



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

## INFLUENCIA DE LOS SUPERPLASTIFICANTE TIPO F SOBRE SUS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero civil**

**Autor:**

Br. Brando Jeffrey Rodríguez Méndez

**Asesor:**

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro

Trujillo - Perú

2019

## DEDICATORIA

*A Dios, por brindarme salud y vida, lo cual en este momento me lleva a pasar un momento muy especial para mi vida, lo cual me demuestra su grandísima bondad y amor hacia el prójimo.*

*A mi madre Isabel Marlene Mendez Vasquez por ser quien estuvo conmigo en todo momento, además por sus consejos, además de ser la persona quien admiro y ser mi motivación constante para convertirme en un profesional.*

*A mi padre Amarildo Rodriguez Ordoñez por sus consejos y demostrarme perseverancia en todo momento de la vida que lo caracteriza quien me ha llevado a formarme y llevarme a ser parte de los profesionales exitosos.*

*A mi hermano Bagni Josimar Rodriguez Mendez quien en todo momento de la vida me apoya y el mismo ser mi mejor amigo.*

*A mi asesor Ingeniero Ivan Eugenio Vasquez Alfaro por su amistad, guía y recomendaciones.*

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Ing. Iván E. Vásquez Alfaro, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis del estudiante:

- Rodríguez Méndez Brando Jeffrey

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: Influencia de los superplastificante tipo f sobre sus propiedades físicas y mecánicas de un concreto autocompactante, para aspirar al título profesional de: Ingeniero Civil por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

---

Ing. Iván E. Vásquez Alfaro  
Asesor

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a mis abuelos: Cesareo Méndez Ibañez, Lidia Vázquez Hernández y Marina Ordoñez Guzmán quienes me han brindado su tiempo para realizarme como profesional.*

*A mis tíos: William, Ricardo, Miguel, Walter, Amado, que con sus consejos me han enseñado a no ser frágil ante los problemas que siempre se van a presentar en la vida profesional.*

*A mi familia, primas, primos, tíos, tías, por ser parte de mi vida emocional y enseñarme valores para ser una mejor persona.*

*A mis educadores de la universidad quienes me han demostrado confianza y sabiduría para el camino de la globalización y ser una persona exitosa, además a mi asesor de tesis Ing Ivan Eugenio Vásquez Alfaro por guiarme en toda la elaboración de esta investigación.*

*A el grupo ACIMAT que me acogió en el camino de la investigación y trabajo, día a día nos sorprende con cada innovación lo cual contribuye a la sociedad.*

*A la constructora CasFran Logistic & Investment S.A.C por darme la oportunidad de ser parte de su equipo de trabajo.*

*Además, a la empresa Sika y Euco por brindarme una donación de muestra de aditivo superplastificante para obtener un concreto autocompactante.*

## INDICE DE CONTENIDOS

<b>ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS .....</b>	<b>3</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>11</b>
<b>INDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>1.1 Realidad problemática.....</b>	<b>18</b>
<b>1.1.1 Problema de investigación .....</b>	<b>18</b>
<b>1.1.2 Antecedentes .....</b>	<b>24</b>
<b>1.1.3 Bases teóricas .....</b>	<b>27</b>
<b>1.1.3.1 Concreto autocompactante .....</b>	<b>27</b>
<b>1.1.3.1.1 Propiedades en estado fresco.....</b>	<b>28</b>
<b>a. Capacidad de llenado .....</b>	<b>29</b>
<b>b. Viscosidad.....</b>	<b>29</b>
<b>c. Capacidad de paso.....</b>	<b>30</b>
<b>d. Resistencia a la segregación .....</b>	<b>31</b>
<b>1.1.3.1.2 Propiedad en estado endurecido.....</b>	<b>32</b>
<b>a. Resistencia a la compresión NTP 339.034.....</b>	<b>33</b>
<b>1.1.3.1.3 Campo de aplicación.....</b>	<b>33</b>
<b>1.1.3.1.4 Ventajas y desventajas del concreto autocompactante .....</b>	<b>35</b>
<b>1.1.3.1.5 Componentes del concreto autocompactante .....</b>	<b>36</b>
<b>1.1.3.1.6 Cemento portland.....</b>	<b>36</b>
<b>a. Compuestos químicos del cemento portland.....</b>	<b>39</b>
<b>b. Tipos de cemento.....</b>	<b>40</b>
<b>b.1 Cemento Portland NTP 334.009 / ASTM C150.....</b>	<b>40</b>
<b>b.2 Cemento Portland adicionado NTP 334.090 / ASTM C595 .....</b>	<b>40</b>
<b>c. Calor de hidratación del cemento NTP 334.064.....</b>	<b>41</b>
<b>d. Fraguado y endurecimiento del concreto.....</b>	<b>42</b>
<b>e. Peso específico del cemento NTP 334.005 .....</b>	<b>42</b>
<b>f. Normalización del cemento.....</b>	<b>42</b>

