboratorio.	Normativa	Resistencia a la compresión	NTP 339.034	Ensayo de Resistencia a la compresión
				Física	Resistencia a la segregación	ASTM C 1611	Ensayo de extensión de flujo
					Capacidad de Paso	EN 12350-10	Ensayo Caja L
					Capacidad de Relleno	EN 12350-9	Ensayo Embudo V
	Nanosílice	Es una sílice en estado líquido	Se refiere al adicionante	Técnica	Dosificación de Nanosílice		Ensayos de Laboratorio



Variable Independiente		compuesto por partículas microscópicas de dióxido de silicio amorfo (SiO ₂), diseminado en agua.	necesario para generar un concreto autocompactante de los cuales se utilizaran GAIA Nanosílice		Antecedentes de investigación	Análisis y comparación de resultados	
Variables (De Problemas Específicos)	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Herramientas	Métodos	
Variable Dependiente	Diseño de mezcla de concreto autocompactante	Procedimiento empírico a base de parámetros a considerar, para diseñar un concreto autocompactante.	Se refiere a las proporciones de cemento, agregados, agua y adiciones, que se necesitan para obtener un concreto autocompactante.	Normativa	Dosificación de mezcla de concreto autocompactante	Antecedentes de investigación	Ensayo de Resistencia a la compresión
Variable Independiente	Tamaño del agregado grueso	Son las dimensiones y gradaciones de rocas ígneas obtenidas por trituración artificial de rocas	Se refiere al HUSO 7 que recomienda la ACI para el concreto autocompactante.	Física	Granulometría	NTP 400.012	Análisis granulométrico del agregado grueso



Variable Dependiente	Mezcla de concreto autocompactante	Son las cantidades de cemento y de otros materiales (agua, piedra, arena y adiciones) que se necesitan para obtener la resistencia y durabilidad, dependiendo del uso del concreto.	Se refiere a las proporciones de cemento, agregados, adiciones y agua que se requieran para obtener un concreto autocompactante, basándose en los parámetros recomendados en la normativa vigente.	Normativa	Resistencia a la compresión	NTP 339.034	Lectura de norma
					Ensayo de materiales	Manual de ensayo de materiales MTC	Verificación, selección de muestras y procedimientos.
					Cemento	R.N.E	Verificación de parámetros de calidad
				Física	Agregados	NTP 339.089, NTP 339.185, NTP 400.012, NTP 400.021, NTP 400.022	Ensayos de laboratorio
				Técnica	Diseño de mezcla	Testigos de concreto	Procesamiento de datos
Variable Independiente	Porcentaje óptimo de Nanosílice	Es una sílice en estado líquido compuesto por partículas microscópicas de	Se refiere al adicionante necesario para generar un concreto autocompactante de	Técnica	Dosificación de Nanosílice	Antecedentes de investigación	Ensayos de Laboratorio



		dióxido de silicio amorfo (SiO ₂), diseminado en agua.	los cuales se utilizaran GAIA Nanosílice				Análisis y comparación de resultados
Variable Dependiente	Resistencia a la compresión	Ensayo técnico para determinar la resistencia de un material bajo un esfuerzo a compresión axial.	Se refiere a los valores que determinen si se llegó a la resistencia requerida	Normativa	Resistencia a la compresión	NTP 339.034	Ensayo de Resistencia a la compresión
				Física			
Variable Independiente	Nanosílice en porcentajes de 0.5%, 1.5% y 3%	Es una sílice en estado líquido compuesto por partículas microscópicas de dióxido de silicio amorfo (SiO ₂), diseminado en agua.	Se refiere al adicinante necesario para generar un concreto autocompactante de los cuales se utilizaran GAIA Nanosílice	Técnica	Dosificación de Nanosílice	Antecedentes de investigación	Ensayos de Laboratorio
							Análisis y comparación de resultados
Variable Dependiente	Propiedades en estado fresco del concreto autocompactante	La autocompactabilidad es la principal propiedad en estado fresco del concreto autocompactante, y que lo diferencia del concreto convencional. Estas propiedades se pueden evaluar mediante estudios de parámetros	Se refiere a la trabajabilidad del concreto autocompactante que es caracterizada por las propiedades de capacidad de llenado, capacidad de paso y resistencia a la segregación.	Física	Resistencia a la segregación	ASTM C 1611	Ensayo de extensión de flujo
					Capacidad de Paso	EN 12350-10	Ensayo Caja L
					Capacidad de Relleno	EN 12350-9	Ensayo Embudo V



		reológicos o ensayos.					
Variable Independiente	Nanosílice en porcentajes de 0.5%, 1.5% y 3%	Es una sílice en estado líquido compuesto por partículas microscópicas de dióxido de silicio amorfo (SiO ₂), diseminado en agua.	Se refiere al adicinante necesario para generar un concreto autocompactante de los cuales se utilizaran GAIA Nanosílice	Técnica	Dosificación de Nanosílice	Antecedentes de investigación	Ensayos de Laboratorio
							Análisis y comparación de resultados



3.7. INSTRUMENTOS

Se hizo uso de técnicas de observación y recolección de datos; los protocolos validados en las siguientes normativas:

- NTP
- ACI
- ASTM
- MTC en el Manual de Ensayo de Materiales
- UNE
- EHE-08

3.8. PROCEDIMIENTOS

3.8.1. Procedimiento de los ensayos para determinar las propiedades de los agregados

3.8.1.1. Reducción de muestras por cuarteo

- Se tomó la muestra y se ubicó sobre una superficie dura, limpia y además que horizontal para asegurar que no se pierda material o que se adicione sustancias ajenas a la muestra. Se realizaron movimientos para lograr mezclar y uniformizar la muestra dándole una apariencia de cono.
- Se colocó en la cima del cono el material recogido de los costados de la base del mismo para que el material de la mezcla caiga por los lados del mismo.
- Se aplanó el cono de presionándolo de tal manera que tenga una altura uniforme, y una base circular uniforme, se busca siempre que la disposición del material sea uniforme. Se procuró una proporción entre el alto y el diámetro promedio del cono aplastado de 1 a 4 o 1 a 8.
- Se separa el material en cuatro partes iguales haciendo cortes a través de su diámetro, luego se combinó en pares que se oponen por el vértice, siempre observando que no haya pérdida de material fino, para esto se usó cepillos y escobas.
- La operación se repitió vez tras vez hasta obtener la cantidad necesaria de material uniforme.

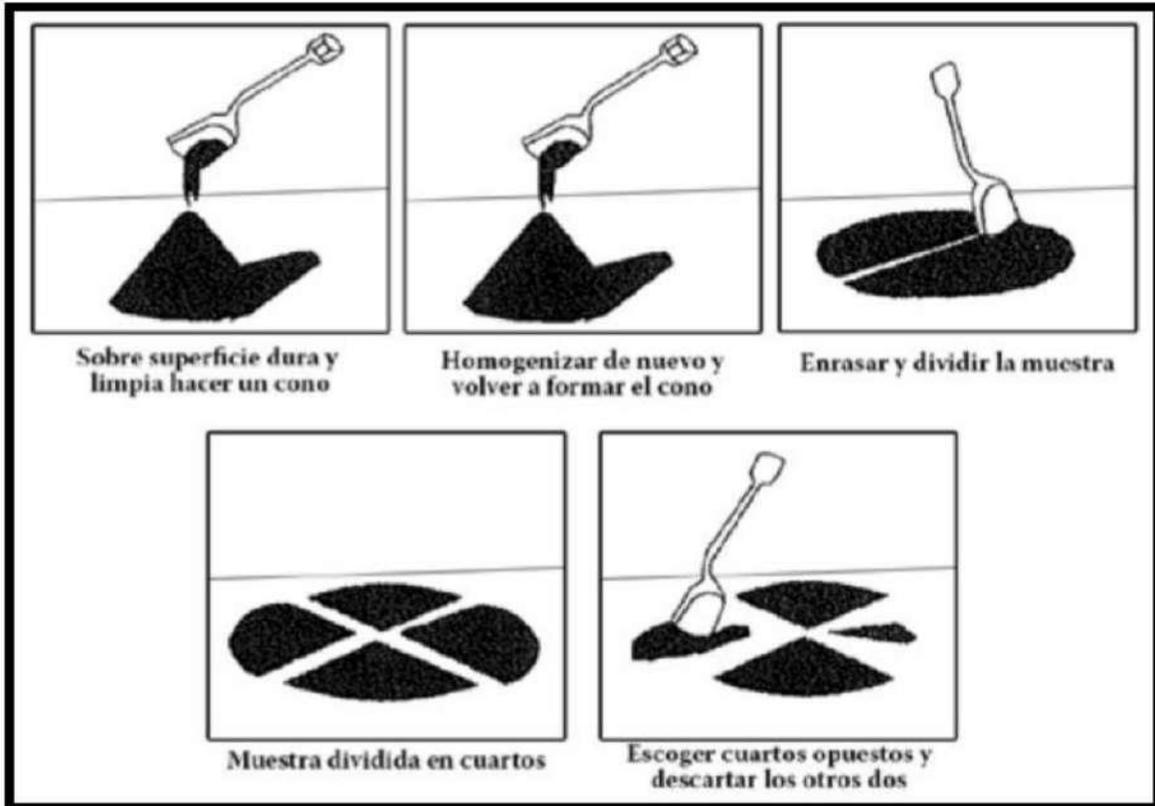


Figura 24: Cuarteo de agregados

Fuente: Dialnet-MetodoDeReduccionDeMuestraParaEnsayosDeLaboratorio-6240935.pdf

3.8.1.2. Análisis granulométrico

- Se usó el método B para seleccionar una muestra tal como se describe en la norma ASTM C702.
- Se colocó la muestra en el horno para ser secado a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Para un agregado fino se usó una muestra de 2000gr y para agregado grueso una muestra de 5000gr.
- Los tamices que se usaron fueron los adecuados para generar datos útiles para generar la información requerida.
- Se ordenó los tamices según el tamaño de la abertura de la malla colocando las de mayor abertura en la parte superior y el de menor abertura en la parte inferior.
- Se vertió la muestra en la parte superior de los tamices apilados y se agitó de manera manual y cuidadosa durante aproximadamente 10 min.
- Se registro los pesos obtenidos del material retenido en cada malla y luego se obtuvo los porcentajes retenidos, porcentajes retenidos acumulados y



porcentajes que pasan con el fin de determinar el módulo de finura en el agregado fino.
- Para el agregado fino se usaron 2000gr mientras que para el agregado grueso se tomó en cuenta la siguiente tabla.

Tabla 22: Cantidad mínima de agregado grueso o global a usarse para el análisis granulométrico.

Tamaño máximo nominal aberturas cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la muestra de ensayo, mínimo Kg (Lb)
9.5 (3/8)	1(2)
12.5 (1/2)	2(4)
19.0 (3/4)	5(11)
25.0 (1)	10(22)
37.5 (1 ½)	15 (33)
50(2)	20(44)
63 (2 Vi)	35(77)
73 (3)	60(130)
90 (3 Vi)	100 (220)
100(4)	150 (330)
125 (5)	300 (600)

Fuente: Norma técnica peruana -400.012, 2001

Procedimiento para el cálculo:

Se expresó en porcentaje las cantidades de material que pasan y los porcentajes que se retuvieron en cada tamiz redondeando al 0.1%.
Se realizó el cálculo del módulo de fineza haciendo una sumatoria de los porcentajes acumulados retenidos en cada tamiz y se dividió entre 100

El ensayo descrito se hizo tanto en agregado fino como en agregado grueso, los cuales se usaron para realizar las probetas cilíndricas a ser ensayadas de acuerdo a la normal NTP 400.012/ASTM C-136.

Se obtuvo de este ensayo el módulo de fineza que luego se usó en el diseño de mezcla.

$$MF=(\text{suma. Acumulados Tamiz No.}(4+6+8+16+30+50+100))/100$$

Ecuación 9: Modulo de fineza



3.8.1.3. Contenido de humedad

- En forma ordenada se realizó el pesado y la codificación de cada recipiente para su fácil reconocimiento.
- Se realizó el pesado de una masa para agregado fino y otro para agregado grueso con precisión de 0.1%
- Se colocaron las muestras en el horno durante 24 horas.
- Una vez secas y a temperatura adecuada se realizó el pesado de las muestras ya secas nuevamente con precisión de 0.1% en la balanza donde se hizo el pesado inicial.
- Se tomo nota de los pesos de y se procede a calcular el contenido de humedad de cada agregado según la norma NTP 339.185/ASTM c-566.

La muestra tomada para realizar este ensayo es representativa con respecto a la fuente de donde es posible abastecerse y para esto se tomo en cuenta la tabla 23 que a continuación se muestra

Tabla 23: Tamaño de muestra del agregado

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en Kg
4.75 (0.187) (N° 04)	0.5
9.5 (3/8)	1.5
12.5 (1/2)	2.0
19.0 (3/4)	3.0
5.0(1)	4.0
37.5 (1 ½)	6.0
50.0 (2)	8.0

Fuente: NTP 339.185,2002

Procedimiento para el cálculo:

Se ensayaron muestras para hallar su contenido de humedad, dos para agregado fino y otras dos para agregado grueso para promediar los valores obtenidos.

Se usó la siguiente fórmula para hallar el contenido de humedad de la muestra $H=(W \times 100\%) / D$; $W=A-C$, $D=B-C$

Donde:

H = Contenido de humedad (i%)

W = Peso del agua (gr)

D = Peso de las partículas solidas (gr)

B = Peso de tara + muestra húmeda (gr)

A = Peso de tara + muestra seca (gr)

C = Peso de la tara (gr)



3.8.1.4. Peso unitario

Este ensayo toma en cuenta la forma de determinar el peso unitario suelto o el peso unitario compacto además del vacío que se encuentra en el agregado fino y grueso.

Tabla 24: Peso unitario de agregado fino y grueso

Tamaño Máximo Nominal del Agregado		Capacidad de la Medida	
mm	Pulgadas	L (m3)	P3
12.5	1/2	0.8 (0.0028)	1/10
25.0	1	2.3 (0.0093)	1/3
37.5	1 ½	4.0 (0.014)	½
75.0	3	8.0 (0.028)	1
112.0	4	20.0 (0.070)	2 ½
75.0	6	300.0(0.100)	3 ½

Fuente: NTP 400.017,1999.

Peso unitario suelto seco (agregado fino y grueso)

- Se realizó el pesado de un recipiente y se lleno el mismo a una altura no mayor a 50mm por encima del ras del recipiente.
- El agregado que sobrepase el ras se elimina con una barra de 5/8"
- Se realizó el pesado del recipiente conteniendo el agregado (fino o grueso) y se tomó nota de estos valores.
- Se repitió el mismo proceso 4 veces para lograr tener un promedio más preciso.

Peso unitario compactado seco (agregado fino y grueso)

- Se realizó el llenado del recipiente solo hasta su tercera parte y se niveló.
- Luego se apisonó esta primera capa de agregado con una barra maciza, se aplican 25 golpes uniformemente distribuidos sobre la superficie nivelada.
- Posteriormente se realizó el llenado hasta las dos terceras partes y se repitió el proceso.
- Para finalizar de igual forma se realiza el llenado del ultimo tercio pero esta vez hasta rebozar, se nivela y compacta y el excedente se elimina dejando solo el material debajo del ras de la parte superior del recipiente.



- Finalmente se realiza el pesado del recipiente más la muestra compactada y toma nota.

Procedimiento para el cálculo:

Para realizar el cálculo del peso unitario suelto seco y compactado de los agregados fino y grueso se usaron las siguientes formulas:

$$PUSS = \frac{1000(P_{mm} - P_m)}{V_m} ; PUC = \frac{1000(P_{mmC} - P_m)}{V_m}$$

Ecuación 10: Pesos unitario

Donde:

P_m: Peso del molde (gr)

P_{mm}: Peso del molde

V_m: Volumen del molde (cm³)

PUSS: Peso unitario suelto seco (kg/m³)

PUC: Peso unitario compactado (kg/m³)

P_{mmc}: Peso del molde + muestra compactada (gr)

3.8.1.5. Peso específico de agregado grueso

- Se realizó el secado en el horno a peso constante a temperatura de 110°C, luego se extrae y se ventila la muestra en un lugar fresco a temperatura de ambiente entre una a tres horas hasta que esta sea cómoda para ser manipulada con las manos.
- De forma inmediata se sumergió el agregado en agua durante 24 hr ± 4hr.
- Luego del periodo de inmersión se extrajo la muestra y se secó el agua excedente a simple vista, aunque las partículas estén aparentemente húmedas.
- Se tomó el peso de la muestra con condición de saturación y superficialmente seca.
- Después de tomar el peso de la muestra se la colocó en la cesta de alambres y se determinó el peso sumergido a una temperatura entre 23°C ± 1.7°C.
- Se vibró de manera manual mientras se sumergió para remover el aire atrapado.
- Luego se dejó secar la muestra hasta que el peso sea constante, para esto se calibró el horno a una temperatura de entre 110° ± 5°C y se hace enfriar a temperatura ambiente por un espacio de una a tres horas hasta que esta sea cómoda para ser manipulada con las manos y se procedió a su pesado.
- Todos los pesos anotados tendrán una aproximación de 0.5 gr.
- Se considerará como mínimo una muestra con peso en función de su tamaño máximo nominal



Tabla 25: Peso mínimo de la muestra de ensayo

Tamaño máximo nominal ni ni (pulg)	Peso mínimo de la muestra de ensayo Kg (Lb)
12.5 (1/2) o menos	2 (4.4)
19.0 (3/4)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1)	5(11)
50(2)	8(18)
63 (2 1/2)	12(26)
75(3)	15 (40)
90 (3 1/2)	25 (55)
100(4)	40 (88)
112 (4 1/2)	50(110)
125(5)	75 (165)
150 (6)	125 (276)

Fuente: NTP 400.021, 2002

Procedimiento para el cálculo:

Para este ensayo se usa material retenido en la malla N°4
Con los datos necesarios obtenidos se realizaron los cálculos para determinar los pesos específicos (kg/cm³)

$$P.e.Bulk (Base seca) = D/C$$

$$P.e.Bulk (Base saturada) = A/C$$

$$P.e.Aparente(Base seca) = D/E$$

$$E = (C - (A - D))$$

$$\text{Absorción (\%)} = ((D - A) / A) * 100$$

Donde:

A: Peso de muestra saturada superficialmente seco (aire)

B: Peso de muestra saturado superficialmente seco (agua)

C: Volumen de masa + volumen de vacíos; C= A-B

D: Peso de material seco en la estufa

E: Volumen de masa

3.8.1.6. Peso específico de agregado fino

- Se realizó el secado en el horno a peso constante a temperatura de 110°C ± 5°C, para este ensayo se usó 1000 gr de muestra.



- De forma inmediata se sumergió el agregado en agua durante 24 hr \pm 4hr.
- Luego del periodo de inmersión se extrajo la muestra y se extendió en una superficie plana y se inició un secado con aire suave y tibio mientras se remueve para lograr un secado uniforme.
- El proceso se continuó hasta notar que las partículas no se pegaban entre si por la presencia de humedad.
- Con la muestra con las características previamente mencionadas se conformó el molde cónico y se golpeó el material dentro de él hasta 25 veces.
- Conformado el cono se retira el molde y cuando la muestra no logra mantenerse estable significa que alcanzó la condición de superficie seca.
- Inmediatamente después de lograr esta condición se tomó una muestra de 500gr de material y se introdujo en el frasco graduado para luego llenar con agua hasta la alcanzar la marca de 1000cm³ a una temperatura de 23°C \pm 2°C
- Se mantuvo en reposo durante una hora aproximadamente para luego llenarlo nuevamente hasta 1000cm³ y se determinó el peso del agua que se agregó al frasco con aproximación de 0.1 gr.
- Finalmente se sacó el agregado fino del frasco y se introdujo en el horno a una temperatura de 110°C \pm 5°C hasta alcanzar peso constante para su pesado luego de que haya alcanzado una temperatura ambiente.

Procedimiento para el cálculo:

Para este ensayo se usa material pasante de la malla N°4.

Con los datos necesarios obtenidos se realizaron los cálculos para determinar los pesos específicos (kg/cm³)

$$P.e.Bulk (Base seca) = D/C$$

$$P.e.Bulk (Base saturada) = A/C$$

$$P.e.Aparente(Base seca) = D/E$$

$$E = (C - (A - D))$$

$$\text{Absorción (\%)} = ((D - A) / A) * 100$$

$$G = (E - (A - F))$$

Donde:

A: Peso de muestra saturada superficialmente seco (aire)

B: Peso de muestra saturado superficialmente seco (agua)

C: Volumen de masa + volumen de vacíos; C= A-B

D: Peso de material seco en la estufa

E: Volumen de masa

F= Peso de material seco en estufa

G= Volumen de masa + volumen de vacíos;



3.8.2. Diseño de mezcla del concreto

3.8.2.1. Diseño de Mezcla de concreto patrón

Obtenidas las propiedades físico-mecánicas de los agregados se continuó con el diseño de los concretos patrones para cada tipo de muestras con sus respectivos agregados gruesos, utilizando algunas recomendaciones del método de diseño de concreto ACI, así como: cantidad de agua inicial y contenido de aire aproximado.

Se utilizó el criterio de máxima compactación para determinar las proporciones ideales de los agregados para las mezclas de concreto.

Selección de la resistencia promedio ($f'c$)

Las mezclas de concreto se diseñan para una resistencia a la compresión mayor a la resistencia solicitada o especificada por el ingeniero proyectista.

El grado de uniformidad y calidad del espécimen cumple un rol muy importante en el resultado final de la resistencia a determinar, por lo que se cuenta siempre con el control de estas.

El $f'c$ de diseño en nuestra investigación es de 350 kg/cm² y requerida para el diseño de columnas.

Cálculo de desviación estándar

Según en el autor Pasquel Carbajal (1998), se necesita 30 ensayos consecutivos y bajo las mismas condiciones del proyecto, control de calidad y materiales del concreto, para el cálculo de la desviación estándar; pudiéndose utilizar el "Ds" obtenido de las fórmulas para estos valores, siempre y cuando las resistencias obtenidas no difieran en un valor mayor a 70kg/cm² del $f'c$ especificado.

En el caso de no disponer de al menos 30 ensayos, el reglamento considera a "Ds" como un valor a incrementarse según la Tabla 26.

Cuando no existe información estadística de resistencias, el ACI-318 señala que se debe usar los valores de $f'cr$ según la Tabla 27.

La normativa indica que se puede disminuir los valores de $f'cr$ asumidos inicialmente, siempre y cuando el resultado promedio obtenido de los 30 ensayos de resistencias, excedan el valor de $f'cr$ inicial, por lo que este valor se recalcula teniendo en cuenta los resultados reales de los 30 ensayos realizados.

Tabla 26: Incrementos de valores de desviación estándar cuando existe menos de 30 ensayos

Número de Ensayos	Factor de incremento
Menos de 15	Usar tabla 8.6
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o más	1.00



Fuente: Tópicos de tecnología de concreto, Pasquel Carbajal, 1998.

Tabla 27: F'c aplicable cuando no se dispone de resultados para definir la desviación estándar

F'cr Especificado	F'cr (kg/cm ²)
210	f'c +70
210 a 350	f'c + 84
Mayor de 350	f'c+98

Fuente: Tópicos de tecnología de concreto, Pasquel Carbajal, 1998.

La desviación estándar, para las condiciones indicadas, se calcula con la ecuación 11:

$$Ds = \sqrt{\frac{(X1-X)^2 + (X2-X)^2 + \dots + (Xn-X)^2}{n-1}}$$

Ecuación 11: Desviación estandar

Donde:

Ds=Desviación estándar

n= Número de ensayos de la serie.

X1, X2... Xn = Resultados de resistencia de muestras de ensayos

X= Promedia de todos los ensayos individuales de una serie.

Si se utiliza dos grupos de registro de resultados después de evaluar las muestras ensayadas que conforman el total de por lo menos 30, la desviación estándar a emplearse sería el promedio estadístico de los valores obtenidos en cada grupo de ensayos.

Para determinarla se usará la ecuación 12:

$$S = \sqrt{\frac{(n1 - 1)(S1)^2 + (n2 - 1)(s2)^2}{n1 + n2 - 2}}$$

Ecuación 12: Promedio estadístico para desviación estandar

Donde:

S=Promedio estadístico cuando se usa los registros de ensayo para calcular la desviación estándar (kg/cm²)

S1, S2 = Desviación estándar calculada para los grupos 1 y 2 respectivamente. (kg/cm²)



n_1, n_2 = Número de ensayos en cada grupo, respectivamente.

Cálculo de la resistencia promedio requerida (f'_{cr})

El ACI-318 establece que el valor f'_{cr} a utilizar es el mayor valor que resulte en aplicar las ecuaciones 13 y 14:

$$f'_{cr} = f'_c + 1.37 D_s$$

Ecuación 13: Resistencia promedio requerida

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

Ecuación 14: Resistencia promedio requerida

Donde:

D_s = Desviación estándar

Según lo especificado, el cálculo de nuestra resistencia promedio requerida es de 434 kg/cm².

Selección del asentamiento (slump)

Si las especificaciones de obra no señalan las consistencias del concreto, ni asentamientos requeridos para la mezcla a ser diseñada, se utiliza la Tabla 28, donde se selecciona un valor adecuado para un determinado uso del concreto. Se deberán usar las mezclas de las consistencias más densa que puede ser colocado eficientemente.

Tabla 28: Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción

Tipo de construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
-Zapatillas y muros de cimentación armados	3"	1"
-Cimentaciones simples, cajones y subestructura de muros	3"	1"
-Vigas y muros armados	4"	1"
-Columnas de edificios	4"	1"
-Losas y pavimentos	3"	1"
-Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: Diseño de mezclas-Enrique Rivva López

Selección de agua de mezclado y contenido de aire

Para determinar la cantidad de agua por unidad cubica de concreto, se utiliza las recomendaciones del comité 211 del ACI presentes en la Tabla 29, siendo aplicado en agregados al estado seco, teniendo como factores a ser considerados como el tamaño máximo nominal del agregado grueso y la consistencia de la mezcla.