<b>g.</b>	<b>Almacenamiento del cemento en obra.....</b>	<b>43</b>
<b>1.1.3.1.6</b>	<b>Agregados NTP 400.037.....</b>	<b>43</b>
<b>a.</b>	<b>Agregado grueso.....</b>	<b>43</b>
<b>b.</b>	<b>Agregado fino.....</b>	<b>44</b>
<b>c.</b>	<b>Propiedades de los agregados.....</b>	<b>44</b>
<b>c.1</b>	<b>Granulometría NTP 400.012 / ASTM C136.....</b>	<b>44</b>
<b>c.2</b>	<b>Módulo de fineza NTP 400.012 / ASTM C136.....</b>	<b>45</b>
<b>c.3</b>	<b>Peso unitario NTP 400.017 / ASTM C29.....</b>	<b>45</b>
<b>c.4</b>	<b>Peso específico NTP 400.021 AG / NTP 400.022 AF.....</b>	<b>45</b>
<b>c.5</b>	<b>Absorción NTP 400.021 AG / NTP 400.022 AF.....</b>	<b>46</b>
<b>c.6</b>	<b>Contenido de humedad NTP 339.185 / ASTM C566.....</b>	<b>46</b>
<b>d.</b>	<b>Agua para el concreto NTP 334.088.....</b>	<b>47</b>
<b>e.</b>	<b>Adiciones.....</b>	<b>47</b>
<b>d.1</b>	<b>Aditivo.....</b>	<b>48</b>
<b>e.2</b>	<b>Clasificación de los aditivos.....</b>	<b>49</b>
<b>e.3</b>	<b>Razones para el empleo de aditivos.....</b>	<b>50</b>
<b>e.3.1</b>	<b>Reseña histórica de los plastificantes.....</b>	<b>50</b>
<b>e.3.1.1</b>	<b>Lignosulfatos.....</b>	<b>50</b>
<b>e.3.1.2</b>	<b>Naftalenos sulfonatos y copolímeros de vinilo.....</b>	<b>51</b>
<b>e.3.1.3</b>	<b>Policarboxilatos.....</b>	<b>52</b>
<b>1.1.3.1.7</b>	<b>Aditivo Neoplast 8500 HP.....</b>	<b>53</b>
<b>1.1.3.1.8</b>	<b>Aditivo Sika Viscocrete SC-60.....</b>	<b>54</b>
<b>1.1.3.1.9</b>	<b>Métodos de ensayo del concreto autocompactante en su estado fresco.....</b>	<b>54</b>
<b>1.1.3.1.10</b>	<b>Composición de la mezcla de concreto autocompactante.....</b>	<b>55</b>
<b>1.2</b>	<b>Formulación del problema.....</b>	<b>56</b>
<b>1.3</b>	<b>Justificación.....</b>	<b>56</b>
<b>1.4</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>58</b>
<b>1.4.3</b>	<b>Objetivo general.....</b>	<b>58</b>
<b>1.4.2</b>	<b>Objetivo específico.....</b>	<b>58</b>

<b>1.5</b>	<b>Hipótesis .....</b>	<b>58</b>
<b>1.5.1</b>	<b>Hipótesis general .....</b>	<b>58</b>
<b>1.5.2</b>	<b>Hipótesis específico.....</b>	<b>58</b>
<b>CAPITULO II METODOLOGÍA.....</b>		<b>59</b>
<b>2.1</b>	<b>Operacionalización de variables .....</b>	<b>59</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Variable dependiente.....</b>	<b>59</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Variable independiente.....</b>	<b>60</b>
<b>2.2</b>	<b>Diseño de investigación.....</b>	<b>60</b>
<b>2.3</b>	<b>Unidad de estudio .....</b>	<b>64</b>
<b>2.4</b>	<b>Población .....</b>	<b>65</b>
<b>2.5</b>	<b>Muestra .....</b>	<b>65</b>
<b>2.6</b>	<b>Técnicas e instrumentos y procedimiento de recolección de datos.....</b>	<b>67</b>
<b>2.6.1</b>	<b>Técnicas de recolección de datos .....</b>	<b>67</b>
<b>2.6.2</b>	<b>Instrumentos de recolección de datos.....</b>	<b>67</b>
<b>2.6.3</b>	<b>Procedimiento de recolección de datos .....</b>	<b>68</b>
<b>2.6.3.1</b>	<b>Obtención y caracterización de insumos.....</b>	<b>69</b>
<b>2.6.3.1.1</b>	<b>Obtención de insumos .....</b>	<b>69</b>
<b>2.6.3.1.2</b>	<b>Caracterización de los agregados.....</b>	<b>70</b>
<b>2.6.3.1.2.1</b>	<b>Granulometría del agregado grueso y fino NTP 400.012 / ASTM C136 .....</b>	<b>70</b>
<b>2.6.3.1.2.2</b>	<b>Contenido de humedad agregado grueso y fino NTP 339.185 /ASTM C 566.....</b>	<b>74</b>
<b>2.6.3.1.2.3</b>	<b>Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso y fino NTP 400.017 / ASTM C 29 .....</b>	<b>75</b>
<b>2.6.3.1.2.3.1</b>	<b>Peso unitario suelto seco (PUSS).....</b>	<b>77</b>
<b>2.6.3.1.2.3.2</b>	<b>Peso unitario compactado seco (PUCS) .....</b>	<b>78</b>
<b>2.6.3.1.2.4</b>	<b>Peso específico y absorción del agregado grueso NTP 400.021 / ASTM C127.....</b>	<b>79</b>
<b>2.6.3.1.2.5</b>	<b>Peso específico y absorción del agregado fino NTP 400.022 / ASTM C128 .....</b>	<b>80</b>
<b>2.6.3.1.3</b>	<b>Diseño de mezcla ACI 211 .....</b>	<b>83</b>
<b>2.6.3.1.4</b>	<b>Diseño de mezcla de un concreto autocompactante GPE 2006.....</b>	<b>86</b>
<b>2.6.3.1.5</b>	<b>Ensayos del concreto autocompactante en su estado fresco GPE 2006.....</b>	<b>87</b>
<b>2.6.3.1.5.1</b>	<b>Flujo de asentamiento por el cono de Abrams y T<sub>500</sub> (ASTM C1611).....</b>	<b>87</b>

2.6.3.1.5.2	Ensayo de embudo V.....	90
2.6.3.1.5.3	Ensayo del anillo japonés .....	91
2.6.3.1.5.4	Ensayo de caja L.....	94
2.6.3.1.5.5	Tamiz de segregación GTM .....	96
2.6.3.1.5.6	Columna de segregación ASTM C 1610 / NTG 41017 .....	98
2.6.3.1.6	Aceptación de datos .....	99
2.6.3.1.7	Caracterización del concreto en estado endurecido.....	100
2.6.3.1.7.1	Conformado de probetas cilíndricas.....	100
2.6.3.1.7.2	Desmolde, codificación y curado de las probetas.....	101
2.6.3.1.7.3	Resistencia a la compresión NTP 330.034 .....	101
<b>CAPITULO III RESULTADOS .....</b>		<b>103</b>
A.	Ensayos en estado fresco.....	103
3.A.1	Flujo de asentamiento por el cono de Abrams y $T_{500}$ (s) .....	103
3.A.1.1	Euco – flujo de asentamiento y $T_{500}$ (s) .....	103
3.A.1.2	Sika– flujo de asentamiento y $T_{500}$ (s).....	105
3.A.2	Ensayo de embudo V .....	107
3.A.2.1	Euco – embudo V .....	107
3.A.2.2	Sika – embudo V .....	108
3.3.3	Ensayo de anillo japonés.....	109
3.3.3.1	Euco – anillo J.....	109
3.3.3.2	Sika – anillo J.....	111
3.3.4	Ensayo de caja L .....	114
3.3.4.1	Euco – caja L .....	114
3.3.4.2	Sika – caja L .....	116
3.3.5	Tamiz de segregación GTM.....	119
3.3.5.1	Euco – tamiz de segregación GTM.....	119
3.3.5.2	Sika – tamiz de segregación GTM.....	120
3.3.6	Columna de segregación .....	121
3.3.6.1	Euco – columna de segregación .....	121

3.3.6.2 Sika – columna de segregación .....	122
<b>B. Ensayos en estado endurecido.....</b>	<b>124</b>
3.B.1 Resistencia a la compresión .....	124
3.B.1.1 Concreto convencional ACI 211 .....	124
3.B.1.2 Concreto autocompactante patrón 0% de adición superplastificante.....	124
3.B.1.3 Resistencia a la compresión Concreto autocompactante Euco .....	125
3.B.1.4 Resistencia a la compresión Concreto autocompactante Sika .....	126
3.5 Análisis de datos.....	127
3.5.1 Flujo de asentamiento por el cono de abrams y T <sub>500</sub> .....	127
3.5.2 Ensayo de embudo V .....	128
3.5.3 Ensayo de caja L .....	128
3.5.4 Ensayo de anillo japonés.....	129
3.5.5 Tamiz de segregación GTM.....	130
3.5.6 Resistencia a la compresión .....	130
<b>CAPITULO IV DISCUSION Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>132</b>
<b>A. Discusión .....</b>	<b>132</b>
<b>B. Conclusiones .....</b>	<b>138</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>14142</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>146</b>
<b>A. Caracterización de los agregados.....</b>	<b>146</b>
Análisis granulométrico de los agregados NTP 400.012 / ASTM C136 .....	146
Agregado fino .....	146
Agregado grueso .....	148
Contenido de humedad del agregado NTP 339.185 / ASTM C566.....	149
Agregado fino .....	149
Agregado grueso .....	150
Peso unitario de los agregados NTP 400.017 / ASTM C29.....	150
Peso unitario seco suelto del agregado fino .....	150
Peso unitario seco suelto del agregado grueso .....	150

<b>Peso unitario seco compactado del agregado fino .....</b>	<b>151</b>
<b>Peso unitario seco compactado del agregado grueso .....</b>	<b>151</b>
<b>Peso específico y absorción de los agregados.....</b>	<b>152</b>
<b>Peso específico y absorción del agregado fino NTP 400.022 / ASTM C128.....</b>	<b>152</b>
<b>Peso específico y absorción del agregado grueso NTP 400.021 / ASTM C127 .....</b>	<b>153</b>
<b>B.      Diseño de mezcla de concreto autocompactante .....</b>	<b>153</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Clasificación de extensión de flujo .....	29
<b>Tabla 2:</b> Márgenes de valores de extensión de flujo .....	29
<b>Tabla 3:</b> Clasificación de viscosidad del concreto autocompactante .....	30
<b>Tabla 4:</b> Márgenes de valores de viscosidad.....	30
<b>Tabla 5:</b> Clasificación de capacidad de paso.....	30
<b>Tabla 6:</b> Márgenes de valores de capacidad de paso.....	31
<b>Tabla 7:</b> Clasificación resistencia a la segregación.....	31
<b>Tabla 8:</b> Márgenes de valores de capacidad de paso.....	31
<b>Tabla 9:</b> Diversas ventajas técnicas y económicas según su rubro .....	35
<b>Tabla 10:</b> Desventajas según su rubro.....	36
<b>Tabla 11:</b> Componentes químicos del cemento portland .....	39
<b>Tabla 12:</b> Tipos de cemento portland.....	40
<b>Tabla 13:</b> Tipos de cemento portland adicionado .....	40
<b>Tabla 14:</b> Calor liberado de hidratación.....	42
<b>Tabla 15:</b> Limite permisible para la calidad de agua .....	47
<b>Tabla 16:</b> Tipos de adiciones.....	48
<b>Tabla 17:</b> Métodos de ensayo del concreto autocompactante .....	55
<b>Tabla 18:</b> Rangos típicos para la composición de la mezcla del concreto autocompactante .....	55
<b>Tabla 19:</b> Operacionalización de variable dependiente.....	59
<b>Tabla 20:</b> Operacionalización de variable independiente .....	60
<b>Tabla 21:</b> Variable dependiente e independiente .....	60
<b>Tabla 22:</b> Detalle de las variables independiente .....	61
<b>Tabla 23:</b> Matriz de diseño experimental.....	62
<b>Tabla 24:</b> Valores de la distribución normalizada.....	66
<b>Tabla 25:</b> Valores de la distribución normalizada.....	66
<b>Tabla 26:</b> Cantidad de muestra de ensayo.....	70
<b>Tabla 27:</b> Tamices empleados para el agregado grueso .....	71
<b>Tabla 28:</b> Tamices empleados para el agregado fino .....	71
<b>Tabla 29:</b> Análisis granulométrico del agregado grueso .....	73
<b>Tabla 30:</b> Análisis granulométrico del agregado fino .....	73
<b>Tabla 31:</b> Huso granulométrico de los agregados .....	74
<b>Tabla 32:</b> Contenido de humedad del agregado grueso .....	75
<b>Tabla 33:</b> Contenido de humedad del agregado fino.....	75
<b>Tabla 34:</b> Densidad del agua a diferentes temperaturas .....	76
<b>Tabla 35:</b> Peso unitario suelto seco del agregado grueso.....	77
<b>Tabla 36:</b> Peso unitario suelto seco del agregado fino .....	77
<b>Tabla 37:</b> Peso unitario compactado seco del agregado grueso .....	78
<b>Tabla 38:</b> Peso unitario compactado seco del agregado fino .....	78
<b>Tabla 39:</b> Peso específico de masa del agregado grueso.....	80
<b>Tabla 40:</b> Porcentaje de absorción del agregado grueso .....	80
<b>Tabla 41:</b> Peso específico de masa del agregado fino .....	82
<b>Tabla 42:</b> Porcentaje de absorción del agregado fino .....	83
<b>Tabla 43:</b> Factor de seguridad $f^{cr}$ .....	83
<b>Tabla 44:</b> Relación agua/cemento .....	83
<b>Tabla 45:</b> Cantidad aproximada de agua $L/m^3$ .....	84