Tabla 29: Volumen unitario de agua

Asentamiento	Agua en 1/m ³ , para los tamaños max. Nominales de agregado grueso y consistencia							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Fuente: Comité 211 del ACI

Para determinar la cantidad de aire atrapado por unidad cubica de concreto, se utiliza las recomendaciones del comité 211 del ACI presentes en la Tabla 30

Tabla 30: Contenido de aire atrapado

TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado (%)
3/8"	3
1/2"	2.5
3/4"	2
1"	1.5
1 1/2"	1
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

Fuente: Comité 211 del ACI

En el diseño de las mezclas de concreto patrón se utiliza una relación agua/cemento (a/c) en peso de 0.40, y con asentamiento de 3-4 pulgadas según la tabla xx, valores usuales en los concretos normales fabricados en el Perú y que se fija en la presente investigación.

Cálculo del contenido de cemento

Teniendo los valores de del volumen unitario de agua por unidad de volumen del concreto y el a/c seleccionado, se calcula el factor cemento por unidad cúbica de concreto mediante la división entre el volumen unitario de agua (lt/m³) y la relación a/c, resultando el número de kilos de cemento por la unidad cubica de concreto.

Selección del agregado

El proceso consistió en realizar distintas combinaciones de agregado fino y grueso, con el fin de obtener el Peso Unitario Compactado (PUC) de mayor valor. La combinación con el mejor resultado es la que tiene menor cantidad de vacíos, donde en estos espacios se alojan los componentes de la pasta de cemento (agua y cemento). Este criterio se utiliza con el fin de obtener la menor cantidad de vacíos que conlleva a rellenar con menos pasta de cemento,



generando una mezcla más económica, debido a que el cemento es el material más caro de todos los componentes del concreto.

Ajuste por humedad del agregado

El contenido de agua tanto absorbida como superficial, afecta el peso de los agregados componentes del concreto, por lo que para el diseño completo de este se reducen algebraicamente en un volumen igual a la humedad superficial o humedad libre aportada por los agregados, determinándose como tal al contenido de humedad menos su porcentaje de absorción.

3.8.2.2. Diseño de Mezcla de concreto autocompactante

Este proceso consiste en obtener mezclas de concreto autocompactante a partir de concretos patrones normales con la adición del Nanosílice y la reducción de agua.

Se utilizaron dos concretos patrones con agregado grueso de TMN de 3/8" y 1/2", ambos con un $a/c=0.40$, estos diseños fueron la referencia en la comparación de las mezclas generadas. Además, se utilizaron tres dosificaciones de Nanosílice: 0.5, 1.5 y 3.0 % del peso de cemento.

Para la obtención del contenido de agua se realiza el proceso de mezclado, iniciando colocando los componentes del concreto patrón, excepto el agua y al Nanosílice, después de esto se vierte el aditivo en parte del agua, vertiendo este último poco a poco, hasta obtener la mezcla muy fluida, pero evitando llegar al punto de segregación. Se anota la cantidad de agua utilizada.

Con la dosificación establecida, se realizan los ensayos de Extensión de flujo D_{max} . Y t_{50}), Embudo V y Caja L, a fin de verificar la caracterización autocompactante de las mezclas evaluadas.

3.8.3. Preparación de la mezcla de concreto

A) Equipos y Materiales

- Agregado grueso
- Agregado fino
- Cemento
- Agua
- Aditivo Nanosílice (para todas las mezclas, excepto para las muestras patrones)
- Mezcladora de concreto
- Equipo Misceláneo: palanas, palustres, tamice, reglas, guantes de caucho, etc.

B) Procedimiento

Se debe tener en cuenta realizar un número igual de especímenes para todas las tandas de concreto. Cuando no se pueda realizar el moldeo de por lo menos un espécimen para cada variable en un mismo día, la mezcla que faltase se deberá



realizar lo más pronto posible, de igual manera una de las mezclas tiene que ser repetida cada día, con un estándar comparativo.

El procedimiento para elaborar concreto en la mezcladora debe de ser 5 minutos, teniendo como procedimiento el siguiente:

- 1) Contar con los componentes del concreto pesados y separados en recipientes diferentes.
- 2) Encender la mezcladora y verter en ella un 10% de la cantidad total del agua para humedecer la superficie interna de la mezcladora.
- 3) Seguido a esto ingresar primero el agregado grueso, continuamente el agregado fino y posteriormente el cemento.
- 4) Una vez habiéndose incorporado todos los materiales, excepto el agua y el aditivo (dependiendo el tipo de muestra), se deja amasar los materiales dentro de la mezcladora por 2 minutos.
- 5) Terminado los 2 minutos, sin apagar o detener la mezcladora, se vertió el agua a la que previamente se adiciona la mitad de la cantidad total del aditivo (dependiendo el tipo de muestra).
- 6) Inmediatamente después se añade a la mezcla el resto del aditivo (este paso es dependiendo el tipo de muestra).

3.8.4. Ensayos de concreto en estado fresco

3.8.4.1. Ensayo de Flujo de Asentamiento y Ensayo T50 cm

A) Equipos y Materiales

- Molde antiadherente en forma de cono truncado, que cuente con las siguientes medidas: 300 mm de altura, 200 mm de diámetro en la abertura base y 100 mm de diámetro en la abertura superior.
- Placa antiadherente, en forma cuadrada de dimensiones mínimas de 1000 mm x 1000 mm, marcada con circunferencias que señalen la ubicación donde se colocará el cono, y otra circunferencia concéntrica de 500 mm de diámetro.
- Espátula
- Palana
- Cronometro
- Recipientes
- Trapo industrial

B) Procedimiento

- 1) Para realizar el ensayo es necesario mínimo 6 litros de concreto.
 - 2) Se debe tener listo la placa y el cono humedecido, asegurando al mismo tiempo eliminar el agua sobrante de estos.
 - 3) Colóquese la placa de asiento sobre una superficie firme y plana, a la vez se coloca el cono sobre el círculo marcado en la placa.
-



- 4) Se vierte la mezcla de concreto sobre la abertura superior del cono, manteniéndose en este una presión para que este no se pueda mover hasta que el concreto lo llene por completo, continuamente se enrasa con la espátula.
- 5) Elévese el cono en un movimiento constante que no dure más de 5 segundos y permita que la mezcla de concreto fluya libremente en todas direcciones.
- 6) Iniciado el desplazamiento del concreto se controla con el cronometro, el tiempo que demora en llegar al círculo de 500 mm, siendo este valor el periodo T50 cm.
- 7) Se calcula el promedio de dos diámetros medidos en dos direcciones perpendiculares, este valor es el Asentamiento en mm.

C) Interpretación del resultado

Se busca un valor mínimo de desplazamiento de 650 mm para que pueda considerarse concreto autocompactante; así mismo recalcar que no existe a la actualidad un acuerdo en cuanto tolerancias en este parámetro.

Según Brite Eu Ram indica que en un tiempo de 2-7 segundos es aceptable en aplicaciones de ingeniería civil, mientras que de 2-5 segundos es correcto para las aplicaciones específicas que necesiten tener una fluidez mayor. Así mismo, se señala que periodos inferiores representan en la mezcla, una excesiva fluidez.

Cuando se presente una segregación elevada

Cuando se visualice que el agregado grueso permanece en el centro del charco de la mezcla de concreto, además la pasta de cemento y el mortero en la periferia, se presenta una elevada segregación. En el caso de que se observe un borde de norte sin el agregado grueso en el límite del charco de concreto, se tiene entonces una baja segregación. Sin embargo, al no producirse alguna de estas situaciones, no quiere decir que no se producirá la segregación, dado a que después de un periodo de tiempo más extenso podría producirse. (Joel & Omar, 2014).

3.8.4.2. Ensayo en Caja L

A) Materiales y Equipos

- Caja en L (material rígido y no absorbente)
- Espátula
- Palana
- Cronometro
- Recipientes
- Trapo industrial

B) Procedimiento

- 1) Se inicia preparando 14 litros de la muestra para realizar el ensayo
- 2) Se coloca la Caja en L sobre una superficie firme y uniforme, así mismo se verifica la libertad de abrir y cerrar de la compuerta.



- 3) Se limpia la superficie con un trapo húmedo, asegurándose después de esto eliminar el agua sobrante.
- 4) Empieza el llenado con mezcla de la sección vertical, asegurándose que la compuerta este bien cerrada, se deja reposar por 60 segundos.
- 5) Seguido a esto, se abre la compuerta para que la mezcla fluya a través de las barras hacia la sección vertical del aparato.
- 6) Continuo al paso 5, se actica el cronometro y registra los tiempos que tarda la mezcla para llegar a las marcas de 200mm y 400mm.
- 7) Cuando el concreto termine de fluir, se realiza las mediciones de las distancias "H1" y "H2".
- 8) Se determina la relación de bloqueo, mediante: $H2/H1$.
- 9) El ensayo debe culminar antes de los 5 minutos.

C) Interpretación del resultado

Cuando la relación de bloqueo ($H2/H1$), se encuentre más cerca a la unidad, se interpreta que el flujo del concreto será mejor. Los investigadores aceptan una relación de bloqueo como mínimo 0.8. Los valores obtenidos de los periodos T20 y T40 pueden ayudar en indicar la capacidad de fluir de una mezcla, sin embargo, no existe aún un acuerdo general de investigadores acerca de los valores adecuados. La característica de una mezcla a oponerse al bloqueo de las barras en este ensayo, se puede apreciar visualmente. (Joel & Omar, 2014).

3.8.4.3. Ensayo en Embudo V

A) Materiales y Equipos

- Embudo en V
- Balde de 12 litros
- Espátula
- Palana
- Cronómetro
- Trapo industrial

B) Procedimiento para el tiempo de Flujo

- 1) inicia preparando 12 litros de la muestra para realizar el ensayo
 - 2) Se coloca el Embudo V sobre una superficie firme y uniforme, así mismo se verifica la libertad de abrir y cerrar de la compuerta.
 - 3) Se limpia la superficie con un trapo húmedo, asegurándose después de esto eliminar el agua sobrante.
 - 4) Mantener la compuerta cerrada y coloque un balde debajo.
 - 5) Se llana el embudo hasta el ras sin compactar y se nivela la parte superior con ayuda de la espátula.
 - 6) Continuo a esto, después de 10 segundos de reposo se abre la compuerta.
 - 7) De manera simultánea, se controla el tiempo que demora en vaciarse el contenido del embudo en el balde.
-



3.8.5. Elaboración de especímenes de concreto en el laboratorio

La elaboración de los cilindros de concreto está bajo la norma NTP 339.033 donde están especificadas las características de las probetas las cuales serán utilizadas en el ensayo de resistencia a la compresión

A) Materiales y Equipos

- Recipiente para muestreo y mezcla, debe ser metálica, impermeable, de fondo plano, y de profundidad suficiente para permitir que la palana pueda mezclar para homogenizar la muestra dentro del recipiente; o para poder recibir toda la bachada desde la mezcladora.
- Moldes con sujetadores de acero, hierro forjado o cualquier material no absorbente que no reacciones con el concreto vertido en ellos. Además, estos en su manipulación deben trabajar de manera hermética.
- Varilla compactadora lisa de acero con punta redondeada, de diámetro 5/8" (para especímenes de muestras patrones).
- Martillo de goma, de peso $0,57 \pm 0,23$ kg (para especímenes de muestras patrones).
- Equipo Misceláneo: palanas, palustres, tamice, reglas, guantes de caucho, etc.
- Petróleo

B) Procedimiento

- 1) Se preparan los moldes donde se verterá la mezcla de concreto, se pasa un trapo humedecido con petróleo en toda la parte interior del molde, para evitar que la mezcla en el momento del desmolde se adhiera a las paredes de este elemento. Se cierran a presión los sujetadores hasta que el molde se presente impermeable.
- 2) Ubicar los moldes lo más cerca posible a donde los especímenes en estado endurecido, se van a guardar para su posterior fraguado en las siguientes 24 horas. Además, colocar estos en una zona plana y rígida.
- 3) Para las mezclas de concretos patrones se realiza la compactación en capas, que consiste en verter una primera de estas hasta 1/3 de la altura del molde, seguidamente con una varilla lisa de punta redondeada se apisona verticalmente 25 veces consecutivas en forma de espiral de afuera hacia adentro sin tocar el fondo, para luego realizar 12 golpes con el martillo de goma en las paredes exteriores del molde. Se continua con la segunda y tercera con la misma metodología a la de la primera. (Estas acciones de compactación se evitarán para las muestras de concreto autocompactante, dado que como su mismo nombre lo dice se compactan por su propio peso en el molde)



- 4) Después de la compactación (de ser el caso), se efectuó el acabado con las manipulaciones mínimas, de tal manera que la superficie quede pareja y plana a nivel del borde superior del cilindro, evitando cualquier protuberancia o depresión mayores de 3.2 mm.
- 5) Finalmente, cada espécimen se deja reposando sin mover la muestra durante 24 horas.

3.8.6. Desmolde y Curado de los especímenes de concreto

A) Procedimiento

El desmolde y curado de los especímenes de concreto está bajo la Norma ASTM C 31 donde especifica el siguiente procedimiento:

- 1) Se puede retirar los moldes entre las 18 y 24 horas después de terminado el proceso de moldeado.
- 2) Luego de esto, en la cara circular de la probeta, se marca las anotaciones que identifiquen el espécimen.
- 3) Seguidamente, almacenamos las probetas en recipientes llenos de agua con una temperatura de entre 23 y 25 °C., y a su vez mantenerlas durante todo el tiempo de curado en las mismas condiciones iniciales.

3.8.7. Procedimiento de los ensayos del concreto en estado fresco

3.8.7.1. Ensayo de escurrimiento

A continuación, detallamos el procedimiento de este ensayo. Se coloca la placa base en una superficie plana y horizontal sin vibraciones o sacudidas externas. Con un nivel de burbuja se acredita la llanura de la superficie. Se limpian la mesa y el cono, y se humedece antes del ensayo, siempre evitando que se exceda en la cantidad de agua.

Se acopla el collar al cono, en caso de que se vaya a usar

Se coloca el cono en el centro del círculo de 210 mm de la placa base y se deja en esa posición apoyándose sobre las piezas fijas (o se utiliza el collar), teniendo cuidado de que no se escape nada de concreto de la base del cono.

Se vierte concreto en el cono de una vez sin agitar ni compactar mecánicamente hasta el ras de la parte superior del cono quitando el exceso de concreto. El cono relleno se deja estático alrededor de 30 s; durante ese lapso se retira el concreto que haya caído sobre la placa base.

Se alza el cono verticalmente con un movimiento que dure entre 1 s y 3 s, sin causar interferencia con el flujo del concreto. Si se requiere el tiempo t_{500} el contador de tiempo inicia cuando el cono deja tener contacto con la placa base y se registra el tiempo que pasa hasta que el concreto alcanza el círculo de 500 mm, redondeado a la décima de segundo más próxima.



Luego de que el flujo de concreto quede estático, con cuidado y sin mover la placa base ni el concreto en él, se mide el mayor diámetro del concreto extendido redondeando a los 10 mm más próximos y se toma como el dato d1. Después de esto se hace una medición del diámetro del flujo extendido perpendicular a d1 redondeando a los 10 mm más próximos y se toma como d2. Si la diferencia entre los datos d1 y d2 es mayor de 50 mm se tomará otra muestra y se repetirá el proceso.

En el caso que dos ensayos consecutivos presenten una diferencia mayor de 50 mm entre d1 y d2, el concreto no tiene la fluidez necesaria para que el ensayo de escurrimiento sea adecuado.

Se revisa el concreto extendido para notar signos de segregación y se indican cualitativamente en el punto f) del capítulo 8, por ejemplo, sin ningún signo de segregación, claros signos de segregación.

Los resultados del ensayo de escurrimiento SF es la media de d1 y d2, redondeada a los 10 mm más próximos, obtenida con la ecuación 14.

$$SF = (d1 + d2) / 2$$

Ecuación 15: Promedio de diámetros para hallar SF

Donde

SF es el escurrimiento, en milímetros;

d1 es el mayor diámetro de flujo extendido, en milímetros;

d2 es el flujo extendido a 90° de d1, en milímetros.

El tiempo t500 se expresa redondeado a los 0,5 s más próximos.

3.8.7.2. Ensayo de la caja en L

A continuación, tenemos el procedimiento del ensayo de la caja, se coloca la caja L en una superficie horizontal y se comprueba que sea así mediante el nivel de burbuja. Para iniciar la caja L debe estar limpia y húmeda, pero evitando el exceso de agua. Se baja la compuerta y de esta forma se separan los espacios vertical y horizontal. De una sola vez se hace el vertido del concreto en el espacio vertical de la caja L sin producir agitaciones ni compactaciones mecánicas, finalmente se enrasa la parte superior de la caja llena de concreto y se deja reposar entre 60 a 70 segundos. Se desliza hacia arriba la compuerta en un movimiento continuo y controlado para permitir que el concreto fluya de forma natural desde dentro del cuerpo horizontal. Cuando el concreto fluye hasta quedar inmóvil procederemos a medir el descenso en cuanto a altura del nivel del concreto $\Delta H1$ en el espacio vertical y en lado donde se encuentra la compuerta de la caja, se redondeará al milímetro más cercano; se tomarán 3 puntos equidistantes a lo largo del ancho de la caja. La altura media del concreto



H1 es la diferencia entre la altura del espacio vertical y la media de la altura $\Delta H1$ de los 3 puntos tomados. Se toma nota de H2 haciendo un redondeo al milímetro más cercano.

Los resultados obtenidos de la capacidad de paso PL que resultan del ensayo de la caja L se deduce de la ecuación 16, redondeando a la milésima más próxima

$$PL=H2/H1$$

Ecuación 16: Relación de alturas

Donde

PL es la capacidad de paso calculada mediante el ensayo de la caja en L
H1 es la altura media de concreto en el cuerpo vertical de la caja, en milímetros
H2 es la altura media del concreto al final del cuerpo horizontal de la caja, en milímetros.

3.8.7.3. Ensayo del embudo en V

A continuación, tenemos el procedimiento del ensayo del embudo V, previo a iniciar se limpiará el embudo además de la compuerta de la base y se humedece la superficie interior, incluida la cara de la compuerta que tendrá contacto con el concreto. Se gira la compuerta sellando la base y vierte el concreto dentro del embudo de forma continúa evitando interrupciones, se debe evitar agitaciones y compactaciones mecánicas, luego se debe enrasar el concreto con la parte superior del embudo V haciendo uso de la barra para nivelarlo con los bordes más largos. Haciendo uso de un recipiente para y tras dejar reposar entre 8 a 12 segundos se deja fluir el concreto abriendo la compuerta de forma rápida y se mide el tiempo t_v , se aproxima este valor al decimal más cercano. El tiempo se toma desde que la compuerta es abierta hasta que se puede ver a través de la boca del embudo el recipiente colocado para recepcionar el concreto. El tiempo t_v es el tiempo de flujo del embudo en V.

El flujo del concreto del embudo tiene que ser continuo. Si se notase un bloqueo el ensayo deberá repetirse. Si llegara a producirse nuevamente un bloqueo el concreto carece de viscosidad además de la capacidad de llenado necesarias en el concreto autocompactante. Al notarse el bloqueo se debe indicar el mismo en el informe.

La muestra será de al menos 12 litros de concreto y debe obtenerse mediante el procedimiento indicado en la norma EN 12350-1.



IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

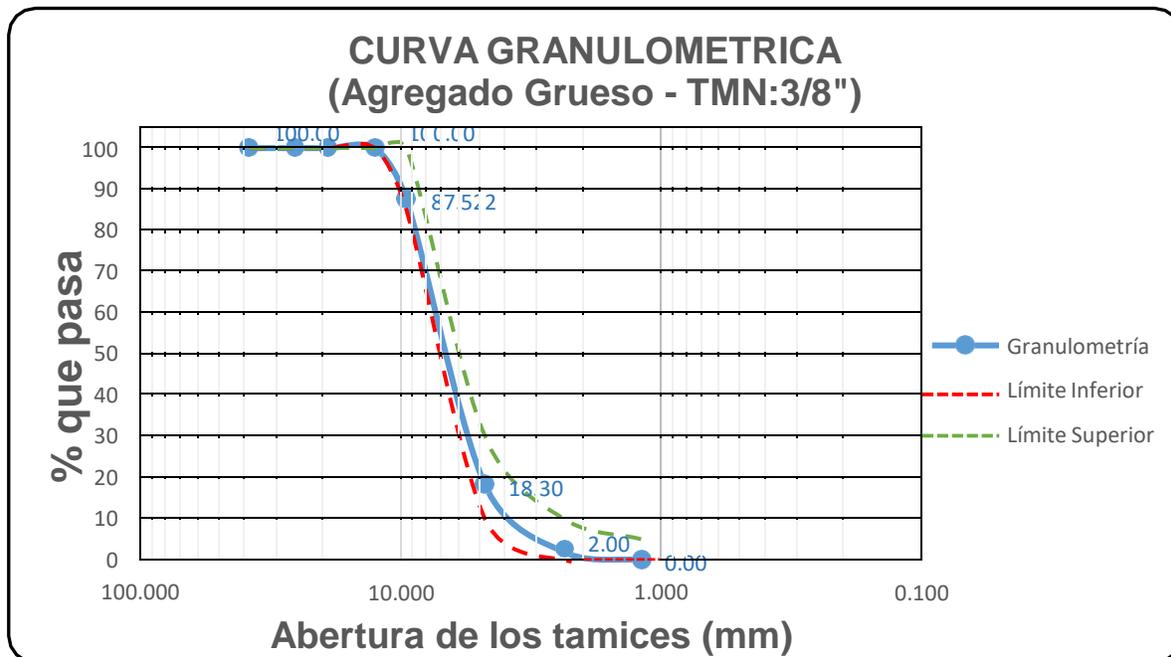
4.1.1. Resultados de los ensayos realizados a los agregados utilizados

4.1.1.1. Agregado Grueso

Los resultados de las características del Agregado Grueso utilizado en laboratorio son los siguientes:

Tabla 31: Ensayos del Agregado Grueso

	RESULTADOS	
Tamaño Máximo nominal	3/8"	1/2"
Peso Unitario Varillado (kg/m ³)	1637.71	1618.60
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1494.02	1484.22
Peso Específico (gr/cm ³)	2.75	2.75
Absorción (%)	0.33	0.31
Contenido de Humedad (%)	0.36	0.39



Fuente: Elaboracion Propia , 2020

Figura 25: Curva Granulométrica (Agregado Grueso – TMN: 3/8")

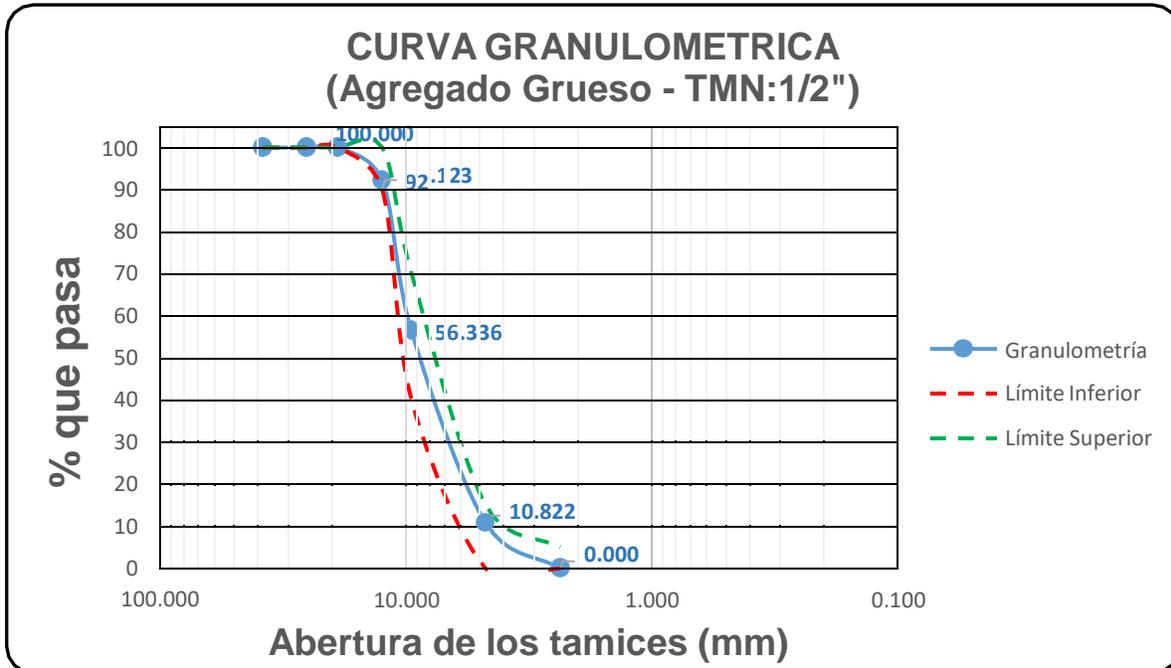


Figura 26: Curva Granulométrica (Agregado Grueso – TMN: 1/2”)

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

4.1.1.2. Agregado Fino

Los resultados de las características del Agregado Fino utilizado en laboratorio son los siguientes:

Tabla 32: Ensayos del Agregado Fino

DESCRIPCION	RESULTADOS
Módulo de Fineza	2.49
Peso Unitario Varillado (kg/m ³)	1864.81
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1605.33
Peso Específico (gr/cm ³)	2.78
Absorción (%)	1.28
Contenido de Humedad (%)	0.52

Fuente: Elaboración Propia , 2020

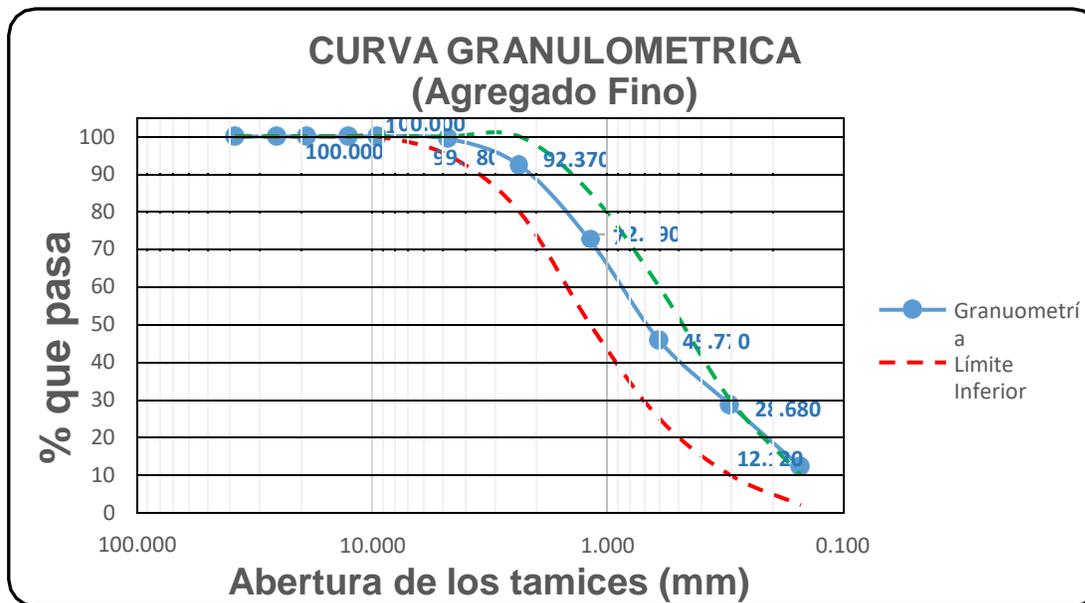


Figura 27: Curva Granulométrica (Agregado Grueso – TMN: 3/8")

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

4.1.1.3. Peso Unitario de la Combinación de los Agregados

Tabla 33: Ensayo de Peso Unitario de la Combinación de Agregados (TMN:3/8")

Peso unitario compactado (kg/m ³)	Proporción de agregados	
	Agregado fino (%)	Agregado grueso – TMN: 3/8" (%)
1925.44	50	50
1913.21	52	48
1917.11	54	46
1919.46	56	44
1921.17	58	42

Fuente: Elaboración Propia , 2020

Tabla 34: Ensayo de Peso Unitario de la Combinación de Agregados (TMN:1/2")

Peso unitario compactado (kg/m ³)	Proporción de agregados	
	Agregado fino (%)	Agregado grueso – TMN: 1/2" (%)
1917.81	50	50
1919.77	52	48
1923.41	54	46
1913.54	56	44
1910.11	58	42

Fuente: Elaboración Propia , 2020



Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

4.1.2. Proporción del diseño de mezcla

4.1.2.1. Primera Evaluación

- Dosificación en peso para 1 m³– concreto 350 kg/cm² – TMN: 3/8" (0 % Nanosílice)

Tabla 35: Dosificación de mezcla TMN:3/8" – 0%
Nanosílice

Descripción	Resultado
Cemento	575.758 kg/m ³
Agua	233.686 lt/m ³
Ag. Fino	782.448 kg/m ³
Ag. Grueso	788.349 kg/m ³

Fuente: Elaboración Propia , 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

Apreciación:

De la dosificación en peso de la Tabla 35 se determina que para el Concreto Patrón (0% Nanosílice) es 1: 1.36 : 1.37 / 17.43 lt/bls; y la relación agua/cemento es de 0.40.