<b>Tabla 46:</b> Volumen del agregado grueso.....	84
<b>Tabla 47:</b> Rangos típicos de la composición de mezcla.....	86
<b>Tabla 48:</b> Rango de aplicación de aditivo en porcentaje.....	86
<b>Tabla 49:</b> Capacidad de llenado, ensayo del escurrimiento .....	89
<b>Tabla 50:</b> Viscosidad, T <sub>500</sub> .....	89
<b>Tabla 51:</b> Viscosidad, ensayo de embudo V .....	91
<b>Tabla 52:</b> Evaluación de bloqueo .....	92
<b>Tabla 53:</b> Extensión de flujo y variación con flujo anillo J .....	93
<b>Tabla 54:</b> Diferencia de altura interior y exterior del anillo japonés.....	93
<b>Tabla 55:</b> Ensayo de caja en L .....	95
<b>Tabla 56:</b> Ensayo segregación por tamiz GTM.....	97
<b>Tabla 57:</b> Ensayo de columna de segregación .....	99
<b>Tabla 58:</b> Valores del índice de estabilidad visual .....	100
<b>Tabla 59:</b> Registro de datos de la resistencia a compresión .....	102
<b>Tabla 60:</b> Resumen del análisis ANOVA para los resultados de extensión de flujo .....	127
<b>Tabla 61:</b> Resumen del análisis ANOVA para los resultados de la viscosidad T500.....	128
<b>Tabla 62:</b> Resumen del análisis ANOVA para los resultados de la viscosidad embudo V.....	128
<b>Tabla 63:</b> Resumen del análisis ANOVA para los resultados de la capacidad de paso Caja L .....	129
<b>Tabla 64:</b> Resumen del análisis ANOVA de la capacidad de paso anillo japonés.....	129
<b>Tabla 65:</b> Resumen del análisis ANOVA de resistencia a la segregación tamiz GTM .....	130
<b>Tabla 66:</b> Resumen del análisis ANOVA para los resultados de resistencia a la compresión axial ..	131
<b>Tabla 67:</b> Análisis granulométrico del agregado fino .....	146
<b>Tabla 68:</b> Análisis granulométrico del agregado grueso .....	148
<b>Tabla 69:</b> Contenido de humedad del agregado fino.....	149
<b>Tabla 70:</b> Contenido de humedad del agregado grueso .....	150
<b>Tabla 71:</b> Peso unitario seco suelto agregado fino.....	150
<b>Tabla 72:</b> Peso unitario seco suelto del agregado grueso.....	150
<b>Tabla 73:</b> Peso unitario seco compactado del agregado fino .....	151
<b>Tabla 74:</b> Peso unitario seco compactado del agregado grueso .....	151
<b>Tabla 75:</b> Peso específico del agregado fino.....	152
<b>Tabla 76:</b> Porcentaje de absorción del agregado fino .....	152
<b>Tabla 77:</b> Peso específico del agregado grueso.....	153
<b>Tabla 78:</b> Porcentaje de absorción del agregado grueso .....	153
<b>Tabla 79:</b> Características de los agregados .....	154
<b>Tabla 80:</b> Cantidades y proporciones de concreto convencional .....	154
<b>Tabla 81:</b> Cantidades y proporciones de concreto autocompactante .....	155
<b>Tabla 82:</b> Factor de seguridad f <sub>cr</sub> .....	166
<b>Tabla 83:</b> Relación agua/cemento .....	166
<b>Tabla 84:</b> Slump requerido para el tipo de estructura .....	167
<b>Tabla 85:</b> Cantidad aproximada de agua L/m <sup>3</sup> .....	167
<b>Tabla 86:</b> Volumen del agregado grueso.....	168
<b>Tabla 87:</b> Cantidades de un concreto convencional .....	170
<b>Tabla 88:</b> <i>Proporciones en diferentes unidades de medida de un concreto convencional</i> <i>(1m<sup>3</sup>=35.31ft<sup>3</sup>).....</i>	170
<b>Tabla 89:</b> <i>Cantidades y proporciones de concreto autocompactante .....</i>	171
<b>Tabla 90:</b> <i>Proporciones en diferentes unidades de medida de un concreto autocompactante</i> <i>(1m<sup>3</sup>=35.31ft<sup>3</sup>).....</i>	171

<b>Tabla 91:</b>	Puntos porcentuales de la desviación $F_{0.05}$ , $V_1, V_2$ .....	194
<b>Tabla 92:</b>	Resultados de la capacidad de paso, extensión de flujo.....	196
<b>Tabla 93:</b>	Estimación de $Y_j$ y $Y_i$ para los datos de extensión de flujo.....	197
<b>Tabla 94:</b>	Resumen del análisis ANOVA para la extensión de flujo .....	201
<b>Tabla 95:</b>	Resultados de la viscosidad, $T_{500}$ (s).....	202
<b>Tabla 96:</b>	Estimación de $Y_j$ y $Y_i$ para los datos de $T_{500}(s)$ .....	203
<b>Tabla 97:</b>	Resumen del análisis ANOVA para los resultados de $T_{500}(s)$ .....	207
<b>Tabla 98:</b>	Resultados de la viscosidad, embudo V.....	208
<b>Tabla 99:</b>	Estimación de $Y_j$ y $Y_i$ para los datos de embudo V .....	209
<b>Tabla 100:</b>	Resumen del análisis ANOVA para los resultados de embudo V .....	213
<b>Tabla 101:</b>	Resultados de capacidad de paso, caja L .....	214
<b>Tabla 102:</b>	Estimación de $Y_j$ y $Y_i$ para los datos de caja L .....	215
<b>Tabla 103:</b>	Resumen del análisis ANOVA para los resultados de caja L .....	219
<b>Tabla 104:</b>	Resultados de la capacidad de paso, anillo japonés .....	220
<b>Tabla 105:</b>	Estimación de $Y_j$ y $Y_i$ para los datos de anillo japonés.....	221
<b>Tabla 106:</b>	Resumen del análisis ANOVA para los resultados de anillo japonés.....	225
<b>Tabla 107:</b>	Resultados de resistencia a la segregación, tamiz GTM.....	226
<b>Tabla 108:</b>	Estimación de $Y_j$ y $Y_i$ para los datos de segregación por tamiz GTM.....	227
<b>Tabla 109:</b>	Resumen del análisis ANOVA para los resultados de tamiz GTM .....	231
<b>Tabla 110:</b>	Resultados a la compresión axial .....	232
<b>Tabla 111:</b>	Estimación de $Y_j$ y $Y_i$ para los datos de resistencia a la compresión axial .....	233
<b>Tabla 112:</b>	Resumen del análisis ANOVA para los resultados de compresión axial.....	237

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Producto bruto interno de sectores económicos 2019 .....	19
<b>Figura 2:</b> Perspectiva de ventas en unidades en el 2019 .....	20
<b>Figura 3:</b> Proyecto Misti Arequipa .....	21
<b>Figura 4:</b> Diseño arquitectónico de una vivienda.....	23
<b>Figura 5:</b> Resistencia máxima del concreto autocompactante .....	24
<b>Figura 6:</b> Ensayos al concreto autocompactante .....	25
<b>Figura 7:</b> Resistencia máxima del concreto autocompactante .....	26
<b>Figura 8:</b> Propiedades del concreto autocompactante en estado fresco .....	28
<b>Figura 9:</b> Mecanismo de bloqueo de agregados.....	31
<b>Figura 10:</b> Campo de aplicación del concreto autocompactante.....	32
<b>Figura 11:</b> Espécimen de concreto autocompactante ensayado .....	33
<b>Figura 12:</b> Edificio capital San Isidro, Lima .....	34
<b>Figura 13:</b> Cemento portland Pacasmayo tipo I.....	38
<b>Figura 14:</b> Porcentajes de participación de los componentes del cemento .....	39
<b>Figura 15:</b> Proceso de hidratación del cemento .....	41
<b>Figura 16:</b> Proceso del contenido de humedad .....	46
<b>Figura 17:</b> Reseña histórica de los aditivos.....	49
<b>Figura 18:</b> Composición química del aditivo a base de lignosulfatos.....	50
<b>Figura 19:</b> Composición química del aditivo a base de sulfatos.....	51
<b>Figura 20:</b> Composición química del aditivo a base de copolímeros.....	51
<b>Figura 21:</b> Mecanismo de acción de los policarboxilatos .....	52
<b>Figura 22:</b> Fotomicrografía del cemento hidratado.....	52
<b>Figura 23:</b> Composición química del aditivo a base de policarboxilatos.....	53
<b>Figura 24:</b> Representación esquemática del problema de investigación.....	56
<b>Figura 25:</b> Diferencia entre el concreto convencional y el concreto autocompactante.....	57
<b>Figura 26:</b> Espécimen de concreto de 4”x 8” .....	65
<b>Figura 27:</b> Método de la toma de muestra .....	65
<b>Figura 28:</b> Formulas de estadísticas para analizar método ANAVA .....	68
<b>Figura 29:</b> Diagrama de flujo del procedimiento experimental .....	68
<b>Figura 30:</b> Materiales y equipos para medir la extensión de flujo y $T_{500}$ (s).....	87
<b>Figura 31:</b> Materiales y equipos para realizar el ensayo embudo V .....	90
<b>Figura 32:</b> Materiales y equipos para realizar el ensayo anillo japonés.....	91
<b>Figura 33:</b> Materiales y equipos para realizar el ensayo caja L .....	94
<b>Figura 34:</b> Materiales y equipos para realizar el ensayo caja L .....	96
<b>Figura 35:</b> Materiales y equipos para realizar el ensayo de columna de segregación.....	98
<b>Figura 36:</b> Ensayo de extensión de flujo – euco .....	103
<b>Figura 37:</b> Ensayo $T_{500}$ (s) - euco .....	104
<b>Figura 38:</b> Ensayo de extensión de flujo - sika .....	105
<b>Figura 39:</b> Ensayo $T_{500}$ (s) – sika .....	106
<b>Figura 40:</b> Ensayo Embudo V (s) – euco .....	107
<b>Figura 41:</b> Ensayo Embudo V (s) – sika .....	108
<b>Figura 42:</b> Ensayo anillo J extensión de flujo – euco .....	109
<b>Figura 43:</b> Ensayo anillo J altura interior( $H_i$ ) y altura exterior( $H_e$ ) – euco.....	110
<b>Figura 44:</b> Ensayo anillo J diferencia de altura interior( $H_i$ ) y altura exterior( $H_e$ ) – euco .....	110
<b>Figura 45:</b> Ensayo anillo J extensión de flujo – sika.....	111

<b>Figura 46:</b> Ensayo anillo J altura interior(Hi) y altura exterior(He) – sika.....	112
<b>Figura 47:</b> Ensayo anillo J diferencia de altura interior(Hi) y altura exterior(He) – sika .....	113
<b>Figura 48:</b> Ensayo caja L H1, H2 (cm) – euco.....	114
<b>Figura 49:</b> Ensayo caja L T20, T40 (s) – euco.....	114
<b>Figura 50:</b> Ensayo caja L (H2/H1) – euco .....	115
<b>Figura 51:</b> Ensayo caja L H1, H2 (cm) – sika.....	116
<b>Figura 52:</b> Ensayo caja L T20, T40 (s) – sika.....	117
<b>Figura 53:</b> Ensayo caja L (H2/H1) – sika .....	118
<b>Figura 54:</b> Ensayo tamiz GTM - euco.....	119
<b>Figura 55:</b> Ensayo tamiz GTM – sika .....	120
<b>Figura 56:</b> Ensayo columna de segregación cantidad de agregado retenido – euco .....	121
<b>Figura 57:</b> Ensayo columna de segregación porcentaje de segregación – euco.....	121
<b>Figura 58:</b> Ensayo columna de segregación cantidad de agregado retenido – sika .....	122
<b>Figura 59:</b> Ensayo columna de segregación porcentaje de segregación – sika.....	123
<b>Figura 60:</b> Resistencia promedio a la compresión axial ACI 211.....	124
<b>Figura 61:</b> Resistencia promedio a la compresión axial patrón sin aditivo.....	124
<b>Figura 62:</b> Resistencia promedio a la compresión axial euco .....	125
<b>Figura 63:</b> Resistencia promedio a la compresión axial sika .....	126
<b>Figura 64:</b> Resistencia máxima alcanzada a los 28 y 56 días.....	137
<b>Figura 65:</b> Análisis de costo en la producción del concreto autocompactante.....	138
<b>Figura 66:</b> Curva granulométrica del agregado fino .....	147
<b>Figura 67:</b> Curva granulométrica del agregado grueso .....	149
<b>Figura 68:</b> Rendimiento de concreto para muros .....	239
<b>Figura 69:</b> Análisis de costo del concreto convencional.....	240
<b>Figura 70:</b> Análisis de costo del concreto autocompactante patrón.....	240
<b>Figura 71:</b> Análisis de costo del concreto autocompactante euco.....	241
<b>Figura 72:</b> Análisis de costos del concreto autocompactante sika .....	241
<b>Figura 73:</b> Ensayo de extensión de flujo por cono de Abrams y T <sub>500</sub> .....	242
<b>Figura 74:</b> Ensayo de anillo japonés .....	242
<b>Figura 75:</b> Ensayo de embudo V.....	243
<b>Figura 76:</b> Ensayo de caja L.....	243
<b>Figura 77:</b> Ensayo de Tamiz GTM .....	244
<b>Figura 78:</b> Ensayo de Tamiz GTM .....	244
<b>Figura 79:</b> Probetas patrón concreto convencional ACI 211 .....	245
<b>Figura 80:</b> Probetas patrón concreto autocompactante .....	245
<b>Figura 81:</b> Especímenes ensayados a la compresión axial.....	246