- Dosificación en peso para 1 m³– concreto 350 kg/cm² – TMN: 3/8" (0.5% Nanosílice)

Tabla 36: Dosificación de mezcla TMN:3/8" – 0.5%
Nanosílice

Descripción	Resultado
Cemento	575.758 kg/m ³
Agua	208.860 lt/m ³
Ag. Fino	774.064 kg/m ³
Ag. Grueso	764.492 kg/m ³
Nanosílice	2.879 kg/m ³

Fuente: Elaboración Propia , 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

- Dosificación en peso para 1 m³– concreto 350 kg/cm² – TMN: 3/8" (1.5% Nanosílice)

Tabla 37: Dosificación de mezcla TMN:3/8" – 1.5%
Nanosílice

Descripción	Resultado
Cemento	575.758 kg/m ³
Agua	193.123 lt/m ³



Ag. Fino	760.092 kg/m ³
Ag. Grueso	750.693 kg/m ³
Nanosílice	8.636 kg/m ³

Fuente: Elaboración Propia , 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

- Dosificación en peso para 1 m³– concreto 350 kg/cm² – TMN: 3/8" (3% Nanosílice)

Tabla 38: Dosificación de mezcla TMN:3/8" – 3% Nanosílice

Descripción	Resultado
Cemento	575.758 kg/m ³
Agua	178.070 lt/m ³
Ag. Fino	740.531 kg/m ³
Ag. Grueso	728.614 kg/m ³
Nanosílice	17.273 kg/m ³

Fuente: Elaboración Propia , 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

- Dosificación en peso para 1 m³– concreto 350 kg/cm² – TMN: 1/2" (0 % Nanosílice)

Tabla 39: Dosificación de mezcla TMN:1/2" – 0% Nanosílice

Descripción	Resultado
Cemento	545.45 kg/m ³
Agua	222.082 lt/m ³
Ag. Fino	883.048 kg/m ³
Ag. Grueso	745.396 kg/m ³

Fuente: Elaboración Propia , 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

Apreciación:

De la dosificación en peso de la Tabla 39 se determina que para el Concreto Patrón (0% Nanosílice) es 1: 1.62 : 1.37 / 17.43 lt/bls; y la relación agua/cemento es de 0.40.

- Dosificación en peso para 1 m³– concreto 350 kg/cm² – TMN: 1/2" (0.5% Nanosílice)



Tabla 40: Dosificación de mezcla TMN:1/2" – 0.5% Nanosílice

Descripción	Resultado
Cemento	545.45 kg/m ³
Agua	197.607 lt/m ³
Ag. Fino	874.665 kg/m ³
Ag. Grueso	739.874 kg/m ³
Nanosílice	2.73 kg/m ³

Fuente: Elaboración Propia , 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

- Dosificación en peso para 1 m³– concreto 350 kg/cm² – TMN: 1/2" (1.5% Nanosílice)

Tabla 41: Dosificación de mezcla TMN:1/2" – 1.5% Nanosílice

Descripción	Resultado
Cemento	545.45 kg/m ³
Agua	186.440 lt/m ³
Ag. Fino	863.487 kg/m ³
Ag. Grueso	723.31 kg/m ³
Nanosílice	8.18 kg/m ³

Fuente: Elaboración Propia , 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

- Dosificación en peso para 1 m³– concreto 350 kg/cm² – TMN: 1/2" (3% Nanosílice)

Tabla 42: Dosificación de mezcla TMN:1/2" – 3% Nanosílice

Descripción	Resultado
Cemento	545.45 kg/m ³
Agua	168.771 lt/m ³
Ag. Fino	838.337 kg/m ³
Ag. Grueso	706.746 kg/m ³
Nanosílice	16.36 kg/m ³

Fuente: Elaboración Propia, 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.



4.1.2.2. Segunda Evaluación

- Dosificación en peso para 1 m³– concreto 350 kg/cm² – TMN: 3/8" (1.7% Nanosílice)

Tabla 43: Dosificación de mezcla TMN:3/8" – 1.7% Nanosílice

Descripción	Resultado
Cemento	575.758 kg/m ³
Agua	188.670 lt/m ³
Ag. Fino	757.298 kg/m ³
Ag. Grueso	747.933 kg/m ³
Nanosílice	9.79 kg/m ³

Fuente: Elaboración Propia, 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

- Dosificación en peso para 1 m³– concreto 350 kg/cm² – TMN: 3/8" (2% Nanosílice)

Tabla 44: Dosificación de mezcla TMN:3/8" – 2% Nanosílice

Descripción	Resultado
Cemento	575.758 kg/m ³
Agua	183.276 lt/m ³
Ag. Fino	753.106 kg/m ³
Ag. Grueso	743.793 kg/m ³
Nanosílice	11.52 kg/m ³

Fuente: Elaboración Propia, 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

4.1.3. Resultados de los ensayos del concreto autocompactante en estado fresco

4.1.3.1. Primera Evaluación

4.1.3.1.1. Ensayo de Extensión de Flujo

- A continuación se presentan los resultados de concreto F'c : 350 Kg/cm² con A.G de 3/8" en estado fresco.



Tabla 45: Resumen de Ensayo de Extensión de Flujo con A.G de TMN:3/8"

METODO	UNIDAD	Porcentaje de Nanosilíce		
		0.5 %	1.5%	3%
Flujo de Asentamiento T 50 cm	Segundos	8.5	4.2	4.8
Flujo de Asentamiento	mm	777	757	910

Fuente: Elaboración Propia, 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

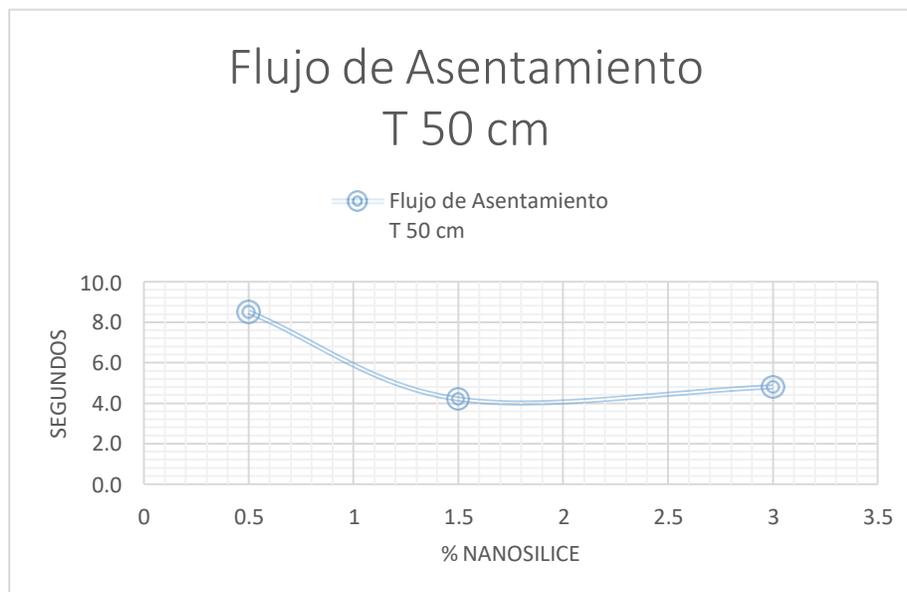


Figura 28: Ensayo Flujo de Asentamiento T 50 cm. – A.G. de TMN:3/8"

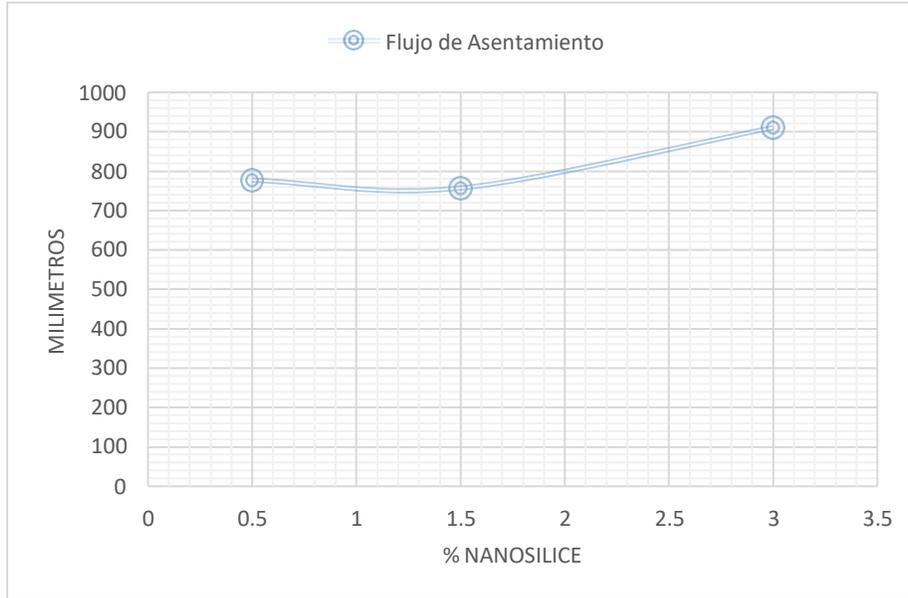


Figura 29: Ensayo Flujo de Asentamiento – A.G. de TMN:3/8”

- A continuación se presentan los resultados de concreto F’c : 350 Kg/cm2 con A.G de 1/2" en estado fresco.

Tabla 46: Resumen de Ensayo de Extensión de Flujo con A.G de TMN:1/2"

METODO	UNIDAD	Porcentaje de Nanosílice		
		0.5 %	1.5%	3%
Flujo de Asentamiento T 50 cm	Segundos	10.5	4.5	4.5
Flujo de Asentamiento	mm	608	725	900

Fuente: Elaboración Propia, 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

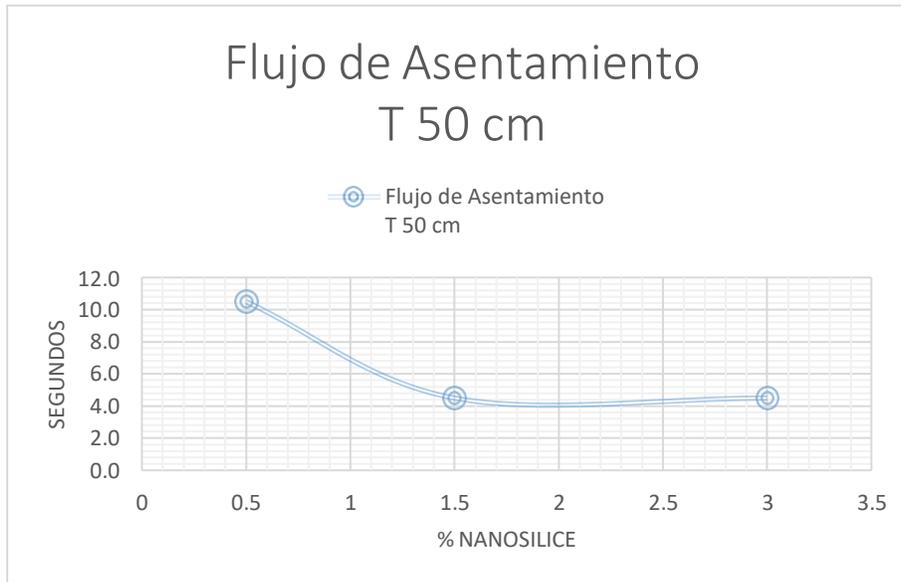


Figura 30: Ensayo Flujo de Asentamiento T 50 cm. – A.G.de TMN:1/2”

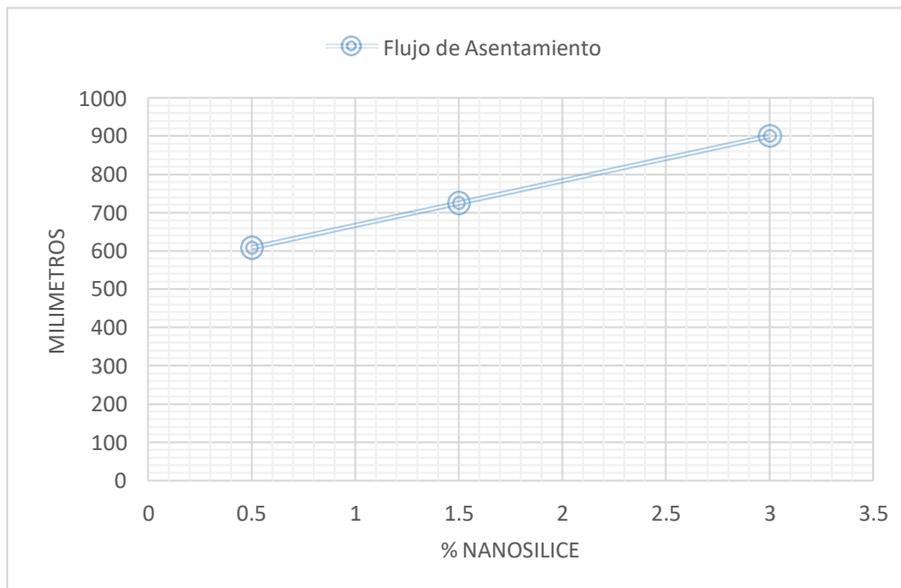


Figura 31: Ensayo Flujo de Asentamiento – A.G.de TMN:1/2”



4.1.3.1.2. Ensayo del Embudo V

- A continuación se presentan los resultados de concreto F'c : 350 Kg/cm² con A.G de 3/8" en estado fresco.

Tabla 47: Resumen de Ensayo de Embudo V con A.G de TMN:3/8"

METODO	UNIDAD	Porcentaje de Nanosilíce		
		0.5%	1.5%	3%
EMBUDO V	Segundos	11.2	8.5	17.0

Fuente: Elaboración Propia, 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

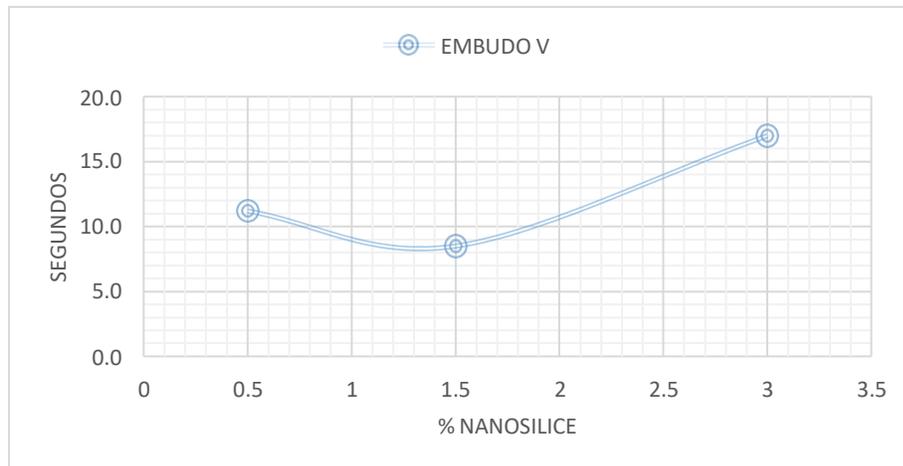


Figura 32: Ensayo Embudo V – A.G.de TMN:3/8"

- A continuación se presentan los resultados de concreto F'c : 350 Kg/cm² con A.G de 1/2" en estado fresco.



Tabla 48: Resumen de Ensayo de Embudo V con A.G de TMN:1/2"

METODO	UNIDAD	Porcentaje de Nanosilíce		
		0.5%	1.5%	3%
EMBUDO V	Segundos	15.3	8.3	11.7

Fuente: Elaboración Propia , 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

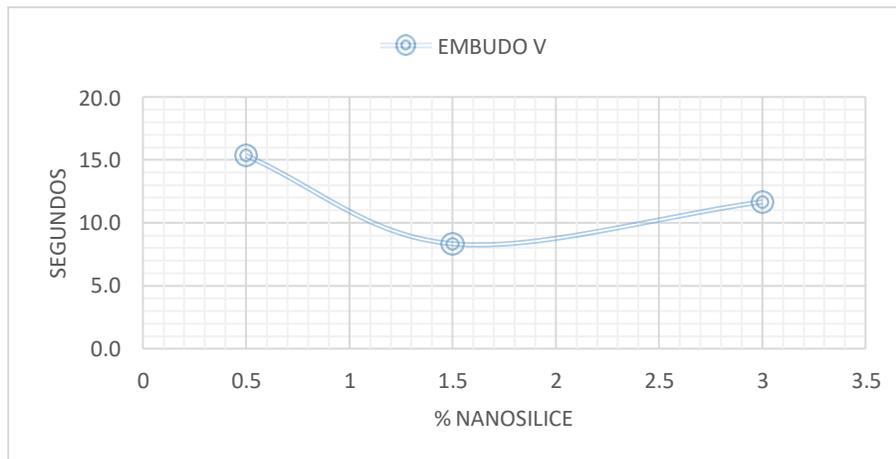


Figura 33: Ensayo Embudo V – A.G.de TMN:1/2"

4.1.3.1.3. Ensayo de la Caja L

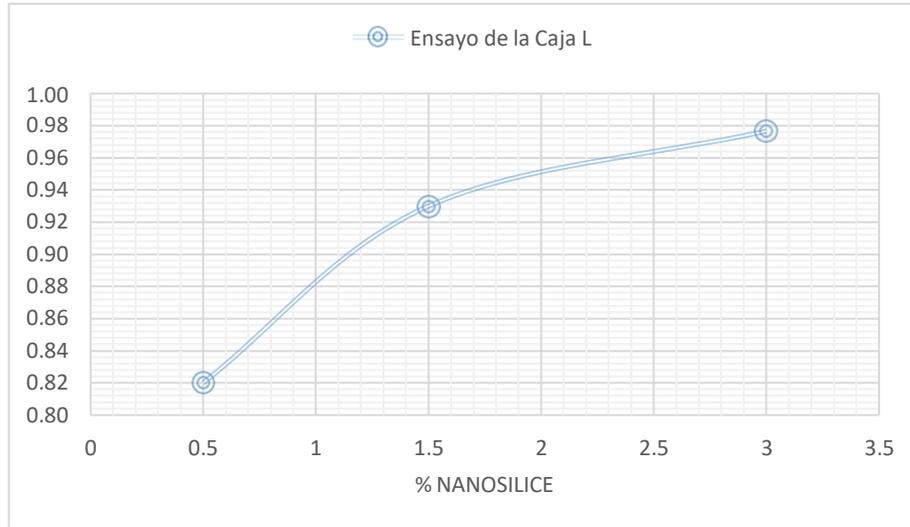
- A continuación se presentan los resultados de concreto F'c : 350 Kg/cm² con A.G de 3/8" en estado fresco.

Tabla 49: Resumen de Ensayo de Caja L con A.G de TMN:3/8"

METODO	UNIDAD	Porcentaje de Nanosilíce		
		0.5%	1.5%	3%
CAJA L	-	0.82	0.93	0.98

Fuente: Elaboración Propia, 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.



- A continuación se presentan los resultados de concreto F'c : 350 Kg/cm² con A.G de 1/2" en estado fresco.

Tabla 50: Resumen de Ensayo de Caja L con A.G de TMN:1/2"

METODO	UNIDAD	Porcentaje de Nanosilice		
		0.5%	1.5%	3%
CAJA L	-	0.88	0.94	0.98

Fuente: Elaboración Propia, 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

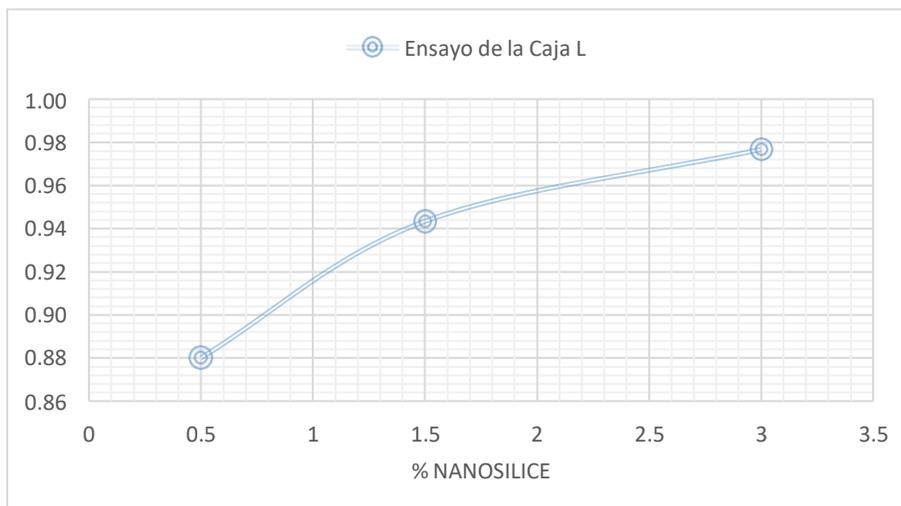


Figura 35: Ensayo de la Caja L – A.G. de TMN:1/2"



Interpretación:

Se determinó el asentamiento, extensibilidad, consistencia y capacidad de paso de las mezclas de concreto con a/c:0.40 y con Agregado grueso de TMN: 3/8" Y 1/2", según la normativa vigente. Siendo las muestras T415 Y M415 la que obtuvieron resultados óptimos dentro de los parámetros establecidos, para los ensayos de Asentamiento, Embudo V y Caja L, respectivamente. De igual manera aún se realizan los ensayos de resistencia a la compresión para las muestras T405, T430, M405 y M430, para evaluar su comportamiento frente a un concreto autocompactante.

4.1.3.2. Segunda Evaluación

4.1.3.2.1. Ensayo de Extensión de Flujo

- A continuación se presentan los resultados de concreto $F'c : 350 \text{ Kg/cm}^2$ con A.G

de 3/8" en estado fresco.