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad evaluar el desempeño del empleo de nuevas tecnologías para la autoconstrucción como es el caso del concreto autocompactante.

Para desarrollar el diseño de mezcla se siguió fielmente las recomendaciones estipuladas por el comité ACI – 211 (Instituto Americano del Concreto), luego se procedió a las especificaciones de la Federación Europea dedicada a sistemas específicos de hormigón y productos especializados para la construcción (EFNARC, 2002) y del Grupo del Proyecto Europeo (GPE, 2006).

Se hizo un comparativo de marcas de aditivo como Euco Neoplast 8500 HP y Sika ViscoCrete SC-60, en los ensayos en estado fresco se definen por cuatro características principales como: Capacidad de llenado, Viscosidad, Capacidad de paso y Segregación es por ello que se evaluaron las propiedades ya mencionadas también se realizaron ensayos en estado endurecido como la resistencia a 28 y 56 días.

Determinamos que el concreto autocompactante con un 0.6% de aditivo Euco Neoplast 8500HP es el óptimo porcentaje que satisface las principales características como: Capacidad de llenado mediante el ensayo de asentamiento se obtuvo una extensión de flujo de 741mm lo cual está la categoría de SF2, con respecto a la viscosidad por medio del ensayo embudo en V tiene un tiempo de 11.9segundos que está comprendido en la categoría de VF2 , respecto a la capacidad de paso por medio del ensayo de la caja en L obtenemos una relación de alturas 0.81 lo cual pertenece a un PA2 y para medir la resistencia a la segregación se realizó el ensayo de segregación por tamiz teniendo un 5.4% lo cual todos los parámetros medidos cumplen con lo estipulado por el GPE 2006, con respecto a su resistencia obtenida a los 56 días fue de  $f'c$  584kg/cm<sup>2</sup>.

También se determinó que el concreto autocompactante con un 3.0% de aditivo Sika ViscoCrete SC-60 es porcentaje ideal que satisface las principales características como: Capacidad de llenado mediante el ensayo de asentamiento se obtuvo una extensión de flujo de 815mm lo cual está la categoría de SF3, con respecto a la viscosidad por medio del ensayo embudo en V tiene un tiempo de 6.94segundos que está comprendido en la categoría de VF1 , respecto a la capacidad de paso por medio del ensayo de la caja en L obtenemos una relación de alturas 0.98 lo cual pertenece a un PA2 y para medir la resistencia a la segregación se realizó el ensayo de segregación por tamiz teniendo un 14.1% lo cual todos los parámetros medidos cumplen con lo estipulado por el GPE 2006, con respecto a su resistencia obtenida a los 56 días fue de  $f'c$  620kg/cm<sup>2</sup>.

## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad problemática.

#### 1.1.1 Problema de investigación

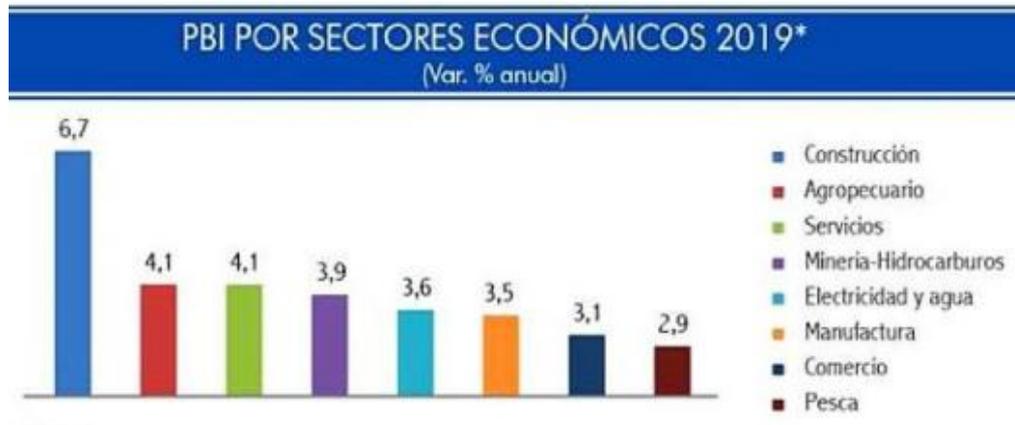
Hoy en día, el concreto se ha convertido en el material más usado a nivel mundial en el rubro de la construcción, cabe mencionar que el concreto autocompactante es una clase de concreto tan fluido que no hace falta el uso de vibradores para compactarlo de diferentes formas y satisface unas necesidades específicas del mercado, entre ellas, los lugares de acceso limitado.

En Estados Unidos se introdujo el “concreto fluido” a principios de la década de 1980, justo después de la entrada en el mercado de los aditivos superplastificantes originarios de Japón. El concreto autocompactante evolucionó a partir de las tecnologías utilizadas en la colocación bajo el agua, en la universidad de Tokio por el profesor Okamura, y desde ahí este concreto inteligente evoluciono empleándose por primera vez en los años 90 del siglo XX en estructuras como el puente colgante Akashi Kaikyo (1992) y el deposito GLN Osaka Gas (1997) ambos en Japón.

La empresa Muros & Techos S.A. con el apoyo de la empresa colombiana Argos emplearon concreto autocompactante para el vaciado de muros no estructurales en el nivel 17 de un edificio en Medellín, en el cual emplearon como tamaño máximo de agregado grueso de 3/8”, además de aditivos retardantes y superplastificantes con el fin de obtener una mezcla fluida y trabajable por un tiempo prolongado.