Tabla 51: Resumen de Ensayo de Extensión de Flujo con A.G de TMN:3/8"

METODO	UNIDAD	Porcentaje de Nanosílice		
		1.5 %	1.7%	2%
Flujo de Asentamiento T 50 cm	Segundos	4.2	4.2	4.8
Flujo de Asentamiento	mm	757	787	800

Fuente: Elaboración Propia, 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos

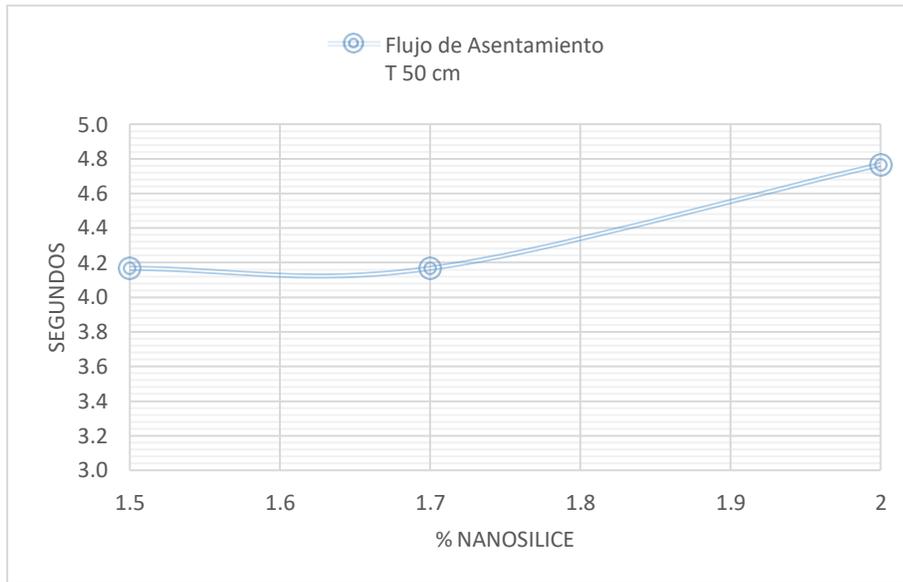


Figura 36: Ensayo Flujo de Asentamiento T 50 cm. – A.G. de TMN:3/8”

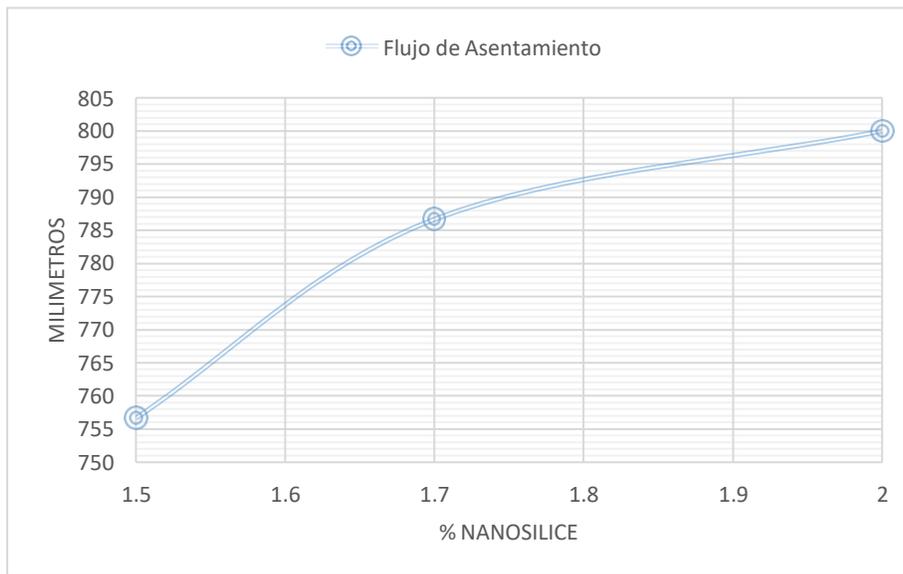


Figura 37: Ensayo Flujo de Asentamiento– A.G. de TMN:3/8”



4.1.3.2.2. Ensayo del Embudo V

- A continuación se presentan los resultados de concreto F'c : 350 Kg/cm² con A.G de 3/8" en estado fresco.

Tabla 52: Resumen de Ensayo de Embudo V con A.G de TMN:3/8"

METODO	UNIDAD	Porcentaje de Nanosílice		
		1.5%	1.7%	2%
EMBUDO V	Segundos	8.5	10.8	11.2

Fuente: Elaboración Propia , 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

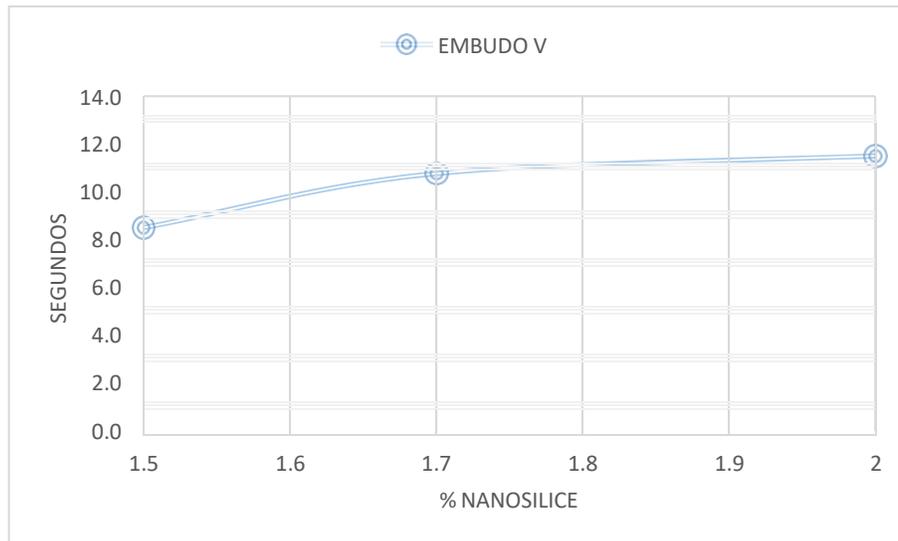


Figura 37: Ensayo Embudo V - A.G. de TMN:3/8"



4.1.3.2.3. Ensayo de la Caja L

- A continuación se presentan los resultados de concreto F'c : 350 Kg/cm² con A.G de 3/8" en estado fresco.

Tabla 53: Resumen de Ensayo de Caja L con A.G de TMN:3/8"

METODO	UNIDAD	Porcentaje de Nanosílice		
		1.5%	1.7%	2%
CAJA L	-	0.93	0.99	1.00

Fuente: Elaboración Propia, 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

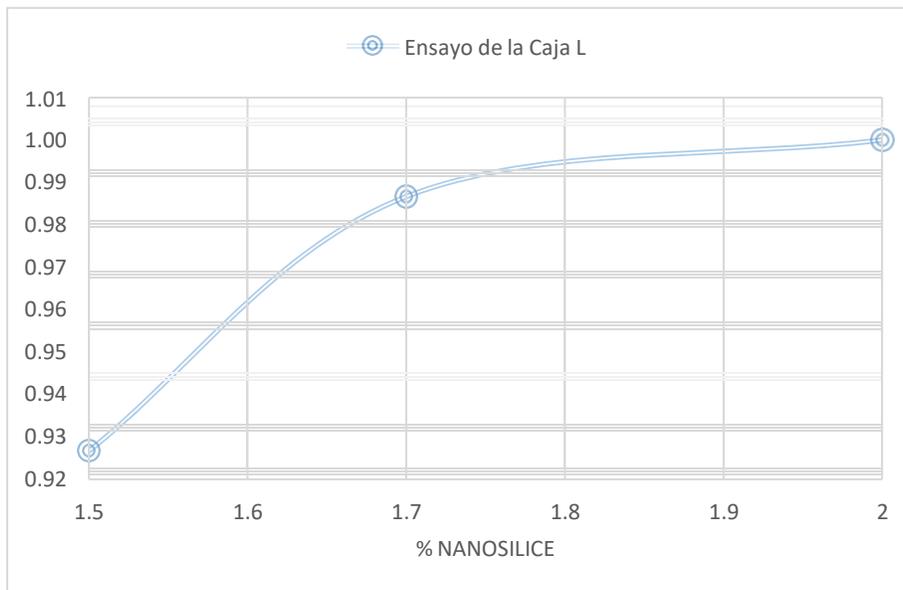


Figura 38: Ensayo en Caja L - A.G. de TMN:3/8"

Interpretación:

Según las tablas 52, 53 y 54, se determinó que las muestras evaluadas (M415, M417 y M420) cumplen con los parámetros establecidos, para los ensayos de Asentamiento, Embudo V y Caja L, respectivamente. Dándose la evaluación de estos últimos producto del buen comportamiento que obtuvo en la resistencia a la compresión para la muestra M415 (concreto autocompactante con agregado



grueso de TMN: 3/8") frente a T415 (concreto autocompactante con agregado grueso de TMN: 1/2").

4.1.4. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión

4.1.4.1. Primera Evaluación

En primera instancia se realizó el análisis de la adición de nanosílice al 0.5%, 1.5% y 3% a un concreto autocompactante de $f'c=350$ kg/cm², para mezclas con agregado grueso de Tamaño Máximo Nominal de 3/8" y 1/2", en este numeral se presentan los resultados de los especímenes evaluados a los 7 días, 14 días y a los 28 días con el fin de encontrar el porcentaje ideal para el incremento de la resistencia del tipo de concreto. De igual manera que el resultado del aumento de resistencia mencionado sea compatible con la óptima caracterización de un concreto autocompactante. Se realizó la evaluación de las siguientes muestras: T400: Muestra Patrón con Agregado Grueso de TMN:3/8"

T405: Muestra con adición de 0.5% de Nanosílice con Agregado Grueso de TMN:3/8"

T415: Muestra con adición de 1.5% de Nanosílice con Agregado Grueso de TMN:3/8"

T430: Muestra con adición de 3% de Nanosílice con Agregado Grueso de TMN:3/8"

M400: Muestra Patrón con Agregado Grueso de TMN:1/2"

M405: Muestra con adición de 0.5% de Nanosílice con Agregado Grueso de TMN:1/2"

M415: Muestra con adición de 1.5% de Nanosílice con Agregado Grueso de TMN:1/2"

M430: Muestra con adición de 3% de Nanosílice con Agregado Grueso de TMN:1/2"

En las siguientes tablas se presentan los valores obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión, realizados en el laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Nacional del Santa.

4.1.4.1.1. Resistencias a la compresión de concreto $f'c=350$ kg/cm² con A.G. de TMN: 3/8"

Tabla 54: Valores de resistencia a la compresión según edad – TMN: 3/8"

Mezcla	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
--------	---



	Edad (días)		
	7	14	28
T400	304.23	373.24	426.75
T405	404.62	469.46	559.68
T415	492.94	587.68	674.96
T430	382.53	456.70	520.32

Fuente: Elaboración Propia, 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

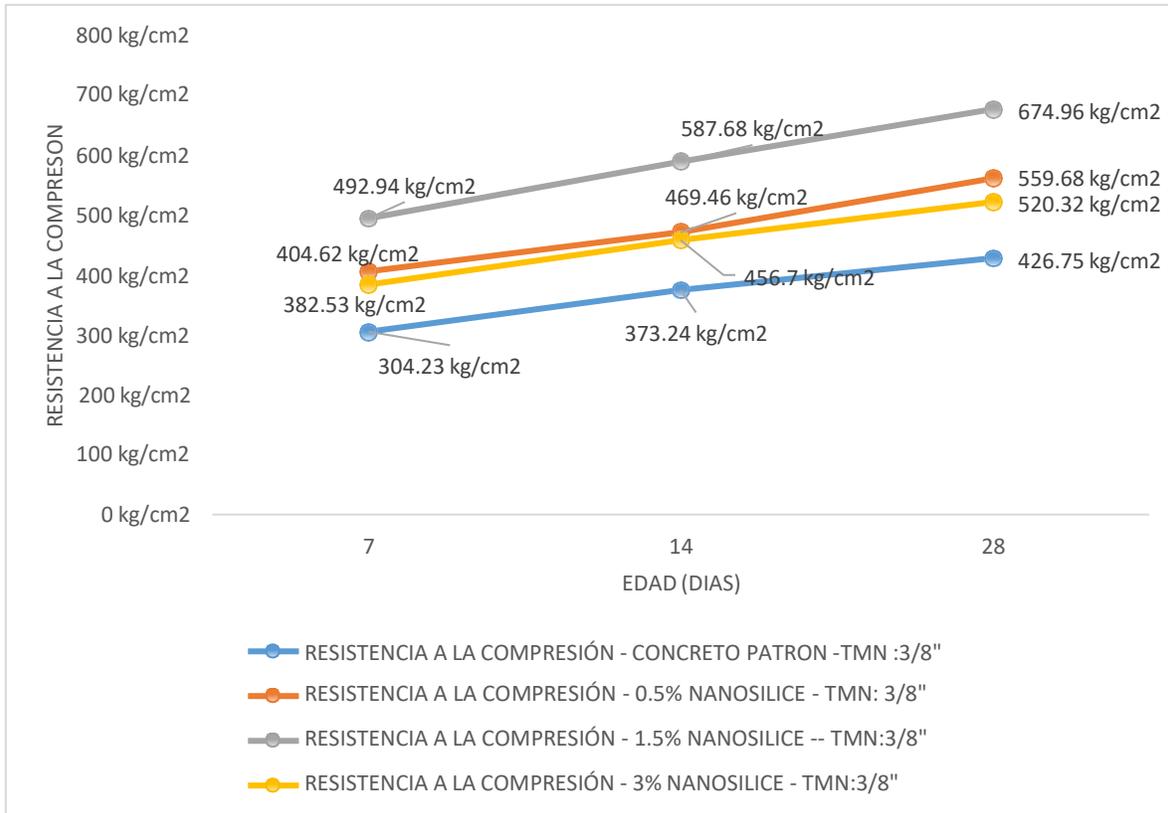


Figura 39: Resistencia a la compresión - A.G. de TMN:3/8"

Apreciación:

Según la Tabla 54 nos demuestra una resistencia a la compresión de 674.96 kg/cm² (representando el 155.52% de la resistencia requerida), para una mezcla de concreto autocompactante diseñada a un $f'c=350$ kg/cm², siendo está la que obtuvo una mayor resistencia para las mezclas evaluadas con adición 0.5%, 1.5% y 3% de Nanosilice, un a/c:0.40, y con Agregado grueso de TMN: 3/8". Teniendo en cuenta que la muestra T415 cumple con la caracterización autocompactante según los ensayos del concreto en estado fresco, realizados previamente.



4.1.4.1.2. Resistencias a la compresión de concreto $f'c=350\text{kg/cm}^2$ con A.G. de TMN: 1/2"

Tabla 55: Valores de resistencia a la compresión según edad – TMN: 1/2"

Mezcla	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)		
	Edad (días)		
	7	14	28
M400	309.35	384.57	428.92
M405	391.04	477.70	583.51
M415	465.29	556.30	643.28
M430	348.02	424.76	489.08

Fuente: Elaboración Propia, 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

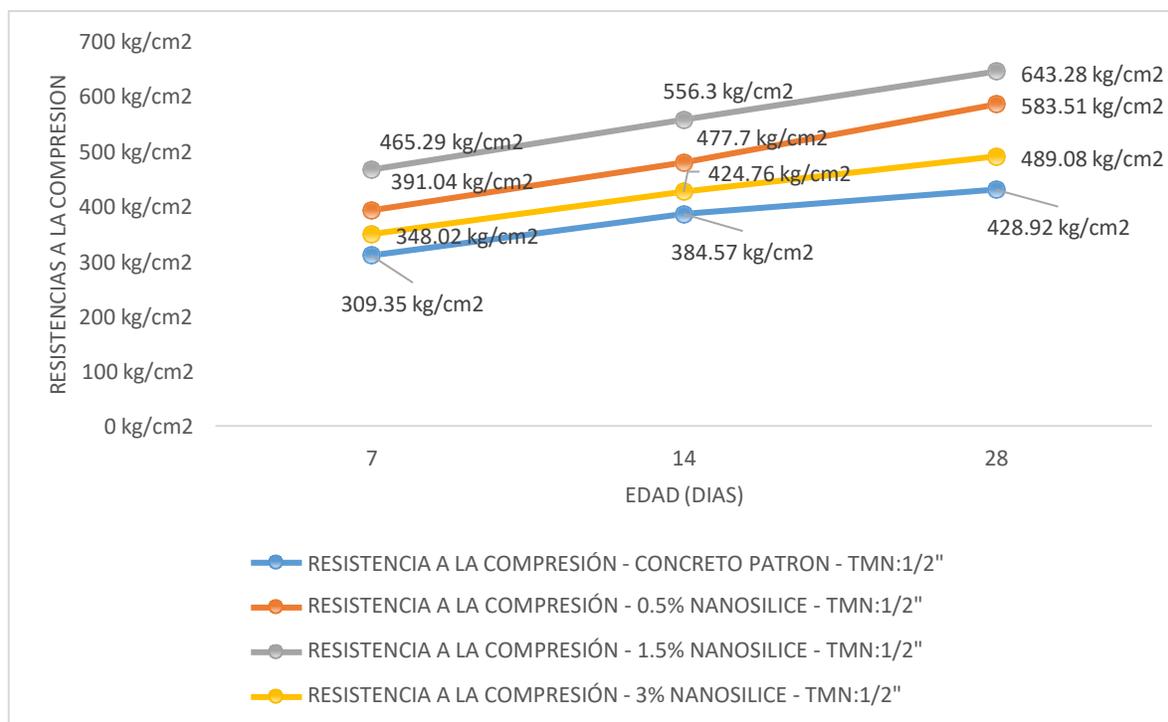


Figura 40: Resistencia a la compresión - A.G.de TMN:1/2"



Apreciación:

Según la Tabla 55 nos demuestra una resistencia a la compresión de 643.28 kg/cm² (representando el 148.22% de la resistencia requerida), para una mezcla de concreto autocompactante diseñada a un $f'c=350$ kg/cm², siendo esta la que obtuvo una mayor resistencia para las mezclas evaluadas con adición 0.5%, 1.5% y 3% de Nanosílice, un a/c:0.40, y con Agregado grueso de TMN: 1/2". Teniendo en cuenta que la muestra M415 cumple con la caracterización autocompactante según los ensayos del concreto en estado fresco, realizados previamente.

Asimismo, realizando la comparación entre las muestras T415 y M415, las cuales obtuvieron un mayor valor de resistencia a la compresión para cada tipo de Agregado Grueso, se determina que un concreto autocompactante con agregado grueso de TMN:3/8" bajo las condiciones de adición de 1.5% de Nanosílice del peso del Cemento y un a/c:0.40, según este estudio, obtiene un mayor valor. Por lo que se realiza una segunda evaluación para concretos con adición de 1.7% y 2% de Nanosílice en las muestras respectivas, con el fin de encontrar el porcentaje óptimo de Nanosílice que obtenga la mejor Resistencia a la Compresión y a su vez cumpla con los parámetros de caracterización autocompactable.

4.1.4.2. Segunda Evaluación

T417: Muestra con adición de 1.7% de Nanosílice con Agregado Grueso de TMN:3/8"

T420: Muestra con adición de 2% de Nanosílice con Agregado Grueso de TMN:3/8"

Tabla 56: Valores de resistencia a la compresión según edad – TMN: 3/8"

Mezcla	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)		
	Edad (días)		
	7	14	28
T415	492.94	587.68	674.96
T417	517.37	607.60	704.04
T420	413.17	486.99	572.36

Fuente: Elaboración Propia, 2020

Los datos calculados y los procesos de los ensayos se encuentran en los Anexos.

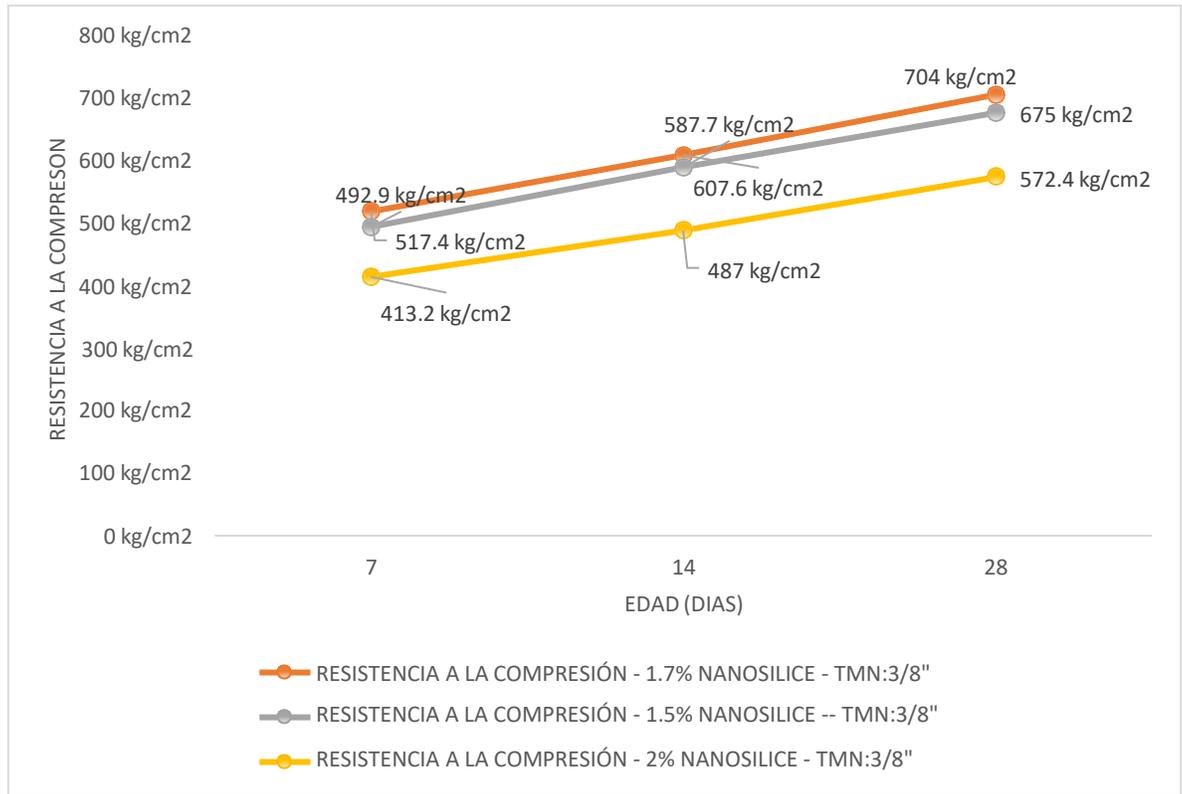


Figura 41: Resistencia a la compresión - A.G. de TMN:3/8"

Apreciación:

Según la Tabla 56 nos demuestra una resistencia a la compresión de 704.04 kg/cm² a los 28 días de curado (representando el 162.22% de la resistencia requerida), para una mezcla de concreto autocompactante diseñada a un $f'c=350$ kg/cm², siendo está la que obtuvo una mayor resistencia para las mezclas evaluadas con adición 1.5%, 1.7% y 2% de Nanosílice, un a/c:0.40, y con Agregado grueso de TMN: 3/8". Teniendo en cuenta que la muestra T417 cumple con la caracterización autocompactante según los ensayos del concreto en estado fresco, realizados previamente.

Asi mismo, se indica que con una adición de 2% de Nanosílice (muestra T420), se mantiene la caracterización autocompactante, sin embargo, la resistencia a la compresión para esta muestra es menor a la de la muestra T417.



4.1.5. Análisis Estadístico

La elaboración y posterior ensayo de resistencia a la compresión a las muestras de concreto planteadas en la investigación, proporcionó un resultado favorable en la dosificación con adición de 1.7% de Nanosílice para un concreto autocompactante (CAC) con una resistencia de diseño: $f'c=350$ kg/cm²; como se sustenta en los resultados del numeral: "4.1.4.2. Segunda Evaluación". Por ello se planteó la elaboración de 30 testigos de concreto adicionales de la dosificación indicada líneas arriba, para el cálculo estadístico siguiente:

Tabla 57: Testigos de concreto autocompactante $f'c=350$ kg/cm² con adición de 1.7% Nanosílice a los 28 días.

TESTIGO DE CONCRETO	TIEMPO DE CURADO (DIAS)	ALTURA (CM)	DIÁMETRO (CM)	ÁREA (CM ²)	CARGA (KG)	Resistencia a la Compresión (KG/CM ²)
T.C-1	28	30	15.00	176.71	125261	708.83
T.C-2	28	30	15.00	176.71	124685	705.57
T.C-3	28	30	15.00	176.71	126349	714.99
T.C-4	28	30	15.00	176.71	125284	708.96
T.C-5	28	30	15.00	176.71	124427	704.11
T.C-6	28	30	15.00	176.71	124296	703.37
T.C-7	28	30	15.00	176.71	123115	696.69
T.C-8	28	30	15.00	176.71	123297	697.72
T.C-9	28	30	15.00	176.71	123714	700.08
T.C-10	28	30	15.00	176.71	124974	707.21
T.C-11	28	30	15.00	176.71	125879	712.33
T.C-12	28	30	15.00	176.71	123552	699.16
T.C-13	28	30	15.00	176.71	125492	710.14
T.C-14	28	30	15.00	176.71	125545	710.44
T.C-15	28	30	15.00	176.71	122442	692.88
T.C-16	28	30	15.00	176.71	122732	694.52
T.C-17	28	30	15.00	176.71	126271	714.55
T.C-18	28	30	15.00	176.71	126063	713.37
T.C-19	28	30	15.00	176.71	126556	716.16
T.C-20	28	30	15.00	176.71	124969	707.18
T.C-21	28	30	15.00	176.71	123554	699.17
T.C-22	28	30	15.00	176.71	124269	703.22
T.C-23	28	30	15.00	176.71	124464	704.32
T.C-24	28	30	15.00	176.71	122960	695.81



T.C-25	28	30	15.00	176.71	124739	705.88
T.C-26	28	30	15.00	176.71	122854	695.21
T.C-27	28	30	15.00	176.71	123955	701.44
T.C-28	28	30	15.00	176.71	124879	706.67
T.C-29	28	30	15.00	176.71	122317	692.17
T.C-30	28	30	15.00	176.71	124554	704.83

Fuente: Elaboración Propia, 2020

Tabla 58: Resultados de la Estadística Descriptiva de las Muestras de Concreto Autocompactante de $f'c=350$ kg/cm² con adición de 1.7% Nanosílice.

Estadística Descriptiva	
Media	704.2
Desviación Estándar	6.84
Coeficiente de Variación	0.97
Máximo	716.16
Mínimo	692.17
Muestra	30

Fuente: Elaboración Propia , 2020

Tabla 59: Frecuencia de Concreto Autocompactante de $f'c=350$ kg/cm² con adición de 1.7% Nanosílice

Intervalo	Frecuencia
<692.17, 696.16>	5
<696.16, 700.16>	5
<700.16,704.16>	4
<704.16,708.16>	7
<708.16,712.16>	4
<712.16,716.16>	4

Fuente: Elaboración Propia , 2020

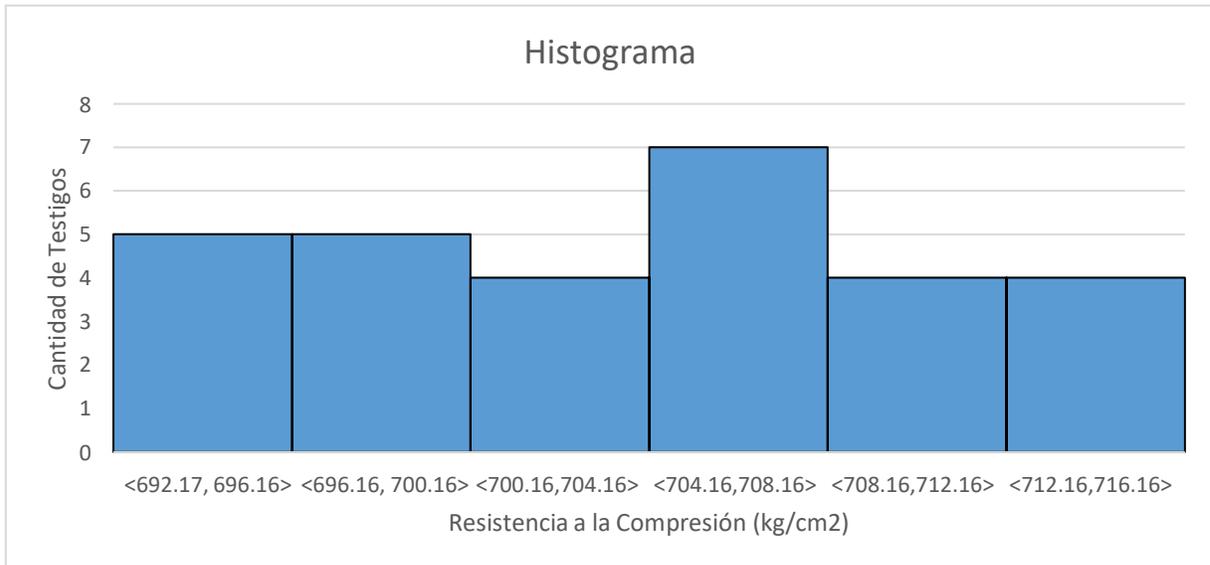


Figura 42: Histograma de resistencias de concreto autocompactante $f'c=350$ kg/cm² con adición de 1.7% Nanosílce a los 28 días.

De estos límites de aceptación se determina que tenemos una desviación estándar excelente, obteniendo $6.84 < 14.1$; y un coeficiente de variación de: $0.97 < 2.0$, cumpliendo de esta manera con lo establecido en la normativa vigente.

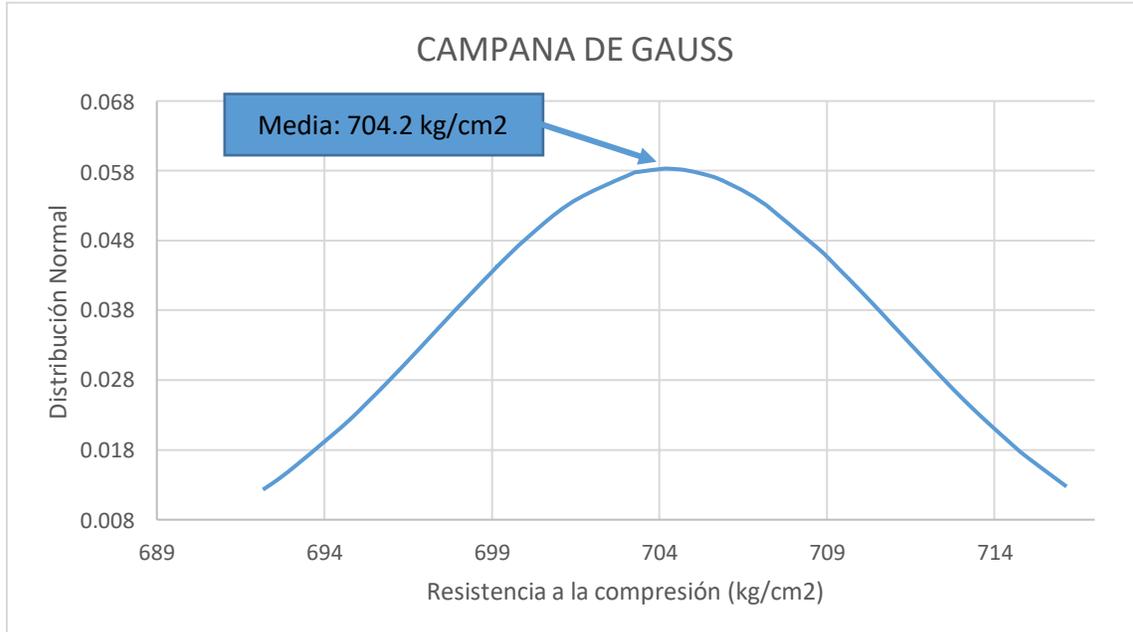


Figura 43: Curva de distribución normal: resistencias de concreto autocompactante $f'c=350$ kg/cm² con adición de 1.7% Nanosílce a los 28 días.



Del gráfico de distribución normal se dice lo siguiente:

- Existe la probabilidad de que el 68.27% de los testigos de concreto autocompactante con 1.7% de nanosílice tengan una resistencia a la compresión entre 697.39 kg/cm² y 711.07 kg/cm² a la edad de curado de 28 días.
-
- Existe la probabilidad de que el 95.45% de los testigos de concreto autocompactante con 1.7% de nanosílice tengan una resistencia a la compresión entre 690.55 kg/cm² y 717.92 kg/cm² a la edad de curado de 28 días.
- Existe la probabilidad de que el 99.73% de los testigos de concreto autocompactante con 1.7% de nanosílice tengan una resistencia a la compresión entre 683.71 kg/cm² y 724.76 kg/cm² a la edad de curado de 28 días.

(Nieto, 2015,) en su tesis doctoral "Estudio del hormigón autocompactante con árido reciclado", utiliza hasta 6 tipos de dosificaciones de concretos autocompactantes, por un lado, tres muestras con relaciones a/c efectivas de 0.45, 0.50 y 0.55; y por otro con una relación a/c=0.45 pero diferentes relaciones a/c efectivas, en todas esas muestras se utilizó diversos porcentajes de árido grueso reciclado. Obteniendo un mayor valor de resistencia a la compresión en las muestras con un menor valor en la relación a/c. Jugando un rol muy importante las características de absorción y saturación de los agregados al momento del mezclado, dado que en este procedimiento para encontrar el contenido de agua que le corresponde a la tanda de concreto que incluye un aditivo superplastificante, se tantea vertiendo el agua de a pocos antes que encuentre su punto límite y empiece la segregación visible de la mezcla.

En esta presente investigación se realiza el diseño con una relación a/c=0.4 sin embargo, por las propias características de los agregados y los diferentes porcentajes de Aditivo Superplastificante (reductor de agua), genera una relación a/c efectiva diferente en cada dosificación evaluada, dado al mismo procedimiento de obtención del contenido de agua que la investigación de antecedente; que influye en la consistencia de la muestra y su caracterización autocompactante, además en influir en la resistencia a la compresión.

(González, Landaverdey Romero, 2005), en su tesis "Concreto autocompactable: Propuesta para el diseño de mezcla, beneficios técnicos y consideraciones básicas para su implementación en el Salvador" pretendió determinar una propuesta de diseño de mezcla de Concreto Autocompactante con los recursos disponibles de su entorno, además, concluyó que el agregado con TMN de 3/8" definió características beneficiosas en la obtención de propiedades autocompactantes. De igual manera trabajó con volúmenes de 30% y 70% de agregado grueso y fino respectivamente con el cual obtuvo mayor fluidez y estabilidad, para sus propiedades del concreto en estado fresco.



Para nuestra investigación se evaluó el comportamiento en muestras con Agregado Grueso de Tamaño máximo nominal de 1/2" y 3/8", siendo este último el que obtuvo mayores resultados positivos en los ensayos del concreto en estado fresco y endurecido; similar a la tesis mencionada en el párrafo anterior. Sin embargo, en la evaluación que consistió en realizar distintas combinaciones de agregado fino y grueso, con el fin de obtener el Peso Unitario Compactado (PUC) de mayor valor. La combinación con el mejor resultado para las muestras de TMN 3/8", fue de: 50% y 50%, de agregado grueso y agregado fino respectivamente. Siendo estas proporciones en el esqueleto granular ideales para la correcta caracterización autocompactable de la mayor cantidad de muestras evaluadas.

(Pineda,2003,) en su tesis "Diseño de mezcla de concreto autocompactante"; presentada en la Universidad Nacional de Ingeniería, analizó el comportamiento de las mezclas de concreto en estado plástico y su tendencia a compactarse. Uso para esto muestras patrón con a/c de 0.50, 0.45 y 0.40 y agregando un aditivo superplastificante (Sika Viscocrete1- Policarboxilato modificado). También se determinó que cuando a/c estaba de 0.50 a 0.40 se debía usar 1.2% de dosificación de aditivo mientras que cuando a/c estaba en 0.336 la relación se utiliza la máxima dosificación analizada, 2.0%.

De igual manera concluyó que el exceso de agua y/o dosificaciones altas de aditivo superplastificante provoca inestabilidad en las mezclas de concreto. Dado a que la disminución en la cohesión genera la segregación que no permite estar unidos los componentes de la mezcla de concreto.

En nuestra investigación se trabajó con una relación a/c=0.40. De las muestras con agregado grueso de tamaño máximo nominal (TMN) de 1/2 ", se determinó que la adición del 1.5% de Nanosílice por peso del cemento, fue el que obtuvo mayores características autocompactantes y resistencia a la compresión. Así mismo, de las muestras con agregado grueso de TMN 3/8", se determinó que el porcentaje ideal de Superplastificante fue de 1.7%; valores similares a la investigación del Sr. Pineda, a pesar que el Superplastificante utilizado fue de diferente proveedor y composición. A pesar que el porcentaje máximo permitido según las Especificaciones Técnicas de nuestro producto superplastificante era de 3% por el peso de cemento, esta proporción generaba pérdida de consistencia en de la mezcla del concreto, por lo que no contaba con la caracterización autocompactante.

(Leon,2017,) en su tesis "Las partículas de nanosílice y su influencia en la resistencia a la compresión del concreto autocompactante en la ciudad de Huancayo-2017", realizó el diseño de tres mezclas de concreto autocompactante variando sus relaciones de agua/cemento entre valores de 0.4, 0.5 y 0.6 según el ACI 211.4 para concretos de densidades de 280kg/cm² , 210 kg/cm² y 175 kg/cm². Se usó aditivo nanosílice para mejorar propiedades y características para permitir mejor trabajabilidad

Se determinó que la dosificación adecuada para una muestra de relación a/c=0.40, agregado grueso con TMN de 3/4", f'c (diseño)= 280 kg/cm², 2% de aditivo Nanosílice,



obtuvo una resistencia a la compresión a los 28 días de curado de 595 kg/cm², frente a un concreto patrón cuya resistencia a los 28 días de curado fue de: 282 kg/cm². Que equivale un crecimiento del 210.91%.

En el caso de nuestra investigación para:

a) Muestra autocompactante con relación $a/c=0.40$, agregado grueso con TMN de 3/8", $f'c$ (diseño)=350 kg/cm², con la adición de 1.7% de Nanosílice, obtuvo la mayor resistencia de: 704.04kg/cm², frente a un concreto patrón de resistencia: 426.75 kg/cm². Que equivale un crecimiento del 164.98%.

b) Muestra autocompactante con relación $a/c=0.40$, agregado grueso con TMN de 1/2", $f'c$ (diseño)=350 kg/cm², con la adición de 1.5% de Nanosílice, obtuvo la resistencia de: 643.28 kg/cm², frente a un concreto patrón de resistencia: 428.92 kg/cm². Que equivale un crecimiento del 149.98%.

Interpretándose que con el agregado grueso de TMN de 3/4" con mayor cantidad de aditivo (2% Nanosílice), genera un aumento en la resistencia en 210.91% con respecto a su muestra patrón. Sin embargo, siendo este más costoso, por el mayor consumo de aditivo, de igual manera cuanto más grande sea el agregado es más probable que el concreto se resista al bloqueo de las armaduras de acero dentro de un encofrado, lo que genera que haya más intervenciones o modificaciones en la pasta de cemento durante el diseño de mezcla.



V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Habiéndose desarrollado la presente tesis, se determinó que la adición de un 1.7% con respecto al peso del cemento, de Nanosílice en un concreto autocompactante logra mejorar las propiedades en estado fresco y endurecido de este, por lo cual la hipótesis se da por aprobada.

- Se elaboró el diseño de mezcla de dos concretos patrones en el laboratorio de la Universidad Nacional del Santa, ambos con un $a/c=0.40$, el primero con agregado grueso de TMN: 3/8" y el segundo de agregado grueso de TMN: 1/2"; donde se obtuvo, para la primera muestra patrón una resistencia promedio a la compresión a los 28 días de curado de 491.29 kg/cm² bajo una dosificación de 575.758 kg de cemento, 233.686 lt de agua, 782.448 kg de A. Fino y 788.349 kg de A. Grueso, por metro cúbico de concreto; y otra resistencia de 477.18 kg/cm² para una dosificación de 545.45 kg de cemento, 222.082 lt de agua, 883.048 kg de A. Grueso y 745.396 kg de A. fino para la segunda muestra patrón.

- La adición del 1.7% de Nanosílice, con respecto al peso del cemento, es el porcentaje ideal y logra mejorar las características físicas y mecánicas de una mezcla de concreto autocompactante $f'c=350$ kg/cm² representando el 162.22% con respecto a la resistencia de diseño requerida, bajo una dosificación por m³ de 575.758 kg de cemento, 188.670 lt de agua, 757.298 kg de A.F., 747.933 kg de A.G., 9.788 lt de Nanosílice y la relación agua/cemento efectiva de 0.33., frente a una dosificación de su respectiva muestra patrón de: 575.758 kg de cemento, 233.686 lt de agua, 782.448 kg de A. Fino y 788.349 kg de A. grueso, con una a/c efectiva de 0.41. Teniendo en cuenta que la cantidad de cemento permaneció constante para los estudios, solo variando el adición de nanosílice con respecto al peso fijo del cemento, comparando la dosificación óptima y la patrón, se determinó una reducción del agua del 19.26%, del agregado fino del 3.21% y del agregado grueso de 5.13%.

- De la primera evaluación de porcentajes de adición de nanosílice (0.5%, 1.5% y 3%) se determinó que tanto para las mezclas con agregado de TMN 3/8" y 1/2" con un $a/c=0.40$, el porcentaje de adición de 1.5% respondió mejor a sus ensayos en estado fresco, presentando una buena trabajabilidad como: buena cohesión para evitar segregaciones, gran capacidad para deformarse, fluir libremente y ningún tipo de bloqueo; además que ambas obtuvieron una alta resistencia promedio a la compresión, siendo 674.96 kg/cm² y 643.28 kg/cm², respectivamente. Posterior a ello, de la segunda evaluación, centrándose en mezclas con agregado de TMN: 3/8", evaluadas con adiciones de nanosílice de 1.5%, 1.7% y 2%; se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 704.20 kg/cm² a los 28 días de curado para una mezcla de concreto autocompactante con adición de 1.7% de nanosílice; teniendo en cuenta que la muestra cumplió con la caracterización autocompactante según los ensayos del concreto en estado fresco, realizado previamente. Así mismo, se indica que con una adición de 2% de Nanosílice se mantiene la caracterización autocompactante, sin embargo, la resistencia a la compresión para esta muestra es menor a la de la mezcla con adición de 1.7%.



5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que los equipos del laboratorio se encuentren calibrados, para la realización de futuras investigaciones debido a que sumado al error humano posible en los ensayos, también existe un error de las maquinas o equipos, que puede perjudicar o demorar los resultados de la investigación.
- Se recomienda tener una temperatura fija y controlada del agua, durante el proceso de curado de los especímenes de concreto, debido a que una alteración en esta puede perjudicar los resultados de los ensayos a realizarse.
- Se recomienda realizar los procedimientos de mezclado de concreto teniendo un estricto control de la cantidad de nanosilice vertido en la mezcladora, ya que cualquier alteración porcentual puede alterar significativamente las propiedades tanto en estado fresco como endurecido del concreto a evaluar.
- Se recomienda continuar con la línea de esta investigación y evaluar concretos autocompactantes con variaciones de la relación agua/cemento, y diferentes Tamaño Máximo Nominal de agregados grueso.
- Se recomienda evaluar concretos autocompactantes con altas resistencias y evaluar la influencia del tipo de agregado. Asimismo, realizar los ensayos de resistencia a la compresión a los 90 días de curado.



VI. REFERENCIAS

Referencias

- Abanto Castillo, F. (2000). *Tecnología del concreto*. Lima, Perú: San Marcos.
- ACHE. (2008). *Hormigón Autocompactante: Diseño y aplicación*. Madrid, España.
- Bermejo Nuñez, E. (2009). *Dosificación, Propiedades y durabilidad en Hormigón Autocompactante para edificación*. Madrid, España.
- Cremades Scrig, S. (2011). *Estudio de la robustez en el Hormigón Autocompactante con bajo contenido de finos*. Valencia, España.
- Okamura, H. (1997). Self-Compacting High-Performance Concrete. *Concrete International*, 50-54.
- Okamura, H., & Ozawa, K. (1996). Self-Compactable High-Performance Concrete in Japan. *Symposium Paper*, 31-44.
- Pasquel Carbajal, E. (2007). *Tópicos de Tecnología del Concreto*. Lima, Perú.
- Rivva López, E. (1992). *Diseño de Mezclas*. Lima, Perú: ICG.
- García Dávila, F., Sempere Vera, M., Álvarez, A. y Ainchil, J. (2008). "Ciudad de la justicia de Barcelona hormigón autocompactante coloreado". 1er Congreso Español sobre Hormigón Autocompactante
- Segura Pérez, P. y Martínez, J.F. (2008). "Hormigones autocompactantes empleados en la ejecución de la Torre de Cristal (Mutua Madrileña) en Madrid". 1er Congreso Español sobre Hormigón Autocompactante



TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019"

ANEXOS



ANEXO 01: ENSAYOS DE LOS AGREGADOS

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU
FECHA : DICIEMBRE 2019
TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON
ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO
MUESTRA : AGREGADO FINO DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA



FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL

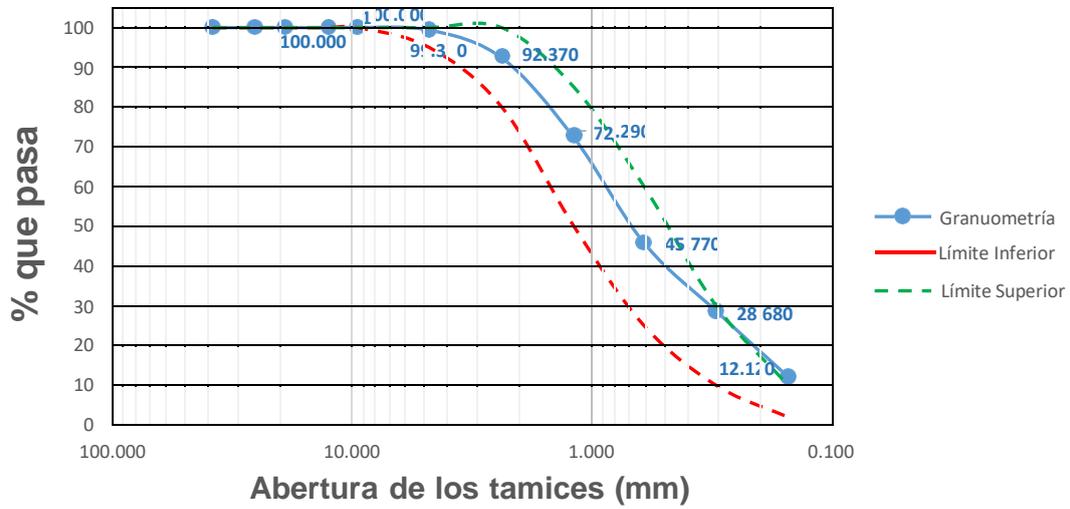
LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

ANALISIS GRANULOMETRICO (ASTM C136 / NTP 400.037)

Mallas	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% que pasa
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000
3/4"	19.000	0.000	0.000	0.000	100.000
1/2"	12.500	0.000	0.000	0.000	100.000
3/8"	9.500	0.000	0.000	0.000	100.000
N°04	4.750	6.200	0.620	0.620	99.380
N° 08	2.360	70.100	7.010	7.630	92.370
N° 16	1.180	200.800	20.080	27.710	72.290
N° 30	0.600	265.200	26.520	54.230	45.770
N° 50	0.300	170.900	17.090	71.320	28.680
N° 100	0.15	165.600	16.560	87.880	12.120
N° 200	0.074	84.500	8.450	96.330	3.670
Cazoleta		36.700	3.670	100.000	0.000
TOTAL		1000.000			

MODULO DE FINEZA= 2.49

CURVA GRANULOMETRICA (Agregado Fino)



Fuente: Elaboración propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU
FECHA : DICIEMBRE 2019
TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON
ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO
MUESTRA : AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



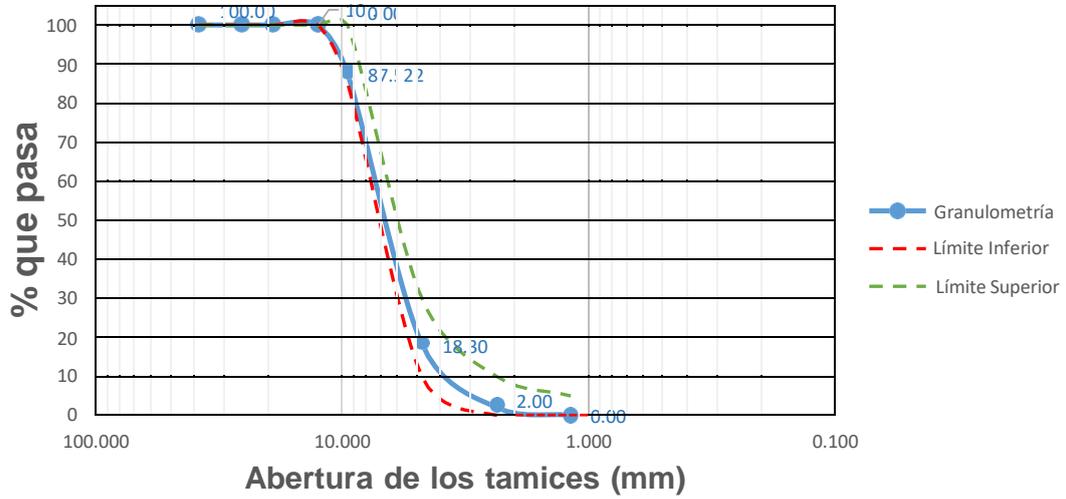
LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

ANALISIS GRANULOMETRICO (ASTM C136 / NTP 400.037)

Mallas	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% que pasa	Tamaño Máximo Nominal
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000	
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000	
3/4"	19.000	0.000	0.000	0.000	100.000	
1/2"	12.500	0.000	0.000	0.000	100.000	
3/8"	9.500	127.438	12.478	12.478	87.522	3/8"
N°04	4.750	706.964	69.222	81.700	18.300	
N° 08	2.360	166.472	16.300	98.000	2.000	
N°16 (Fondo)	1.180	20.426	2.000	100.000	0.000	
TOTAL		1021.300	100.000			

MODULO DE FINEZA=	2.92
-------------------	------

CURVA GRANULOMETRICA (Agregado Grueso - TMN:3/8")



Fuente: Elaboración propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU
FECHA : DICIEMBRE 2019
TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON
ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO
MUESTRA : AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL

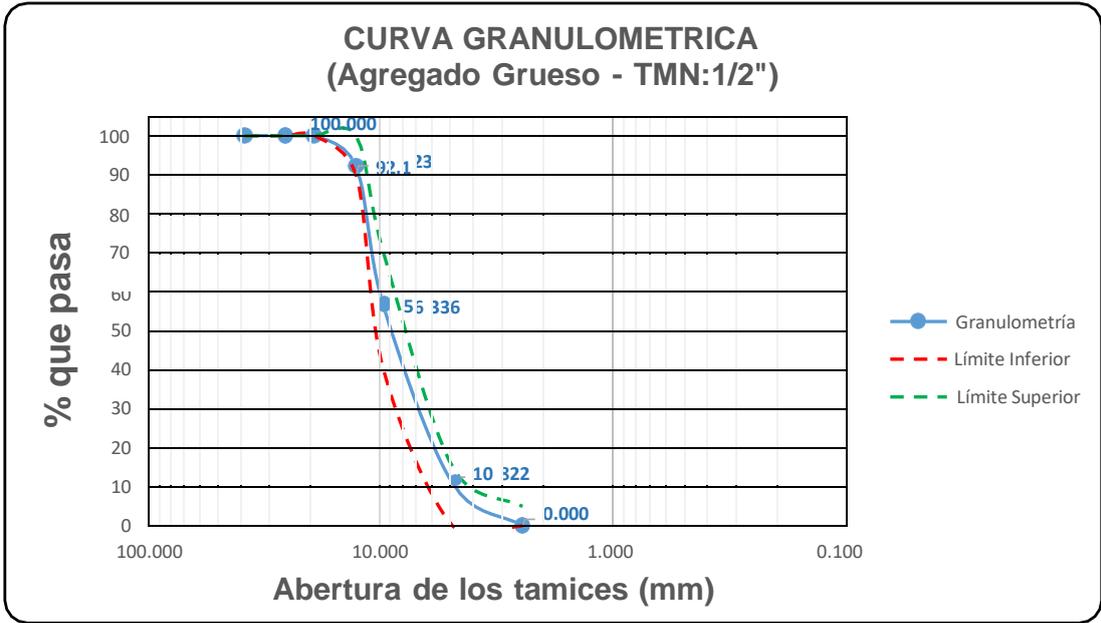


LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

ANALISIS GRANULOMETRICO (ASTM C136 / NTP 400.037)

Mallas	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% que pasa	Tamaño Máximo Nominal
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000	
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000	
3/4"	19.000	0.000	0.000	0.000	100.000	
1/2"	12.500	166.362	7.877	7.877	92.123	1/2"
3/8"	9.500	755.821	35.787	43.664	56.336	
N°04	4.750	961.256	45.514	89.178	10.822	
N° 08 (Fondo)	2.360	228.561	10.822	100.000	0.000	
TOTAL		2112.000	100.000			

MODULO DE FINEZA= 2.33



Fuente: Elaboración propia

**“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN
ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO
CHIMBOTE- 2019”**

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : DICIEMBRE 2019

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : AGREGADO FINO DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

PESO UNITARIO SUELTO (ASTM C-29 / NTP 400.017)