Se sabe que el rubro de la construcción es uno de los sectores que más aporta al desarrollo de un país. Para este año, el sector construcción mostrara un mayor ritmo de crecimiento que el resto de los sectores productivos alcanzando una variación positiva de 6.7%, revelando así un avance por tercer año consecutivo, indico el Instituto de Economía y Desarrollo Empresarial. (IEDEP, 2018). Precisamente para el primer semestre de este año se espera que concluyan las sedes de los Juegos Panamericanos, cuyo presupuesto asciende a US\$900 millones. A ello se suman las obras programadas para el Plan de Reconstrucción de US\$ 7,400 millones para el periodo 2017.

Figura 1: Producto bruto interno de sectores económicos 2019

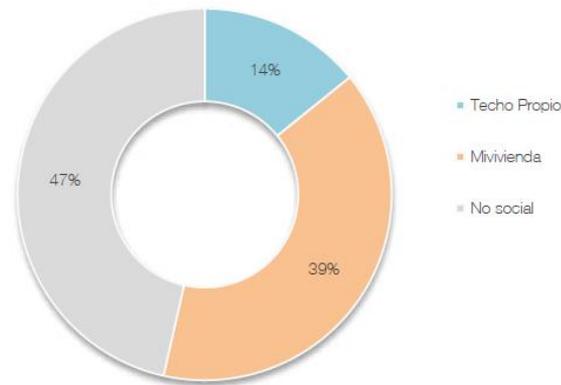


Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019

De acuerdo al ranking desarrollado por la Federación Interamericana de la Industria de la Construcción (FIIC, 2013), el Perú se ubicó el Puesto N°7 en Latinoamérica en cuanto a bienes y servicios (Prom Perú, 2015). No obstante, EXCON, es una excelente vitrina de exhibición para mostrar la capacidad de respuestas de la industria de la construcción ante la demanda actual y futura, así como el nivel de desarrollo, además que posibilita estimular el intercambio tecnológico, comercial y la actualización e innovación profesional en el sector, CAPECO (1958 – 2008).

Yo constructor es un evento en el cual busca promocionar y mejorar las prácticas de construcción a través de orientación a técnicos, profesionales del sector y público en general, valiéndose del buen uso y buen empleo de sistemas y productos como aditivos entre los principales tenemos: Sika, Euco, Z Aditivos, Chema, etc. Para garantizar una vivienda económica y segura. Los promotores inmobiliarios piensan que el 47% de las unidades de vivienda a vender en el 2019 será de tipo no social. La vivienda social (53%) registra una mayor perspectiva de venta: 39% correspondería al segmento mi vivienda y el 14% al Techo Propio.

**Figura 2:** *Perspectiva de ventas en unidades en el 2019*



**Fuente:** Informe Económico de la construcción, 2019

En Perú, el uso del concreto autocompactante en obras civiles como edificios de gran altura y condominios no se ha expandido en todos los sectores del país, debido a esto las Normas Técnicas Peruanas son insuficientes para el análisis y caracterización de las propiedades en estado fresco de este tipo de concreto, así como también en los parámetros para su elaboración de la mezcla.

En el Perú, el uso de concreto es muy popular ya sea en diferentes tipos de obras civiles, las construcciones de hoy en día son echas mediante mezclas clásicas de concreto, siendo algunas construcciones elaboradas con un concreto moderno más la adición de un aditivo para dar solución a las necesidades y problemas que se presentan diario en el ámbito laboral de la construcción. Cabe resaltar que en nuestro país ya se viene y utilizando este concreto moderno llamado también concreto autocompactante, una de ellas es la nueva sede del Banco de la Nación, Lima (2015), se utilizó concreto autocompactante, por su elevada densidad de acero, ya que se diseñó con un coeficiente sísmico 30% mayor a la normativa. El Centro Comercial Inmobiliaria, Lima (2015) utilizo concreto que debía estar elaborado con un cemento tipo IP y agregado grueso de 3/8" (confitillo) por la problemática de una alta densidad de tejido de acero, para el vaciado se requirió que el concreto se mantenga encima de los 50 cm de extensibilidad durante 3 horas. En el nuevo local de Cementos Pacasmayo, Piura (2015) fue necesaria la

utilización de concreto autocompactante por la excesiva cuantía de acero. El proyecto Misti, es la ampliación de la línea 4 siendo la construcción de un silo de cemento y las estructuras para un molino vertical de Cemento Yura S.A (2014) se utilizó concreto autocompactante de diámetro de extensión de flujo de 70 cm.

**Figura 3:** Proyecto Misti Arequipa



**Fuente:** Cementos Yura S.A, 2014

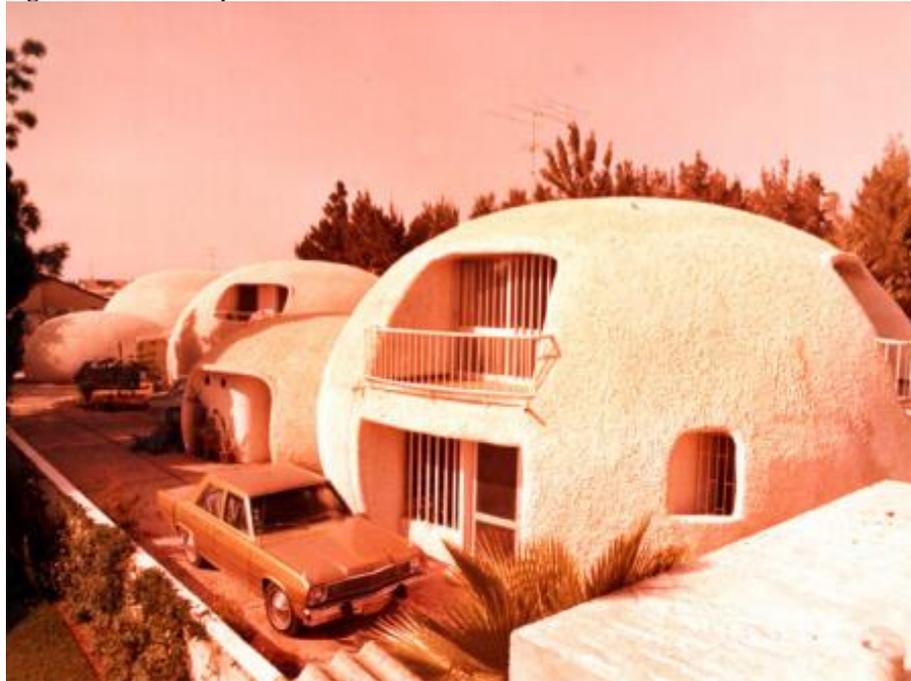
En estos momentos, el desarrollo inmobiliario en el departamento de la Libertad – Provincia de Trujillo, se vienen incrementando de manera exponencialmente, lo cual genera más edificaciones y construcciones para abastecer al público en general, como se puede apreciar en Trujillo, día a día se desarrollan obras de mayores envergaduras, esto requiere mayores elementos estructurales, generando un uso mayor de acero corrugado. Actualmente en nuestra ciudad existen variedad de empresas dedicadas al rubro de la construcción como: COAM, MCH, KVC, JNT, BECTECJ, entre otras; emplean aun el concreto clásico, lo cual no facilita las propiedades básicas, como su poca fluidez, fraguado rápido, elevada segregación, etc. Cabe resaltar que para el colocado de este concreto clásico se requiere de un equipo de vibrado para una buena compactación y así poder obtener un concreto con un mejor acabado superficial y reducir algunos vacíos que se generan por la alta densidad de acero que se presentan, además cabe resaltar que este equipo vibratorio contribuye a la contaminación sonora por el exceso de ruido producido, no obstante este equipo tiene que ser manipulado por un operario especializado lo cual genera un costo adicional.