DESCRIPCION	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
01. Peso del molde (kg)	1.56	1.56	1.56	
02. Volumen del molde (m3)	0.00269	0.00269	0.00269	
03. Peso del molde + muestra suelta (5.865	5.875	5.895	
04. Peso seco de la muestra (kg)	4.305	4.315	4.335	
05. Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1600.37	1604.09	1611.52	<u>1605.33</u>

Fuente: Elaboración Propia

**“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN
ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO
CHIMBOTE- 2019”**

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : DICIEMBRE 2019

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : AGREGADO GRUESO (T.M.N. 3/8") DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

PESO UNITARIO SUELTO (ASTM C-29 / NTP 400.017)

DESCRIPCION	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
01. Peso del molde (kg)	3.56	3.56	3.56	
02. Volumen del molde (m3)	0.00898	0.00898	0.00898	
03. Peso del molde + muestra suelta (16.975	16.964	16.990	
04. Peso seco de la muestra (kg)	13.415	13.404	13.430	
05. Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1493.88	1492.65	1495.55	<u>1494.02</u>

Fuente: Elaboración Propia

**“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN
ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO
CHIMBOTE- 2019”**

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : DICIEMBRE 2019

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : AGREGADO GRUESO (T.M.N. 1/2") DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

PESO UNITARIO SUELTO (ASTM C-29 / NTP 400.017)

DESCRIPCION	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
01. Peso del molde (kg)	3.56	3.56	3.56	
02. Volumen del molde (m3)	0.00898	0.00898	0.00898	
03. Peso del molde + muestra suelta (16.82	16.785	17.06	
04. Peso seco de la muestra (kg)	13.260	13.225	13.500	
05. Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1476.61	1472.72	1503.34	<u>1484.22</u>

Fuente: Elaboración Propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : DICIEMBRE 2019

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : AGREGADO FINO DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

PESO UNITARIO COMPACTADO (ASTM C-29 / NTP 400.017)

DESCRIPCION	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
01. Peso del molde (kg)	1.56	1.56	1.56	
02. Volumen del molde (m3)	0.00269	0.00269	0.00269	
03. Peso del molde + muestra suelta (kg)	6.58	6.575	6.574	
04. Peso seco de la muestra (kg)	5.02	5.015	5.014	
05. Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1866.17	1864.31	1863.94	<u>1864.81</u>

Fuente: Elaboración propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : DICIEMBRE 2019

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : AGREGADO GRUESO (T.M.N. 3/8") DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

PESO UNITARIO COMPACTADO (ASTM C-29 / NTP 400.017)

DESCRIPCION	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
01. Peso del molde (kg)	3.56	3.56	3.56	
02. Volumen del molde (m3)	0.00898	0.00898	0.00898	
03. Peso del molde + muestra suelta (kg)	18.210	18.240	18.350	
04. Peso seco de la muestra (kg)	14.650	14.680	14.790	
05. Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1631.40	1634.74	1646.99	<u>1637.71</u>

Fuente: Elaboración propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : DICIEMBRE 2019

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : AGREGADO GRUESO (T.M.N. 1/2") DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

PESO UNITARIO COMPACTADO (ASTM C-29 / NTP 400.017)

DESCRIPCION	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
01. Peso del molde (kg)	3.56	3.56	3.56	
02. Volumen del molde (m3)	0.00898	0.00898	0.00898	
03. Peso del molde + muestra suelta (kg)	18.240	18.090	17.955	
04. Peso seco de la muestra (kg)	14.680	14.530	14.395	
05. Peso Unitario Compactadoo (kg/m3)	1634.74	1618.04	1603.01	<u>1618.60</u>

Fuente: Elaboración propia

**“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN
ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE,
NUEVO CHIMBOTE- 2019”**

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : DICIEMBRE 2019

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : AGREGADO FINO Y GRUESO DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

**PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA COMBINACION DE
AGREGADOS**

PROPORCION DE AGREGADOS		PESO UNITARIO COMPACTADO (KG/M3)
AGREGADO FINO (%)	AGREGADO GRUESO-TMN: 3/8" (%)	
50	50	1925.44
52	48	1913.21
54	46	1917.11
56	44	1919.46
58	42	1921.17

Fuente: Elaboración propia

**“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN
ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE,
NUEVO CHIMBOTE- 2019”**

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : DICIEMBRE 2019

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : AGREGADO FINO Y GRUESO DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

**PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA COMBINACION DE
AGREGADOS**

PROPORCION DE AGREGADOS		PESO UNITARIO COMPACTADO (KG/M3)
AGREGADO FINO (%)	AGREGADO GRUESO-TMN: 1/2" (%)	
50	50	1917.81
52	48	1919.77
54	46	1923.41
56	44	1913.54
58	42	1910.11

Fuente: Elaboración propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : DICIEMBRE 2019

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : AGREGADO FINO DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO



CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216-80 / NTP 339.185)

DESCRIPCION	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
01. Peso de la tara (gr)	27.778	28.155	27.651	
02. Peso tara + suelo humedo (gr)	66.748	72.035	67.481	
03. Peso tara + suelo seco (gr)	66.558	71.795	67.271	
04. Peso del agua (gr)	0.19	0.24	0.21	
05. Peso del suelo seco (gr)	38.780	43.640	39.620	
06. Contenido de humedad (%)	0.49	0.55	0.53	<u>0.52</u>

Fuente: Elaboración propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : DICIEMBRE 2019

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : AGREGADO GRUESO (T.M.N. 3/8") DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216-80 / NTP 339.185)

DESCRIPCION	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
01. Peso de la tara (gr)	28.150	27.425	27.110	
02. Peso tara + suelo humedo (gr)	59.253	65.851	60.158	
03. Peso tara + suelo seco (gr)	59.163	65.701	60.028	
04. Peso del agua (gr)	0.09	0.15	0.13	
05. Peso del suelo seco (gr)	31.013	38.276	32.918	
06. Contenido de humedad (%)	0.29	0.39	0.39	<u>0.36</u>

Fuente: Elaboración propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : DICIEMBRE 2019

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : AGREGADO GRUESO (T.M.N. 1/2") DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216-80 / NTP 339.185)

DESCRIPCION	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
01. Peso de la tara (gr)	28.014	27.558	27.969	
02. Peso tara + suelo humedo (gr)	63.258	63.22	61.58	
03. Peso tara + suelo seco (gr)	63.118	63.07	61.46	
04. Peso del agua (gr)	0.14	0.15	0.12	
05. Peso del suelo seco (gr)	35.104	35.512	33.491	
06. Contenido de humedad (%)	0.40	0.42	0.36	<u>0.39</u>

Fuente: Elaboración propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : DICIEMBRE 2019

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : AGREGADO FINO DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

PESO ESPECIFICO - ABSORCION (ASTM C127 / NTP 400.021)	
01. S = Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	153.14
02. A = Peso de la muestra seca (gr)	151.20
03. B = Peso del picnómetro + agua (gr)	670.14
04. C = Peso del picnómetro + muestra saturada superficialmente	766.90
05. Peso Específico Nominal (gr/cm³)	<u>2.78</u>
06. Absorción (%)	<u>1.28</u>

Fuente: Elaboración propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : DICIEMBRE 2019

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : AGREGADO GRUESO (T.M.N. 3/8") DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

PESO ESPECIICO - ABSORCION (ASTM C127 / NTP 400.021)	
01. A = Peso de la muestra seca (gr)	3261.00
02. B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	3250.25
03. C = Peso de la muestra sumergida (gr)	2075.36
04. Peso Específico Nominal (gr/cm3)	<u>2.75</u>
05. Absorción (%)	<u>0.33</u>

Fuente: Elaboración propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : DICIEMBRE 2019

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : AGREGADO GRUESO (T.M.N. 1/2") DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

PESO ESPECIICO - ABSORCION (ASTM C127 / NTP 400.021)	
01. A = Peso de la muestra seca (gr)	3155.14
02. B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	3145.26
03. C = Peso de la muestra sumergida (gr)	2008.65
04. Peso Específico Nominal (gr/cm³)	<u>2.75</u>
05. Absorción (%)	<u>0.31</u>

Fuente: Elaboración propia



TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019"

ANEXO 02: DISEÑO DE MEZCLA

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 31/12/2019
Realizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN: 3/8") - f'c : 350 kg/cm²

DATOS

	CEMENTO	
	3.15	
PESO ESPECIFICO gr/cm ³	AGREGADO	
	GRUESO	FINO
MODULO DE FINEZA		2.49
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/8"	-
PESO UNITARIO SUELTO Kg/m ³	1494.02	1605.33
PESO UNITARIO VARILLADO Kg/m ³	1637.71	1864.81
CONTENIDO DE HUMEDAD %	0.36	0.52
PESO ESPECIFICO gr/cm ³	2.75	2.78
ABSORCION %	0.33	1.28

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr)

< 210 Kg/cm ²	----->	f'c	+	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	----->	f'c	+	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm²	----->	f'c	+	98	Kg/cm²

Por lo tanto si :

$$f_c = 350 \text{ kg/cm}^2 \text{ -----> } f_{cr} = 434 \text{ Kg/cm}^2$$

B) Tamaño Nominal Máximo.

$$TNM = 3/8"$$

C) Asentamiento - Slump

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP	
	MAXIMO	MINIMO
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Muros y Pavimentos	3"	1"

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 31/12/2019
 Reaizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
 Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN: 3/8") - f'c : 350 kg/cm²

D) Contenido de Aire atrapado

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL A.G	% AIRE ATRAPADO
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%

E) Volumen de Agua

ASENTAMIENTO	AGUA EN LT/M3 , PARA TMN AGREGADOS			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO (TEMPERATURAS NORMALES)				
1 " a 2"	207	199	190	179
3 " a 4"	228	216	205	193
6 " a 7"	243	228	216	202

F) Relacion Agua : Cemento

f'cr	Concreto sin Aire Atrapado	Concreto sin Aire Atrapado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

f'cr	a/c
400	0.43
434	0.40
450	0.38

G) Contenido de Cemento

Agua : 228 lt/m³
 Cemento : 575.76 kg
 13.55 Bolsas de 42.5 kg

H) Proporción de los Agregados

Agregado Grueso: 50%
 Agregado Fino: 50%

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 31/12/2019
 Reaizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
 Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS
DISEÑO DE MEZCLA (TMN: 3/8") - f'c : 350 kg/cm²

I) Volumenes Absolutos

Material	Pesos (kg)	Peso Específico (kg/m ³)	Volumen (m ³)
Cemento	575.76	3150	0.183
Agua	228.00	1000	0.228
Aire	3.0%		0.03
	Volumen Total		0.441

J) Volumen y peso de Agregado Grueso y Fino

Volumen del Agr, Fino	0.28 m ³
Volumen del Agr, Grueso	0.279 m ³
Peso del Agr. Fino (Vol. * P. Específico) :	778.40 kg
Peso del Agr. Grueso (Vol. * P. Especifico) :	767.25 kg

K) Diseño en Estado Seco

Material	Peso Seco	Unidad	Proporción
Cemento	575.8	kg	1
Agua	228.0	kg	0.4
Agregado Fino	778.4	kg	1.35
Agregado Grueso	767.3	kg	1.33
Aire	3.0	%	0.03

L) Correccion por Humedad

Material	Peso Seco	Unidad	Humedad Sup	Aporte de Hum.
Agregado Fino	778.40	kg	-0.008	-5.916
Agregado Grueso	767.25	kg	0.000	0.230
	<u>Aporte Total</u>			<u>-5.686</u>

M) Diseño Final por Correccion de Humedad

Cemento	575.758	kg
Agua	233.686	lt
Agregado Fino	782.448	kg
Agregado Grueso	788.349	kg

N) Proporción en Peso

Cemento	1.00
Agua	0.41
Agregado Fino	1.36
Agregado Grueso	1.37

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 6/01/2020
 Reaizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
 Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN: 3/8") - f'c : 350 kg/cm² + 0.5% NANOSILICE

DATOS

	CEMENTO	
PESO ESPECIFICO gr/cm ³	3.15	
	AGREGADO	
	GRUESO	FINO
MODULO DE FINEZA		2.49
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/8"	-
PESO UNITARIO SUELTO Kg/m ³	1494.02	1605.33
PESO UNITARIO VARILLADO Kg/m ³	1637.71	1864.81
CONTENIDO DE HUMEDAD %	0.36	0.52
PESO ESPECIFICO gr/cm ³	2.75	2.78
ABSORCION %	0.33	1.28

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr)

< 210 Kg/cm ²	----->	f'c	+	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	----->	f'c	+	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm²	----->	f'c	+	98	Kg/cm²

Por lo tanto si :

f'c = 350 kg/cm² -----> f'cr = 434 Kg/cm²

B) Tamaño Nominal Máximo.

TNM= 3/8"

C) Asentamiento - Slump

	SLUMP	
TIPO DE ESTRUCTURA	MAXIMO	MINIMO
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Muros y Pavimentos	3"	1"

D) Contenido de Aire atrapado

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL A.G	% AIRE ATRAPADO
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 6/01/2020
 Reaizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
 Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN: 3/8") - f'c : 350 kg/cm² + 0.5% NANOSILICE

3/4" 2.0%

E) Volumen de Agua

ASENTAMIENTO	AGUA EN LT/M3 , PARA TMN AGREGADOS			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO (TEMPERATURAS NORMALES)				
1 " a 2"	207	199	190	179
3 " a 4"	228	216	205	193
6 " a 7"	243	228	216	202

F) Relacion Agua : Cemento

f'cr	Concreto sin Aire Atrapado	Concreto sin Aire Atrapado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

f'cr	a/c
400	0.43
434	0.40
450	0.38

G) Contenido de Cemento

Agua : 228 lt/m³
 575.76 kg
 Cemento : 13.55 Bolsas de 42.5 kg

H) Proporción de los Agregados

Agregado Grueso: 50%
 Agregado Fino: 50%

I) Volúmenes Absolutos

Material	Pesos (kg)	Peso	
		Específico (kg/m ³)	Volumen (m ³)
Cemento	575.76	3150	0.183
Agua	228.00	1000	0.228
Aire	3.0%		0.03
Aditivo (Nanosilíce)	2.88		<u>0.005</u>
Volumen Total			0.446

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 6/01/2020
Reaizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN: 3/8") - f'c : 350 kg/cm² + 0.5% NANOSILICE

J) Volumen y peso de Agregado Grueso y Fino

Volumen del Agr, Fino 0.277 m³
Volumen del Agr, Grueso 0.277 m³
Peso del Agr. Fino (Vol. * P. Específico) : 770.06 kg
Peso del Agr. Grueso (Vol. * P. Especifico) : 761.75 kg

K) Diseño en Estado Seco

Material	Peso Seco	Unidad	Proporcion
Cemento	575.76	kg	1
Agua	228.00	kg	0.40
Agregado Fino	770.06	kg	1.34
Agregado Grueso	761.75	kg	1.32
Aire	3.0	%	0.03
Nanosilice	2.88	kg	0.005

L) Correccion por Humedad

Material	Peso Seco	Unidad	Humedad Sup	Aporte de Hum.
Agregado Fino	770.06	kg	-0.008	-5.852
Agregado Grueso	761.75	kg	0.000	0.229
<u>Aporte Total</u>				<u>-5.624</u>

M) Diseño Final por Correccion de Humedad

Cemento	575.758	kg
Agua	233.624	lt
Agregado Fino	774.064	kg
Agregado Grueso	764.492	kg
Nanosilice	2.879	kg

N) Reducción de agua por Nanosilice (Superplastificante)

Cemento	575.758	kg
Agua	208.860	lt
Agregado Fino	774.064	kg
Agregado Grueso	764.492	kg
Nanosilice	2.879	lt

O) Proporción en Peso

Cemento	1.00
Agua	0.36
Agregado Fino	1.34
Agregado Grueso	1.33
Nanosilice	0.01

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 6/01/2020
 Reaizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
 Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN: 3/8") - f'c : 350 kg/cm² + 1.5% NANOSILICE

DATOS

	CEMENTO	
	GRUESO	FINO
PESO ESPECIFICO gr/cm ³	3.15	
	AGREGADO	
	GRUESO	FINO
MODULO DE FINEZA		2.49
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/8"	-
PESO UNITARIO SUELTO Kg/m ³	1494.02	1605.33
PESO UNITARIO VARILLADO Kg/m ³	1637.71	1864.81
CONTENIDO DE HUMEDAD %	0.36	0.52
PESO ESPECIFICO gr/cm ³	2.75	2.78
ABSORCION %	0.33	1.28

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr)

< 210 Kg/cm ²	----->	f'c	+	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	----->	f'c	+	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm²	----->	f'c	+	98	Kg/cm²

Por lo tanto si :

$$f_c = 350 \text{ kg/cm}^2 \text{ -----> } f_{cr} = 434 \text{ Kg/cm}^2$$

B) Tamaño Nominal Máximo.

$$TNM = 3/8"$$

C) Asentamiento - Slump

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP	
	MAXIMO	MINIMO
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Muros y Pavimentos	3"	1"

D) Contenido de Aire atrapado

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL A.G	% AIRE ATRAPADO
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 6/01/2020
 Reaizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
 Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN: 3/8") - f'c : 350 kg/cm² + 1.5% NANOSILICE

E) Volumen de Agua

ASENTAMIENTO	AGUA EN LT/M3 , PARA TMN AGREGADOS			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO (TEMPERATURAS NORMALES)				
1 " a 2"	207	199	190	179
3 " a 4"	228	216	205	193
6 " a 7"	243	228	216	202

F) Relacion Agua : Cemento

f'cr	Concreto sin Aire Atrapado	Concreto sin Aire Atrapado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

f'cr	a/c
400	0.43
434	0.40
450	0.38

G) Contenido de Cemento

Agua : 228 lt/m³
 Cemento : 575.76 kg
 13.55 Bolsas de 42.5 kg

H) Proporción de los Agregados

Agregado Grueso: 50%
 Agregado Fino: 50%

I) Volúmenes Absolutos

Material	Pesos (kg)	Peso Específico (kg/m ³)	Volumen (m ³)
Cemento	575.76	3150	0.183
Agua	228.00	1000	0.228
Aire	3.0%		0.03
Aditivo (Nanosilíce)	8.64		<u>0.015</u>
	Volumen Total		0.456

J) Volumen y peso de Agregado Grueso y Fino

Volumen del Agr, Fino 0.272 m³
 Volumen del Agr, Grueso 0.272 m³
 Peso del Agr. Fino (Vol. * P. Especifico) : 756.16 kg
 Peso del Agr. Grueso (Vol. * P. Especifico) : 748.00 kg

**“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO
PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-
2019”**

Fecha de Diseño: 6/01/2020
Reaizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN: 3/8") - f'c : 350 kg/cm² + 1.5% NANOSILICE

K) Diseño en Estado Seco

Material	Peso Seco	Unidad	Proporción
Cemento	575.76	kg	1
Agua	228.00	kg	0.40
Agregado Fino	756.16	kg	1.31
Agregado Grueso	748.00	kg	1.30
Aire	3.0	%	0.03
Nanosilice	8.64	kg	0.015

L) Corrección por Humedad

Material	Peso Seco	Unidad	Humedad Sup	Aporte de Hum.
Agregado Fino	756.16	kg	-0.008	-5.747
Agregado Grueso	748.00	kg	0.000	0.224
	<u>Aporte Total</u>			<u>-5.522</u>

M) Diseño Final por Corrección de Humedad

Cemento	575.758	kg
Agua	233.522	lt
Agregado Fino	760.092	kg
Agregado Grueso	750.693	kg
Nanosilice	8.636	kg

N) Reducción de agua por Nanosilice (Superplastificante)

Cemento	575.758	kg
Agua	193.123	lt
Agregado Fino	760.092	kg
Agregado Grueso	750.693	kg
Nanosilice	8.636	lt

O) Proporción en Peso

Cemento	1.00
Agua	0.34
Agregado Fino	1.32
Agregado Grueso	1.30
Nanosilice	0.015

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 6/01/2020
 Realizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
 Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN: 3/8") - f'c : 350 kg/cm² + 3% NANOSILICE

DATOS

	CEMENTO	
	GRUESO	FINO
PESO ESPECIFICO gr/cm ³	3.15	
	AGREGADO	
	GRUESO	FINO
MODULO DE FINEZA		2.49
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/8"	-
PESO UNITARIO SUELTO Kg/m ³	1494.02	1605.33
PESO UNITARIO VARILLADO Kg/m ³	1637.71	1864.81
CONTENIDO DE HUMEDAD %	0.36	0.52
PESO ESPECIFICO gr/cm ³	2.75	2.78
ABSORCION %	0.33	1.28

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr)

< 210 Kg/cm ²	----->	f'c	+	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	----->	f'c	+	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm²	----->	f'c	+	98	Kg/cm²

Por lo tanto si :

$$f'c = 350 \text{ kg/cm}^2 \text{ -----> } f'cr = 434 \text{ Kg/cm}^2$$

B) Tamaño Nominal Máximo.

$$TNM = 3/8"$$

C) Asentamiento - Slump

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP	
	MAXIMO	MINIMO
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Muros y Pavimentos	3"	1"

D) Contenido de Aire atrapado

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL A.G	% AIRE ATRAPADO
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 6/01/2020
 Realizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
 Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN: 3/8") - f'c : 350 kg/cm² + 3% NANOSILICE

E) Volumen de Agua

ASENTAMIENTO	AGUA EN LT/M3 , PARA TMN AGREGADOS			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO (TEMPERATURAS NORMALES)				
1 " a 2"	207	199	190	179
3 " a 4"	228	216	205	193
6 " a 7"	243	228	216	202

F) Relacion Agua : Cemento

f'cr	Concreto sin Aire Atrapado	Concreto sin Aire Atrapado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

f'cr	a/c
400	0.43
434	0.40
450	0.38

G) Contenido de Cemento

Agua : 228 lt/m³
 Cemento : 575.76 kg
 13.55 Bolsas de 42.5 kg

H) Proporción de los Agregados

Agregado Grueso: 50%
 Agregado Fino: 50%

I) Volúmenes Absolutos

Material	Pesos (kg)	Peso	
		Específico (kg/m ³)	Volumen (m ³)
Cemento	575.76	3150	0.183
Agua	228.00	1000	0.228
Aire	3.0%		0.03
Aditivo (Nanosilíce)	17.27		<u>0.03</u>
	Volumen Total		0.471

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 6/01/2020
Realizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN: 3/8") - f'c : 350 kg/cm² + 3% NANOSILICE

J) Volumen y peso de Agregado Grueso y Fino

Volumen del Agr, Fino	0.265 m ³
Volumen del Agr, Grueso	0.264 m ³
Peso del Agr. Fino (Vol. * P. Específico) :	736.7 kg
Peso del Agr. Grueso (Vol. * P. Especifico) :	726.00 kg

K) Diseño en Estado Seco

Material	Peso Seco	Unidad	Proporción
Cemento	575.76	kg	1
Agua	228.00	kg	0.40
Agregado Fino	736.70	kg	1.28
Agregado Grueso	726.00	kg	1.26
Aire	3.0	%	0.03
Nanosilice	17.27	kg	0.015

L) Corrección por Humedad

Material	Peso Seco	Unidad	Humedad Sup	Aporte de Hum.
Agregado Fino	736.70	kg	-0.008	-5.599
Agregado Grueso	726.00	kg	0.000	0.218
	<u>Aporte Total</u>			<u>-5.381</u>

M) Diseño Final por Corrección de Humedad

Cemento	575.758	kg
Agua	233.381	lt
Agregado Fino	740.531	kg
Agregado Grueso	728.614	kg
Nanosilice	17.273	kg

N) Reducción de agua por Nanosilice (Superplastificante)

Cemento	575.758	kg
Agua	178.070	lt
Agregado Fino	740.531	kg
Agregado Grueso	728.614	kg
Nanosilice	17.273	lt

O) Proporción en Peso

Cemento	1.00
Agua	0.31
Agregado Fino	1.29
Agregado Grueso	1.27
Nanosilice	0.030

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 31/12/2019

Realizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson

Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN:1/2'') - f'c : 350 kg/cm²

DATOS

PESO ESPECIFICO gr/cm ³	CEMENTO	
	3.15	
	AGREGADO	
	GRUESO	FINO
MODULO DE FINEZA	2.33	2.49
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	1/2"	
PESO UNITARIO SUELTO Kg/m ³	1484.22	1605.33
PESO UNITARIO VARILLADO Kg/m ³	1618.60	1864.81
CONTENIDO DE HUMEDAD %	0.39	0.52
PESO ESPECIFICO gr/cm ³	2.75	2.78
ABSORCION %	0.31	1.28

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr)

< 210 Kg/cm ²	—————>	f'c	+	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	—————>	f'c	+	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm²	—————>	f'c	+	98	Kg/cm²

Por lo tanto si :

$$f'c = 350 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{—————>} \quad f'cr = 434 \text{ Kg/cm}^2$$

B) Tamaño Nominal Máximo.

$$TNM = 1/2''$$

C) Asentamiento - Slump

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP	
	MAXIMO	MINIMO
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Muros y Pavimentos	3"	1"

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 31/12/2019

Realizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson

Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN:1/2") - f'c : 350 kg/cm²

D) Contenido de Aire atrapado

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL A.G	% AIRE ATRAPADO
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%

E) Volumen de Agua

ASENTAMIENTO	AGUA EN LT/M3 , PARA TMN AGREGADOS			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO (TEMPERATURAS NORMALES)				
1 " a 2"	207	199	190	179
3 " a 4"	228	216	205	193
6 " a 7"	243	228	216	202

F) Relacion Agua : Cemento

f'cr (kg/cm ²)	Concreto sin Aire Atrapado	Concreto con Aire Atrapado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.34
450	0.38	0.4

f'cr	a/c
400	0.43
434	0.40
450	0.38

G) Contenido de Cemento

Agua : 216 lt/m³
 545.45 kg
 Cemento : 12.83 Bolsas de 42.5 kg

H) Proporción de los Agregados

Agregado Grueso: 46%
 Agregado Fino: 54%

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 31/12/2019

Realizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson

Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN:1/2") - f'c : 350 kg/cm²

I) Volúmenes Absolutos

Material	Pesos (kg)	Peso Específico (kg/m ³)	Volumen (m ³)
Cemento	545.45	3150	0.173
Agua	216.00	1000	0.216
Aire	2.5%		0.025
	Volumen Total		0.414

J) Volumen y peso de Agregado Grueso y Fino

Volumen del Agr, Fino	0.316 m ³
Volumen del Agr, Grueso	0.270 m ³
Peso del Agr. Fino (Vol. * P. Específico) :	878.48 kg
Peso del Agr. Grueso (Vol. * P. Específico) :	742.50 kg

K) Diseño en Estado Seco

Material	Peso Seco	Unidad	Proporción
Cemento	545.5	kg	1
Agua	216.0	kg	0.4
Agregado Fino	878.5	kg	1.61
Agregado Grueso	742.5	kg	1.36
Aire	2.5	%	0.025

L) Corrección por Humedad

Material	Peso Seco	Unidad	Humedad Sup.	Aporte de Hum.
Agregado Fino	878.48	kg	-0.008	-6.676
Agregado Grueso	742.50	kg	0.001	0.594
	<u>Aporte Total</u>			<u>-6.082</u>

M) Diseño Final por Corrección de Humedad

Cemento	545.450	kg
Agua	222.082	lt
Agregado Fino	883.048	kg
Agregado Grueso	745.396	kg

N) Proporción en Peso

Cemento	1.00
Agua	0.41
Agregado Fino	1.62
Agregado Grueso	1.37

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 3/01/2020
 Reaizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
 Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN:1/2'') - f'c : 350 kg/cm² + 0.5 % NANOSILICE

DATOS

	CEMENTO	
PESO ESPECIFICO gr/cm ³	3.15	
	AGREGADO	
	GRUESO	FINO
MODULO DE FINEZA	2.33	2.49
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	1/2"	
PESO UNITARIO SUELTO Kg/m ³	1484.22	1605.33
PESO UNITARIO VARILLADO Kg/m ³	1618.60	1864.81
CONTENIDO DE HUMEDAD %	0.39	0.52
PESO ESPECIFICO gr/cm ³	2.75	2.78
ABSORCION %	0.31	1.28

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr)

< 210 Kg/cm ²	----->	f'c	+	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	----->	f'c	+	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm²	----->	f'c	+	98	Kg/cm²

Por lo tanto si :
 f'c = 350 kg/cm² -----> f'cr = 434 Kg/cm²

B) Tamaño Nominal Máximo.

TNM= 1/2"

C) Asentamiento - Slump

	SLUMP	
TIPO DE ESTRUCTURA	MAXIMO	MINIMO
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Muros y Pavimentos	3"	1"

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 3/01/2020
 Reaizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
 Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN:1/2") - f'c : 350 kg/cm² + 0.5 % NANOSILICE

D) Contenido de Aire atrapado

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL A.G	% AIRE ATRAPADO
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%

E) Volumen de Agua

ASENTAMIENTO	AGUA EN LT/M3 , PARA TMN AGREGADOS			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO (TEMPERATURAS NORMALES)				
1 " a 2 "	207	199	190	179
3 " a 4 "	228	216	205	193
6 " a 7 "	243	228	216	202

F) Relacion Agua : Cemento

f'cr (kg/cm ²)	Concreto sin Aire Atrapado	Concreto con Aire Atrapado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.34
450	0.38	0.4

f'cr	a/c
400	0.43
434	0.40
450	0.38

G) Contenido de Cemento

Agua : 216 lt/m³
 Cemento : 545.45 kg
 12.83 Bolsas de 42.5 kg

H) Proporción de los Agregados

Agregado Grueso: 46%
 Agregado Fino: 54%

I) Volúmenes Absolutos

Material	Pesos (kg)	Peso Especifico (kg/m ³)	Volumen (m ³)
Cemento	545.45	3150	0.173
Agua	216.00	1000	0.216
Aire	2.5%		0.025
Aditivo (Nanosilice)	2.73		<u>0.005</u>
Volumen Total			0.419

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 3/01/2020

Reaizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson

Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN:1/2'') - f'c : 350 kg/cm² + 0.5 % NANOSILICE

J) Volumen y peso de Agregado Grueso y Fino

Volumen del Agr, Fino	0.313 m ³
Volumen del Agr, Grueso	0.268 m ³
Peso del Agr. Fino (Vol. * P. Especifico) :	870.14 kg
Peso del Agr. Grueso (Vol. * P. Especifico) :	737.00 kg

K) Diseño en Estado Seco

Material	Peso Seco	Unidad	Proporcion
Cemento	545.45	kg	1
Agua	216.00	kg	0.40
Agregado Fino	870.14	kg	1.60
Agregado Grueso	737.00	kg	1.35
Aire	2.5	%	0.025
Nanosilíce	2.73	kg	0.005

L) Correccion por Humedad

Material	Peso Seco	Unidad	Humedad Sup.	Aporte de Hum.
Agregado Fino	870.14	kg	-0.008	-6.613
Agregado Grueso	737.00	kg	0.001	0.590
<u>Aporte Total</u>				<u>-6.023</u>

M) Diseño Final por Correccion de Humedad

Cemento	545.450	kg
Agua	222.023	lt
Agregado Fino	874.665	kg
Agregado Grueso	739.874	kg
Nanosilíce	2.730	kg

N) Reducción de agua por Nanosilíce (Superplastificante)

Cemento	545.450	kg
Agua	197.607	lt
Agregado Fino	874.665	kg
Agregado Grueso	739.874	kg
Nanosilíce	2.730	lt

O) Proporción en Peso

Cemento	1.00
Agua	0.36
Agregado Fino	1.60
Agregado Grueso	1.36
Nanosilíce	0.005

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 3/01/2020
 Realizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
 Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN:1/2") - f'c : 350 kg/cm2 + 1.5 % NANOSILICE

DATOS

	CEMENTO	
	3.15	
PESO ESPECIFICO gr/cm3	AGREGADO	
	GRUESO	FINO
MODULO DE FINEZA	2.33	2.49
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	1/2"	
PESO UNITARIO SUELTO Kg/m3	1484.22	1605.33
PESO UNITARIO VARILLADO Kg/m3	1618.60	1864.81
CONTENIDO DE HUMEDAD %	0.39	0.52
PESO ESPECIFICO gr/cm3	2.75	2.78
ABSORCION %	0.31	1.28

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr)

< 210 Kg/cm2	----->	f'c	+	70	Kg/cm2
210 - 350 Kg/cm2	----->	f'c	+	84	Kg/cm2
> 350 Kg/cm2	----->	f'c	+	98	Kg/cm2

Por lo tanto si :

$$f'c = 350 \text{ kg/cm2} \quad \text{----->} \quad f'cr = 434 \text{ Kg/cm2}$$

B) Tamaño Nominal Máximo.

$$TNM = 1/2"$$

C) Asentamiento - Slump

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP	
	MAXIMO	MINIMO
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Muros y Pavimentos	3"	1"

D) Contenido de Aire atrapado

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL A.G	% AIRE ATRAPADO
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 3/01/2020
 Realizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
 Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN:1/2") - f'c : 350 kg/cm2 + 1.5 % NANOSILICE

E) Volumen de Agua

ASENTAMIENTO	AGUA EN LT/M3, PARA TMN AGREGADOS			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO (TEMPERATURAS NORMALES)				
1 " a 2"	207	199	190	179
3 " a 4"	228	216	205	193
6 " a 7"	243	228	216	202

F) Relacion Agua : Cemento

f'cr (kg/cm2)	Concreto sin Aire Atrapado	Concreto con Aire Atrapado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.34
450	0.38	0.4

f'cr	a/c
400	0.43
434	0.40
450	0.38

G) Contenido de Cemento

Agua : 216 lt/m3
 Cemento : 545.45 kg
 12.83 Bolsas de 42.5 kg

H) Proporción de los Agregados

Agregado Grueso: 46%
 Agregado Fino: 54%

I) Volúmenes Absolutos

Material	Pesos (kg)	Peso Específico (kg/m3)	Volumen (m3)
Cemento	545.45	3150	0.173
Agua	216.00	1000	0.216
Aire	2.5%		0.025
Aditivo (Nanosílice)	8.18		0.015
Volumen Total			0.429

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 3/01/2020

Realizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson

Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN:1/2'') - f'c : 350 kg/cm² + 1.5 % NANOSILICE

J) Volumen y peso de Agregado Grueso y Fino

Volumen del Agr. Fino	0.309 m ³
Volumen del Agr. Grueso	0.262 m ³
Peso del Agr. Fino (Vol. * P. Específico) :	859.02 kg
Peso del Agr. Grueso (Vol. * P. Específico) :	720.50 kg

K) Diseño en Estado Seco

Material	Peso Seco	Unidad	Proporcion
Cemento	545.45	kg	1
Agua	216.00	kg	0.40
Agregado Fino	859.02	kg	1.57
Agregado Grueso	720.50	kg	1.32
Aire	2.5	%	0.025
Nanosilice	8.18	kg	0.015

L) Correccion por Humedad

Material	Peso Seco	Unidad	Humedad Sup.	Aporte de Hum.
Agregado Fino	859.02	kg	-0.008	-6.529
Agregado Grueso	720.50	kg	0.001	0.576
<u>Aporte Total</u>				<u>-5.952</u>

M) Diseño Final por Correccion de Humedad

Cemento	545.450	kg
Agua	221.952	lt
Agregado Fino	863.487	kg
Agregado Grueso	723.310	kg
Nanosilice	8.180	kg

N) Reducción de agua por Nanosilice (Superplastificante)

Cemento	545.450	kg
Agua	186.440	lt
Agregado Fino	863.487	kg
Agregado Grueso	723.310	kg
Nanosilice	8.180	lt

O) Proporción en Peso

Cemento	1.00
Agua	0.41
Agregado Fino	1.58
Agregado Grueso	1.33
Nanosilice	0.015

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 3/01/2020

Realizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson

Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN:1/2") - f'c : 350 kg/cm² + 1.5 % NANOSILICE

DATOS

PESO ESPECIFICO gr/cm ³	CEMENTO	
	3.15	
	AGREGADO	
	GRUESO	FINO
MODULO DE FINEZA	2.33	2.49
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	1/2"	
PESO UNITARIO SUELTO Kg/m ³	1484.22	1605.33
PESO UNITARIO VARILLADO Kg/m ³	1618.60	1864.81
CONTENIDO DE HUMEDAD %	0.39	0.52
PESO ESPECIFICO gr/cm ³	2.75	2.78
ABSORCION %	0.31	1.28

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr)

< 210 Kg/cm ²	----->	f'c	+	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	----->	f'c	+	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm²	----->	f'c	+	98	Kg/cm²

Por lo tanto si :

$$f'c = 350 \text{ kg/cm}^2 \text{ ----->} \quad f'cr = 434 \text{ Kg/cm}^2$$

B) Tamaño Nominal Máximo.

$$TNM = 1/2"$$

C) Asentamiento - Slump

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP	
	MAXIMO	MINIMO
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Muros y Pavimentos	3"	1"

D) Contenido de Aire atrapado

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL A.G	% AIRE ATRAPADO
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 3/01/2020
 Reaizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
 Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN:1/2'') - f'c : 350 kg/cm2 + 1.5 % NANOSILICE

E) Volumen de Agua

ASENTAMIENTO	AGUA EN LT/M3 , PARA TMN AGREGADOS			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO (TEMPERATURAS NORMALES)				
1 " a 2"	207	199	190	179
3 " a 4"	228	216	205	193
6 " a 7"	243	228	216	202

F) Relacion Agua : Cemento

f'cr (kg/cm2)	Concreto sin Aire Atrapado	Concreto con Aire Atrapado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.34
450	0.38	0.4

f'cr	a/c
400	0.43
434	0.40
450	0.38

G) Contenido de Cemento

Agua : 216 lt/m3
 Cemento : 545.45 kg
 12.83 Bolsas de 42.5 kg

H) Proporción de los Agregados

Agregado Grueso: 46%
 Agregado Fino: 54%

I) Volúmenes Absolutos

Material	Pesos (kg)	Peso Específico (kg/m3)	Volumen (m3)
Cemento	545.45	3150	0.173
Agua	216.00	1000	0.216
Aire	2.5%		0.025
Aditivo (Nanosilíce)	16.36		0.03
Volumen Total			0.444

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 3/01/2020

Realizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson

Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN:1/2'') - f'c : 350 kg/cm² + 1.5 % NANOSILICE

J) Volumen y peso de Agregado Grueso y Fino

Volumen del Agr, Fino	0.3 m ³
Volumen del Agr, Grueso	0.256 m ³
Peso del Agr. Fino (Vol. * P. Específico) :	834.00 kg
Peso del Agr. Grueso (Vol. * P. Específico) :	704.00 kg

K) Diseño en Estado Seco

Material	Peso Seco	Unidad	Proporcion
Cemento	545.45	kg	1
Agua	216.00	kg	0.40
Agregado Fino	834.00	kg	1.53
Agregado Grueso	704.00	kg	1.29
Aire	2.5	%	0.025
Nanosilíce	16.36	kg	0.03

L) Correccion por Humedad

Material	Peso Seco	Unidad	Humedad Sup.	Aporte de Hum.
Agregado Fino	834.00	kg	-0.008	-6.338
Agregado Grueso	704.00	kg	0.001	0.563
<u>Aporte Total</u>				<u>-5.775</u>

M) Diseño Final por Correccion de Humedad

Cemento	545.45	kg
Agua	221.775	lt
Agregado Fino	838.337	kg
Agregado Grueso	706.746	kg
Nanosilíce	16.360	kg

N) Reducción de agua por Nanosilíce (Superplastificante)

Cemento	545.450	kg
Agua	168.771	lt
Agregado Fino	838.337	kg
Agregado Grueso	706.746	kg
Nanosilíce	16.360	lt

O) Proporción en Peso

Cemento	1.00
Agua	0.31
Agregado Fino	1.54
Agregado Grueso	1.30
Nanosilíce	0.03

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 11/02/2020
 Reaizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
 Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN: 3/8") - f'c : 350 kg/cm² + 1.7% NANOSILICE

DATOS

PESO ESPECIFICO gr/cm ³	CEMENTO	
	3.15	
MODULO DE FINEZA	AGREGADO	
	GRUESO	FINO
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/8"	-
PESO UNITARIO SUELTO Kg/m ³	1494.02	1605.33
PESO UNITARIO VARILLADO Kg/m ³	1637.71	1864.81
CONTENIDO DE HUMEDAD %	0.36	0.52
PESO ESPECIFICO gr/cm ³	2.75	2.78
ABSORCION %	0.33	1.28

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr)

< 210 Kg/cm ²	----->	f'c	+	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	----->	f'c	+	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm ²	----->	f'c	+	98	Kg/cm ²

Por lo tanto si :
 f'c = 350 kg/cm² -----> f'cr = 434 Kg/cm²

B) Tamaño Nominal Máximo.

TNM= 3/8"

C) Asentamiento - Slump

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP	
	MAXIMO	MINIMO
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Muros y Pavimentos	3"	1"

D) Contenido de Aire atrapado

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL A.G	% AIRE ATRAPADO
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 11/02/2020
 Reaizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
 Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN: 3/8") - f'c : 350 kg/cm² + 1.7% NANOSILICE

E) Volumen de Agua

ASENTAMIENTO	AGUA EN LT/M3 , PARA TMN AGREGADOS			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO (TEMPERATURAS NORMALES)				
1 " a 2"	207	199	190	179
3 " a 4"	228	216	205	193
6 " a 7"	243	228	216	202

F) Relacion Agua : Cemento

f'cr	Concreto sin Aire Atrapado	Concreto sin Aire Atrapado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

f'cr	a/c
400	0.43
434	0.40
450	0.38

G) Contenido de Cemento

Agua : 228 lt/m³
 575.76 kg
 Cemento : 13.55 Bolsas de 42.5 kg

H) Proporción de los Agregados

Agregado Grueso: 50%
 Agregado Fino: 50%

I) Volúmenes Absolutos

Material	Pesos (kg)	Peso Especifico (kg/m ³)	Volumen (m ³)
Cemento	575.76	3150	0.183
Agua	228.00	1000	0.228
Aire	3.0%		0.03
Aditivo (Nanosilíce)	9.79		<u>0.017</u>
	Volumen Total		0.458

J) Volumen y peso de Agregado Grueso y Fino

Volumen del Agr, Fino 0.271 m³
 Volumen del Agr, Grueso 0.271 m³
 Peso del Agr. Fino (Vol. * P. Especifico) : 753.38 kg
 Peso del Agr. Grueso (Vol. * P. Especifico) : 745.25 kg

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 11/02/2020
Reaizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN: 3/8") - f'c : 350 kg/cm2 + 1.7% NANOSILICE

K) Diseño en Estado Seco

Material	Peso Seco	Unidad	Proporcion
Cemento	575.76	kg	1
Agua	228.00	kg	0.40
Agregado Fino	753.38	kg	1.31
Agregado Grueso	745.25	kg	1.29
Aire	3.0	%	0.03
Nanosilice	9.79	kg	0.017

L) Correccion por Humedad

Material	Peso Seco	Unidad	Humedad Sup	Aporte de Hum.
Agregado Fino	753.38	kg	-0.008	-5.726
Agregado Grueso	745.25	kg	0.000	0.224
	<u>Aporte Total</u>			<u>-5.502</u>

M) Diseño Final por Correccion de Humedad

Cemento	575.758	kg
Agua	233.502	lt
Agregado Fino	757.298	kg
Agregado Grueso	747.933	kg
Nanosilice	9.788	kg

N) Reducción de agua por Nanosilice (Superplastificante)

Cemento	575.758 kg
Agua	188.670 lt
Agregado Fino	757.298 kg
Agregado Grueso	747.933 kg
Nanosilice	9.788 lt

O) Proporción en Peso

Cemento	1.00
Agua	0.33
Agregado Fino	1.32
Agregado Grueso	1.30
Nanosilice	0.017

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 11/02/2020
 Reaizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
 Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN: 3/8") - f'c : 350 kg/cm2 + 2% NANOSILICE

DATOS

PESO ESPECIFICO gr/cm3	CEMENTO	
	3.15	
MODULO DE FINEZA	AGREGADO	
	GRUESO	FINO
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/8"	-
PESO UNITARIO SUELTO Kg/m3	1494.02	1605.33
PESO UNITARIO VARILLADO Kg/m3	1637.71	1864.81
CONTENIDO DE HUMEDAD %	0.36	0.52
PESO ESPECIFICO gr/cm3	2.75	2.78
ABSORCION %	0.33	1.28

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr)

< 210 Kg/cm2	----->	f'c	+	70	Kg/cm2
210 - 350 Kg/cm2	----->	f'c	+	84	Kg/cm2
> 350 Kg/cm2	----->	f'c	+	98	Kg/cm2

Por lo tanto si :

$$f_c = 350 \text{ kg/cm2} \text{ ----->} f_{cr} = 434 \text{ Kg/cm2}$$

B) Tamaño Nominal Máximo.

$$TNM = 3/8"$$

C) Asentamiento - Slump

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP	
	MAXIMO	MINIMO
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Muros y Pavimentos	3"	1"

D) Contenido de Aire atrapado

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL A.G	% AIRE ATRAPADO
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 11/02/2020
 Reaizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
 Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
 Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN: 3/8") - f'c : 350 kg/cm² + 2% NANOSILICE

E) Volumen de Agua

ASENTAMIENTO	AGUA EN LT/M3 , PARA TMN AGREGADOS			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO (TEMPERATURAS NORMALES)				
1 " a 2"	207	199	190	179
3 " a 4"	228	216	205	193
6 " a 7"	243	228	216	202

F) Relacion Agua : Cemento

f'cr	Concreto sin Aire Atrapado	Concreto sin Aire Atrapado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

f'cr	a/c
400	0.43
434	0.40
450	0.38

G) Contenido de Cemento

Agua : 228 lt/m³
 575.76 kg
 Cemento : 13.55 Bolsas de 42.5 kg

H) Proporción de los Agregados

Agregado Grueso: 50%
 Agregado Fino: 50%

I) Volúmenes Absolutos

Material	Pesos (kg)	Peso	
		Específico (kg/m ³)	Volumen (m ³)
Cemento	575.76	3150	0.183
Agua	228.00	1000	0.228
Aire	3.0%		0.03
Aditivo (Nanosilíce)	11.52		<u>0.02</u>
Volumen Total			0.461

J) Volumen y peso de Agregado Grueso y Fino

Volumen del Agr, Fino 0.270 m³
 Volumen del Agr, Grueso 0.270 m³
 Peso del Agr. Fino (Vol. * P. Especifico) : 749.21 kg
 Peso del Agr. Grueso (Vol. * P. Especifico) : 741.13 kg

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

Fecha de Diseño: 11/02/2020
Reaizado por: Bach. Enciso Polo Brandon Alexander
Bach. Huaman Torrejón Davi Jerson
Revisado por: Laboratorio de Suelos y Tecnología de Concreto - UNS

DISEÑO DE MEZCLA (TMN: 3/8") - f'c : 350 kg/cm² + 2% NANOSILICE

K) Diseño en Estado Seco

Material	Peso Seco	Unidad	Proporcion
Cemento	575.76	kg	1
Agua	228.00	kg	0.40
Agregado Fino	749.21	kg	1.30
Agregado Grueso	741.13	kg	1.29
Aire	3.0	%	0.03
Nanosilice	11.52	kg	0.02

L) Correccion por Humedad

Material	Peso Seco	Unidad	Humedad Sup	Aporte de Hum.
Agregado Fino	749.21	kg	-0.008	-5.694
Agregado Grueso	741.13	kg	0.000	0.222
	<u>Aporte Total</u>			<u>-5.472</u>

M) Diseño Final por Correccion de Humedad

Cemento	575.758	kg
Agua	233.472	lt
Agregado Fino	753.106	kg
Agregado Grueso	743.793	kg
Nanosilice	11.515	kg

N) Reducción de agua por Nanosilice (Superplastificante)

Cemento	575.758 kg
Agua	183.276 lt
Agregado Fino	753.106 kg
Agregado Grueso	743.793 kg
Nanosilice	11.515 lt

O) Proporción en Peso

Cemento	1.00
Agua	0.32
Agregado Fino	1.31
Agregado Grueso	1.29
Nanosilice	0.020



ANEXO 03: ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : ENERO 2020

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : MEZCLA DE CONCRETO CON A.G. DE T.M.N. 3/8" CON 0.5% NANOSILICE EN ESTADO FRESCO (F'C DE DISEÑO: 350 KG/CM2)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

ENSAYO 01 - EXTENSION DE FLUJO

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		Nº	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
Flujo de Asentamiento T 50 cm	Segundos	2.0	5.0	T1	9	Segundos
				T2	8	Segundos
				T3	8.5	Segundos
				PROMEDIO	8.5	Segundos
Flujo de Asentamiento	mm	650	800	D1	750	mm
				D2	800	mm
				D3	780	mm
				PROMEDIO	777	mm

ENSAYO 02 - EXTENSION DEL EMBUDO V

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		Nº	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
EMBUDO V	Segundos	6.0	12.0	T1	11	Segundos
				T2	10.5	Segundos
				T3	12	Segundos
				PROMEDIO	11.2	Segundos

ENSAYO 03 - ENSAYO DE LA CAJA L

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		Nº	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
Ensayo de la Caja L	-	0.8	1	E1	0.8	-
				E2	0.82	-
				E3	0.85	-
				PROMEDIO	0.82	-

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : ENERO 2020

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : MEZCLA DE CONCRETO CON A.G. DE T.M.N. 3/8" CON 1.5% NANOSILICE EN ESTADO FRESCO (F'C DE DISEÑO: 350 KG/CM2)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

ENSAYO 01 - EXTENSION DE FLUJO

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		Nº	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
Flujo de Asentamiento T 50 cm	Segundos	2.0	5.0	T1	3	Segundos
				T2	5	Segundos
				T3	4.5	Segundos
				PROMEDIO	4.2	Segundos
Flujo de Asentamiento	mm	650	800	D1	750	mm
				D2	780	mm
				D3	740	mm
				PROMEDIO	757	mm

ENSAYO 02 - EXTENSION DEL EMBUDO V

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		Nº	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
EMBUDO V	Segundos	6.0	12.0	T1	9	Segundos
				T2	8	Segundos
				T3	8.5	Segundos
				PROMEDIO	8.5	Segundos

ENSAYO 03 - ENSAYO DE LA CAJA L

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		Nº	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
Ensayo de la Caja L	-	0.8	1	E1	0.9	-
				E2	1	-
				E3	0.88	-
				PROMEDIO	0.93	-

Fuente: Elaboración propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : ENERO 2020

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : MEZCLA DE CONCRETO CON A.G. DE T.M.N. 3/8" CON 3.0% NANOSILICE EN ESTADO FRESCO (F'C DE DISEÑO: 350 KG/CM2)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

ENSAYO 01 - EXTENSION DE FLUJO

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		Nº	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
Flujo de Asentamiento T 50 cm	Segundos	2.0	5.0	T1	4.5	Segundos
				T2	4.8	Segundos
				T3	5	Segundos
				PROMEDIO	4.8	Segundos
Flujo de Asentamiento	mm	650	800	D1	900	mm
				D2	950	mm
				D3	880	mm
				PROMEDIO	910	mm

ENSAYO 02 - EXTENSION DEL EMBUDO V

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		Nº	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
EMBUDO V	Segundos	6.0	12.0	T1	17	Segundos
				T2	16	Segundos
				T3	18	Segundos
				PROMEDIO	17.0	Segundos

ENSAYO 03 - ENSAYO DE LA CAJA L

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		Nº	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
Ensayo de la Caja L	-	0.8	1	E1	1	-
				E2	0.95	-
				E3	0.98	-
				PROMEDIO	0.98	-

Fuente: Elaboración propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : ENERO 2020

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : MEZCLA DE CONCRETO CON A.G. DE T.M.N. 1/2" CON 0.5% NANOSILICE EN ESTADO FRESCO (F'C DE DISEÑO: 350 KG/CM2)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

ENSAYO 01 - EXTENSION DE FLUJO

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		Nº	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
Flujo de Asentamiento T 50 cm	Segundos	2.0	5.0	T1	10	Segundos
				T2	11	Segundos
				T3	10.5	Segundos
				PROMEDIO	10.5	Segundos
Flujo de Asentamiento	mm	650	800	D1	600	mm
				D2	575	mm
				D3	650	mm
				PROMEDIO	608	mm

ENSAYO 02 - EXTENSION DEL EMBUDO V

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		Nº	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
EMBUDO V	Segundos	6.0	12.0	T1	15	Segundos
				T2	16	Segundos
				T3	15	Segundos
				PROMEDIO	15.3	Segundos

ENSAYO 03 - ENSAYO DE LA CAJA L

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		Nº	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
Ensayo de la Caja L	-	0.8	1	E1	0.86	-
				E2	0.88	-
				E3	0.9	-
				PROMEDIO	0.88	-

Fuente: Elaboración propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : ENERO 2020

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : MEZCLA DE CONCRETO CON A.G. DE T.M.N. 1/2" CON 1.5% NANOSILICE EN ESTADO FRESCO (F'C DE DISEÑO: 350 KG/CM2)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

ENSAYO 01 - EXTENSION DE FLUJO

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		Nº	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
Flujo de Asentamiento T 50 cm	Segundos	2.0	5.0	T1	4	Segundos
				T2	5	Segundos
				T3	4.5	Segundos
				PROMEDIO	4.5	Segundos
Flujo de Asentamiento	mm	650	800	D1	700	mm
				D2	750	mm
				D3	725	mm
				PROMEDIO	725	mm

ENSAYO 02 - EXTENSION DEL EMBUDO V

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		Nº	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
EMBUDO V	Segundos	6.0	12.0	T1	8	Segundos
				T2	8	Segundos
				T3	9	Segundos
				PROMEDIO	8.33	Segundos

ENSAYO 03 - ENSAYO DE LA CAJA L

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		Nº	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
Ensayo de la Caja L	-	0.8	1	E1	0.9	-
				E2	0.95	-
				E3	0.98	-
				PROMEDIO	0.94	-

Fuente: Elaboración propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : ENERO 2020

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : MEZCLA DE CONCRETO CON A.G. DE T.M.N. 1/2" CON 3.0% NANOSILICE EN ESTADO FRESCO (F'C DE DISEÑO: 350 KG/CM2)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

ENSAYO 01 - EXTENSION DE FLUJO

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		N°	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
Flujo de Asentamiento T 50 cm	Segundos	2.0	5.0	T1	4	Segundos
				T2	5	Segundos
				T3	4.5	Segundos
				PROMEDIO	4.5	Segundos
Flujo de Asentamiento	mm	650	800	D1	900	mm
				D2	850	mm
				D3	950	mm
				PROMEDIO	900	mm

ENSAYO 02 - EXTENSION DEL EMBUDO V

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		N°	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
EMBUDO V	Segundos	6.0	12.0	T1	12	Segundos
				T2	11	Segundos
				T3	12	Segundos
				PROMEDIO	11.7	Segundos

ENSAYO 03 - ENSAYO DE LA CAJA L

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		N°	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
Ensayo de la Caja L	-	0.8	1	E1	1	-
				E2	0.98	-
				E3	0.95	-
				PROMEDIO	0.98	-

Fuente: Elaboración propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : FEBRERO 2020

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : MEZCLA DE CONCRETO CON A.G. DE T.M.N. 3/8" CON 1.7% NANOSILICE EN ESTADO FRESCO (F'C DE DISEÑO: 350 KG/CM2)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

ENSAYO 01 - EXTENSION DE FLUJO

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		N°	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
Flujo de Asentamiento T 50 cm	Segundos	2.0	5.0	T1	3.5	Segundos
				T2	4.2	Segundos
				T3	4.8	Segundos
				PROMEDIO	4.2	Segundos
Flujo de Asentamiento	mm	650	800	D1	750	mm
				D2	830	mm
				D3	780	mm
				PROMEDIO	787	mm

ENSAYO 02 - EXTENSION DEL EMBUDO V

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		N°	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
EMBUDO V	Segundos	6.0	12.0	T1	10	Segundos
				T2	11	Segundos
				T3	11.3	Segundos
				PROMEDIO	10.8	Segundos

ENSAYO 03 - ENSAYO DE LA CAJA L

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		N°	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
Ensayo de la Caja L	-	0.8	1	E1	1	-
				E2	0.96	-
				E3	1	-
				PROMEDIO	0.99	-

Fuente: Elaboración propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE-2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : FEBRERO 2020

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : MEZCLA DE CONCRETO CON A.G. DE T.M.N. 3/8" CON 2.0% NANOSILICE EN ESTADO FRESCO (F'C DE DISEÑO: 350 KG/CM2)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

ENSAYO 01 - EXTENSION DE FLUJO

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		N°	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
Flujo de Asentamiento T 50 cm	Segundos	2.0	5.0	T1	5	Segundos
				T2	3.8	Segundos
				T3	5.5	Segundos
				PROMEDIO	4.8	Segundos
Flujo de Asentamiento	mm	650	800	D1	780	mm
				D2	830	mm
				D3	790	mm
				PROMEDIO	800	mm

ENSAYO 02 - EXTENSION DEL EMBUDO V

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		N°	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
EMBUDO V	Segundos	6.0	12.0	T1	12	Segundos
				T2	11	Segundos
				T3	11.5	Segundos
				PROMEDIO	11.5	Segundos

ENSAYO 03 - ENSAYO DE LA CAJA L

METODO	UNIDAD	PARAMETRO		N°	RESULTADO	
		MINIMO	MAXIMO			
Ensayo de la Caja L	-	0.8	1	E1	1	-
				E2	1	-
				E3	1	-
				PROMEDIO	1.00	-

Fuente: Elaboración propia



ANEXO 04: ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU
FECHA : ENERO 2020
TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON
ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO
MUESTRA : MEZCLA DE CONCRETO CON A.G. DE T.M.N. 3/8" CON 0% NANOSILICE EN ESTADO FRESCO (F'C DE DISEÑO: 350 KG/CM2)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

RESISTENCIA A LA COMPRESION (ASTM C-39)

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-01	2/01/2020	9/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	55327	313.09
P-02	2/01/2020	9/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	51884	293.60
P-03	2/01/2020	9/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	54077	306.01
Promedio:								304.23

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-04	2/01/2020	16/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	66294	375.15
P-05	2/01/2020	16/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	67483	381.88
P-06	2/01/2020	16/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	64093	362.69
Promedio:								373.24

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-07	2/01/2020	30/01/2020	28	15.00	30.00	176.715	76088	430.57
P-08	2/01/2020	30/01/2020	28	15.00	30.00	176.715	73711	417.12
P-09	2/01/2020	30/01/2020	28	15.00	30.00	176.715	76441	432.57
Promedio:								426.75

Fuente: Elaboración Propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : ENERO 2020 - FEBRERO 2020

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : MEZCLA DE CONCRETO CON A.G. DE T.M.N. 3/8" CON 0.5% NANOSILICE EN ESTADO FRESCO (F'C DE DISEÑO: 350 KG/CM2)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

RESISTENCIA A LA COMPRESION (ASTM C-39)

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-01	2/01/2020	9/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	67596	382.01
P-02	2/01/2020	9/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	74293	414.86
P-03	2/01/2020	9/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	73786	416.99
Promedio:								404.62
ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-04	6/01/2020	20/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	79292	448.10
P-05	6/01/2020	20/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	82088	458.39
P-06	6/01/2020	20/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	88807	501.88
Promedio:								469.46
ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-07	6/01/2020	3/02/2020	28	15.00	30.00	176.715	92263	521.41
P-08	6/01/2020	3/02/2020	28	15.00	30.00	176.715	108458	605.64
P-09	6/01/2020	3/02/2020	28	15.00	30.00	176.715	97677	552.00
Promedio:								559.68

Fuente: Elaboración Propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : ENERO 2020 - FEBRERO 2020

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : MEZCLA DE CONCRETO CON A.G. DE T.M.N. 3/8" CON 1.5% NANOSILICE EN ESTADO FRESCO (F'C DE DISEÑO: 350 KG/CM2)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

RESISTENCIA A LA COMPRESION (ASTM C-39)

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-01	6/01/2020	13/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	80767	456.44
P-02	6/01/2020	13/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	90622	506.05
P-03	6/01/2020	13/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	91365	516.33
Promedio:								492.94

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-04	6/01/2020	20/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	104505	590.59
P-05	6/01/2020	20/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	100166	559.34
P-06	6/01/2020	20/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	108490	613.11
Promedio:								587.68

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-07	7/01/2020	4/02/2020	28	15.00	30.00	176.715	124595	704.12
P-08	7/01/2020	4/02/2020	28	15.00	30.00	176.715	117350	655.30
P-09	7/01/2020	4/02/2020	28	15.00	30.00	176.715	117752	665.45
Promedio:								674.96

Fuente: Elaboración Propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : ENERO 2020 - FEBRERO 2020

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : MEZCLA DE CONCRETO CON A.G. DE T.M.N. 3/8" CON 3.0% NANOSILICE EN ESTADO FRESCO (F'C DE DISEÑO: 350 KG/CM2)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

RESISTENCIA A LA COMPRESION (ASTM C-39)

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-01	7/01/2020	14/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	63081	356.49
P-02	7/01/2020	14/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	75560	421.94
P-03	7/01/2020	14/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	65323	369.16
Promedio:								382.53

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-04	7/01/2020	21/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	73586	415.86
P-05	7/01/2020	21/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	84800	473.53
P-06	7/01/2020	21/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	85060	480.70
Promedio:								456.70

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-07	7/01/2020	4/02/2020	28	15.00	30.00	176.715	98714	557.86
P-08	7/01/2020	4/02/2020	28	15.00	30.00	176.715	86642	483.82
P-09	7/01/2020	4/02/2020	28	15.00	30.00	176.715	91887	519.28
Promedio:								520.32

Fuente: Elaboración Propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : ENERO 2020 - FEBRERO 2020

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : MEZCLA DE CONCRETO CON A.G. DE T.M.N. 1/2" CON 0% NANOSILICE EN ESTADO FRESCO (F'C DE DISEÑO: 350 KG/CM2)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

RESISTENCIA A LA COMPRESION (ASTM C-39)

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-01	8/01/2020	15/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	57749	326.79
P-02	8/01/2020	15/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	51830	293.30
P-03	8/01/2020	15/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	54422	307.97
Promedio:								309.35

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-04	8/01/2020	22/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	67675	382.96
P-05	8/01/2020	22/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	68772	389.17
P-06	8/01/2020	22/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	67430	381.58
Promedio:								384.57

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-07	8/01/2020	5/02/2020	28	15.00	30.00	176.715	76088	430.57
P-08	8/01/2020	5/02/2020	28	15.00	30.00	176.715	74554	421.89
P-09	8/01/2020	5/02/2020	28	15.00	30.00	176.715	76748	434.30
Promedio:								428.92

Fuente: Elaboración Propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : ENERO 2020 - FEBRERO 2020

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : MEZCLA DE CONCRETO CON A.G. DE T.M.N. 1/2" CON 0.5% NANOSILICE EN ESTADO FRESCO (F'C DE DISEÑO: 350 KG/CM2)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

RESISTENCIA A LA COMPRESION (ASTM C-39)

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-01	8/01/2020	15/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	64678	365.52
P-02	8/01/2020	15/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	71852	401.23
P-03	8/01/2020	15/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	71905	406.36
Promedio:								391.04

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-04	9/01/2020	23/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	77296	436.82
P-05	9/01/2020	23/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	85065	475.01
P-06	9/01/2020	23/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	92240	521.28
Promedio:								477.70

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-07	9/01/2020	6/02/2020	28	15.00	30.00	176.715	98299	555.52
P-08	9/01/2020	6/02/2020	28	15.00	30.00	176.715	111140	620.62
P-09	9/01/2020	6/02/2020	28	15.00	30.00	176.715	101640	574.40
Promedio:								583.51

Fuente: Elaboración Propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : ENERO 2020 - FEBRERO 2020

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : MEZCLA DE CONCRETO CON A.G. DE T.M.N. 1/2" CON 1.5% NANOSILICE EN ESTADO FRESCO (F'C DE DISEÑO: 350 KG/CM2)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

RESISTENCIA A LA COMPRESION (ASTM C-39)

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-01	9/01/2020	16/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	76005	429.53
P-02	9/01/2020	16/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	87583	489.08
P-03	9/01/2020	16/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	84453	477.27
Promedio:								465.29

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-04	9/01/2020	23/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	85451	482.91
P-05	9/01/2020	23/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	104619	584.21
P-06	9/01/2020	23/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	106486	601.78
Promedio:								556.30

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-07	13/01/2020	10/02/2020	28	15.00	30.00	176.715	122959	694.88
P-08	13/01/2020	10/02/2020	28	15.00	30.00	176.715	103943	580.43
P-09	13/01/2020	10/02/2020	28	15.00	30.00	176.715	115817	654.52
Promedio:								643.28

Fuente: Elaboración Propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : ENERO 2020 - FEBRERO 2020

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : MEZCLA DE CONCRETO CON A.G. DE T.M.N. 1/2" CON 3.0% NANOSILICE EN ESTADO FRESCO (F'C DE DISEÑO: 350 KG/CM2)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

RESISTENCIA A LA COMPRESION (ASTM C-39)

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-01	13/01/2020	20/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	67942	383.96
P-02	13/01/2020	20/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	54513	304.41
P-03	13/01/2020	20/01/2020	7	15.00	30.00	176.715	62942	355.70

Promedio: 348.02

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-04	13/01/2020	27/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	79262	447.93
P-05	13/01/2020	27/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	66210	369.73
P-06	13/01/2020	27/01/2020	14	15.00	30.00	176.715	80798	456.61

Promedio: 424.76

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (kg/cm ²)
P-07	13/01/2020	10/02/2020	28	15.00	30.00	176.715	100941	570.45
P-08	13/01/2020	10/02/2020	28	15.00	30.00	176.715	84023	469.20
P-09	13/01/2020	10/02/2020	28	15.00	30.00	176.715	75660	427.58

Promedio: 489.08

Fuente: Elaboración Propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : FEBRERO 2020 - MARZO 2020

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : MEZCLA DE CONCRETO CON A.G. DE T.M.N. 3/8" CON 1.7% NANOSILICE EN ESTADO FRESCO (F'C DE DISEÑO: 350 KG/CM2)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

RESISTENCIA A LA COMPRESION (ASTM C-39)

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA
								ENSAYO (kg/cm ²)
P-01	12/02/2020	19/02/2020	7	15.00	30.00	176.715	94905	536.34
P-02	12/02/2020	19/02/2020	7	15.00	30.00	176.715	95005	530.52
P-03	12/02/2020	19/02/2020	7	15.00	30.00	176.715	85866	485.25
Promedio:								517.37

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA
								ENSAYO (kg/cm ²)
P-04	12/02/2020	26/02/2020	14	15.00	30.00	176.715	103806	586.64
P-05	12/02/2020	26/02/2020	14	15.00	30.00	176.715	115888	647.13
P-06	12/02/2020	26/02/2020	14	15.00	30.00	176.715	104228	589.02
Promedio:								607.60

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA
								ENSAYO (kg/cm ²)
P-07	12/02/2020	11/03/2020	28	15.00	30.00	176.715	124856	705.6
P-08	12/02/2020	11/03/2020	28	15.00	30.00	176.715	123637	690.41
P-09	12/02/2020	11/03/2020	28	15.00	30.00	176.715	126714	716.10
Promedio:								704.04

Fuente: Elaboración Propia

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019”

LUGAR: : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERU

FECHA : FEBRERO 2020 - MARZO 2020

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASESOR : ING. OLASCUAGA CRUZADO CIRILO LINO

MUESTRA : MEZCLA DE CONCRETO CON A.G. DE T.M.N. 3/8" CON 2.0% NANOSILICE EN ESTADO FRESCO (F'C DE DISEÑO: 350 KG/CM2)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

RESISTENCIA A LA COMPRESION (ASTM C-39)

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA
								ENSAYO (kg/cm ²)
P-01	13/02/2020	20/02/2020	7	15.00	30.00	176.715	76136	430.27
P-02	13/02/2020	20/02/2020	7	15.00	30.00	176.715	70080	391.34
P-03	13/02/2020	20/02/2020	7	15.00	30.00	176.715	73947	417.90
Promedio:								413.17

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA
								ENSAYO (kg/cm ²)
P-04	13/02/2020	27/02/2020	14	15.00	30.00	176.715	85229	481.66
P-05	13/02/2020	27/02/2020	14	15.00	30.00	176.715	92075	514.16
P-06	13/02/2020	27/02/2020	14	15.00	30.00	176.715	82310	465.16
Promedio:								486.99

ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA
								ENSAYO (kg/cm ²)
P-07	13/02/2020	12/03/2020	28	15.00	30.00	176.715	109412	618.32
P-08	13/02/2020	12/03/2020	28	15.00	30.00	176.715	95565	533.65
P-09	13/02/2020	12/03/2020	28	15.00	30.00	176.715	99997	565.11
Promedio:								572.36

Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
ASTM C 39

TESIS : "INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019"

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASUNTO : ENSAYO A LA COMPRESION

FECHA : INDICADA

F'c : 350 Kg/cm²

N°	TESTIGO ELEMENTO	FECHA		EDAD DIAS	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kgf)	F'c (kg/cm ²)
		MOLDEO	ROTURA						
1	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	27/10/2020	24/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	125261	708.83
2	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	27/10/2020	24/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	124685	705.57
3	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	27/10/2020	24/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	126349	714.99
4	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	27/10/2020	24/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	125284	708.96
5	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	27/10/2020	24/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	124427	704.11
6	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	27/10/2020	24/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	124296	703.37
7	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	27/10/2020	24/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	123115	696.69
8	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	27/10/2020	24/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	123297	697.72
9	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	27/10/2020	24/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	123714	700.08
10	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	28/10/2020	25/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	124974	707.21
11	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	28/10/2020	25/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	125879	712.33
12	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	28/10/2020	25/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	123552	699.16
13	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	28/10/2020	25/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	125492	710.14
14	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	28/10/2020	25/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	125545	710.44
15	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	28/10/2020	25/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	122442	692.88
16	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	28/10/2020	25/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	122732	694.52
17	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	28/10/2020	25/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	126271	714.55
18	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	28/10/2020	25/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	126063	713.37
19	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	29/10/2020	26/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	126556	716.16
20	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	29/10/2020	26/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	124969	707.18
21	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	29/10/2020	26/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	123554	699.17
22	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilíce	29/10/2020	26/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	124269	703.22



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Ing. Rafael Armando Charcape Miraya
CIP N° 166026 - CONSULTOR C13302
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 – Lote 24 - P.J. Miraflores Alto – Chimbote
Celular: 938124054 – 946445353
Correo Electrónico: Wildcats_peru_ingenieros@Outlook.com
Wpisac2013@hotmail.com



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

ASTM C 39

TESIS : "INFLUENCIA DE LA ADICION DE NANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE- 2019"

TESISTAS : BACH. ENCISO POLO BRANDON ALEXANDER
BACH. HUAMAN TORREJON DAVI JERSON

ASUNTO : ENSAYO A LA COMPRESIÓN

FECHA : INDICADA

F'c : 350 Kg/cm²

N°	TESTIGO ELEMENTO	FECHA		EDAD DIAS	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kgf)	F'c (kg/cm ²)
		MOLDEO	ROTURA						
23	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilice	29/10/2020	26/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	124464	704.32
24	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilice	29/10/2020	26/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	122960	695.81
25	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilice	29/10/2020	26/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	124739	705.88
26	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilice	29/10/2020	26/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	122854	695.21
27	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilice	29/10/2020	26/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	123955	701.44
28	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilice	30/10/2020	27/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	124879	706.67
29	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilice	30/10/2020	27/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	122317	692.17
30	P. CAC- con 1.7% adición Nanosilice	30/10/2020	27/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	124554	704.83



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Rafael Armando Charcape Minaya
Ing. Rafael Armando Charcape Minaya
CIP Nº 100028 - CONSULTOR C13302
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS





ANEXO 05: PANEL FOTOGRAFICO

PANEL FOTOGRAFICO

FOTO N°01



Realizando la reducción por cuarteo de la arena gruesa para la obtención de muestras representativas.

FOTO N°02



Realizando la reducción por cuarteo de la piedra chancada de 3/8" para la obtención de muestras representativas.

FOTO N°03



Realizando la reducción por cuarteo de la piedra chancada de 1/2" para la obtención de muestras representativas.

FOTO N°04



Tamizado para calcular la granulometría del agregado fino.

FOTO N°05



Tamizado para calcular la granulometría del agregado grueso.

FOTO N°06



Enrazando el agregado fino para calcular el Peso Unitario Suelto.

FOTO N°07



Compactando en capas el agregado fino para calcular el Peso Unitario Compactado.

FOTO N°08



Llenando el recipiente de madera con agregado grueso para calcular el Peso Unitario Suelto.

FOTO N°09



Compactando en capas el agregado grueso para calcular el Peso Unitario Compactado.

FOTO N°10



Obteniendo la arena saturada superficialmente seca.

FOTO N°11



Calentamiento del picnómetro+agua+muestra para eliminar los espacios vacíos.

FOTO N°12



Obteniendo la piedra saturada superficialmente seca.

FOTO N°13



Determinando el peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla.

FOTO N°14



Secando las muestras de agregado para determinar el contenido de humedad.

FOTO N°15



Colocación de petróleo como desmoldante en las probetas.

FOTO N°16



Vista de los materiales pesados y listos para la preparación del concreto.

FOTO N°17



Aditivo Superplastificante Nanosílice: R-2021

FOTO N°18



Vertido de la Nanosílice en la mezcla de concreto.

FOTO N°19



Vista de los aparatos limpios y humectados, listos para los ensayos del concreto en estado fresco.

FOTO N°20



Llenado del cono con la mezcla, sujetándolo firmemente y enrazado.

FOTO N°21



Vista de la medición del diámetro alcanzado en el ensayo de Extensión de Flujo.

FOTO N°22



Llenado del Embudo V completamente con concreto sin compactar, enrazado ligeramente.

FOTO N°23



Abriendo la puerta de la base y controlando el tiempo que demora en descargar el concreto.

FOTO N°24



Llenado de la sección vertical de la Caja L con la muestra de concreto.

FOTO N°25



Vista de la compuerta abierta, y la mezcla extendida, lista para la posterior medición de las alturas en cada extremo de la sección horizontal.

FOTO N°26



Fraguado del Concreto Patrón durante 24 horas.

FOTO N°27



Fraguado del Concreto Autocompactante durante 24 horas.

FOTO N°28



Desencofrado de los especímenes de concreto.

FOTO N°29



Rotura de testigos de concreto en la maquina electro-hidráulica, para la obtención de la resistencia a la compresión.



ANEXO 06: FICHA TECNICA DEL NANOSILICE

Descripción

R-2021 es un nanoaditivo en estado líquido; de alta actividad por las nano materias de última generación que lo componen.

Pertenece a la línea GAIA NANOSILICE, donde las reacciones químicas en el hormigón convierten las nanopartículas de sílice en nanopartículas de cemento

R-2021 ha sido diseñado especialmente para usar en concretos de alta exigencia:

- baja permeabilidad,
- alta resistencia inicial
- mantención de fluidez.

Aspectos Técnicos

Puede reemplazar totalmente el uso de microsílíce en cualesquiera de sus formas:
http://ulmen.cl/pag/presentacion_esp/17.htm

No contiene cloruros ni otros promotores de la corrosión. No requiere cuidados ó precauciones especiales

Actúa sin otros aditivos y sólo requiere para el shotcrete los usuales acelerantes

Reducción de costo

A consecuencia de la menor actividad operacional y menor flujo de material, con la consiguiente reducción de inventarios y operaciones mas seguras al estandarizarlas, y, - - - - es líquido, amigable con el medio ambiente y la salud de los trabajadores.

http://ulmen.cl/pag/presentacion_esp/16.htm

Duración

6 meses almacenado en lugar fresco y protegido del sol, recomendado por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO 9001



Dosis

Recomendamos dosis de acuerdo a los concretos a elaborar. Lo ideal es contactar el servicio técnico ULMEN para optimizar su uso.

Presentación

En cilindro plástico de 220 kg
En dispenser retornable de 1100 kg

Propiedades físicas

Apariencia : Líquido
Color : Blanco Opalescente
Densidad : 1,08 ± 0,02 g/mL
pH : 4,5 ± 2

Normas

R-2021 se clasifica con aditivo tipo F, Reductor de agua de alto rango" según ASTM C494.



DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, **DAVI JERSON HUAMÁN TORREJÓN**

(estudiante) / docente de la

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	x
Escuela Profesional:	Ingeniería CIVIL					
Departamento Académico:						
Escuela de Posgrado	Maestría				Doctorado	

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación intitulado:

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLÁSTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE - 2019"

presentado en ~~223~~ folios, para la obtención del Grado académico: ()

Título profesional: (X) Investigación anual: ()

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Nuevo Chimbote, 19 de MAYO de 2021

Firma:

Nombres y Apellidos: **DAVI JERSON HUAMAN TORREJON**

DNI: **73995996**

NOTA: Esta Declaración Jurada simple indicando que su investigación es un trabajo inédito, no exime a tesistas e investigadores, que no bien se retome el servicio con el software antiplagio, ésta tendrá que ser aplicado antes que el informe final sea publicado en el Repositorio Institucional Digital UNS.



DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, **BRANDON ALEXANDER ENCISO POLO**

estudiante / docente de la

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	x
Escuela Profesional:	Ingeniería CIVIL					
Departamento Académico:						
Escuela de Posgrado	Maestría				Doctorado	

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación intitulado:

INFLUENCIA DE LA ADICION DE MANOSILICE SOBRE LAS PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, NUEVO CHIMBOTE - 2019

presentado en 223 folios, para la obtención del Grado académico:	()		
Título profesional:	(X)	Investigación anual:	()

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Nuevo Chimbote, **19** de **MAYO** de 2021

Firma:

Nombres y Apellidos: **BRANDON ALEXANDER ENCISO POLO**

DNI: **70486597**

NOTA: Esta Declaración Jurada simple indicando que su investigación es un trabajo inédito, no exime a tesisistas e investigadores, que no bien se retome el servicio con el software antiplagio, ésta tendrá que ser aplicado antes que el informe final sea publicado en el Repositorio Institucional Digital UNS.