Simultáneamente, en el transcurso de la fabricación de las construcciones es compleja y eso afecta a muchos factores lo cual es necesario corregir, uniformizar, es por ello que el proceso de la construcción es una ardua labor es decir es una tarea difícil, mas no imposible. El desarrollo de la elaboración de una mezcla de concreto no es extraño a inconvenientes en el momento de su elaboración, esto provocan una serie de defectos como carencia de calidad estética y su calidad estructural. Uno de los factores más importantes es el vibrado que se realiza durante la colocación de concreto en obra.

En los últimos años se está utilizando con más frecuencia el concreto autocompactante en todo tipo de obras sobre todo en elementos con gran densidad de armaduras. El tamaño de usuarios de este concreto es de manera exponencial, la tecnología se desarrolla notablemente en todo el mundo, no obstante, también fue llevado al rubro de la construcción esto dio como resultados aditivos superplastificantes, mediante la incorporación de aditivos y materiales (puzolanas) mejoran las propiedades del concreto para cada uso en especial.

Es por ello que la industria, empresas de concreto y aditivos se ven en la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías que ayuden de manera eficaz a los actuales proyectos que se vienen desarrollando. En el momento que hablamos de concreto autocompactante está claro que es uno de los más usados a nivel mundial en el rubro de la construcción, en consecuencia, para darle confianza a esta investigación se han desarrollado siguiendo las recomendaciones de la Federación Europea dedicada a sistemas específicos de hormigón y productos especializados para la construcción (EFNARC, 2002), del Grupo del Proyecto Europeo (GPE, 2006), Normas Técnicas Peruanas, Manual de Transportes y Comunicaciones. (MTC, 2016)

**Figura 4:** *Diseño arquitectónico de una vivienda*



**Fuente:** Pérez, 2006

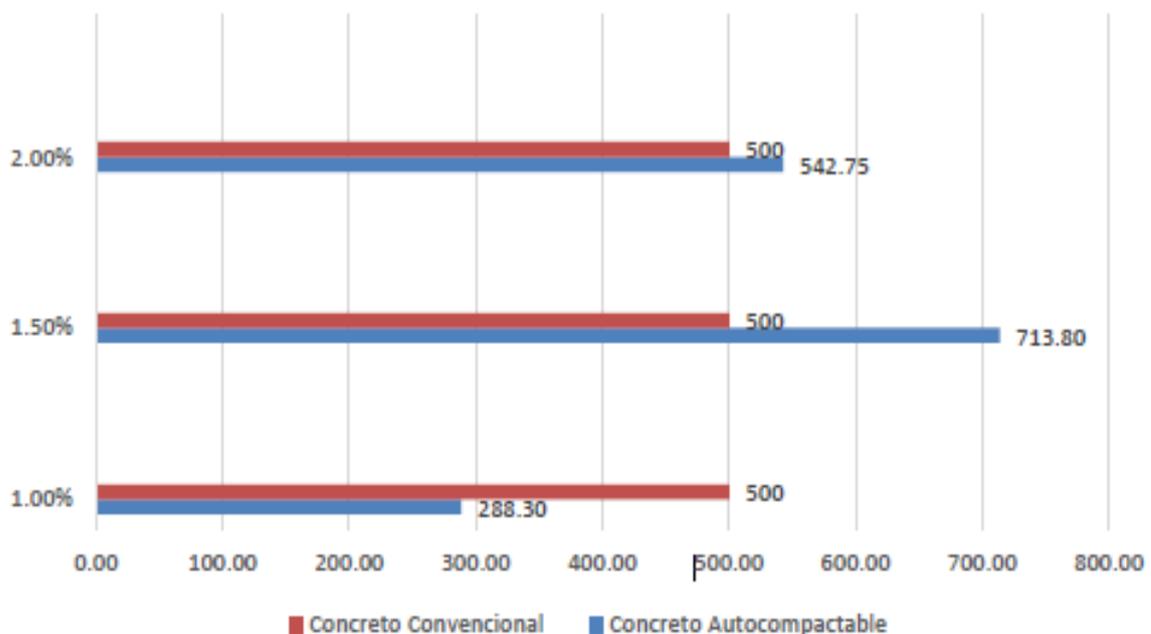
Por último, cabe resaltar que, al tener una mala compactación en el concreto, se generan vacíos o ya sea por el alto rango de tejido que presentan dichas estructuras, este problema es por la falta de supervisión y escasa trabajabilidad de las mezclas de concreto, en otros casos la mezcla ya preparada en obra se ve alterada con adiciones constantes de agua con el fin de mantenerla trabajable, esto genera que el concreto pierda sus propiedades principales en estado fresco además uno de los más importantes disminuye exponencialmente su resistencia a la compresión. En nuestra ciudad de Trujillo las estructuras elaboradas se realizan de forma tradicional de tal manera que casi siempre se comete errores estructurales dentro de los encofrados, mala vibración, parte de ello los constantes golpes al encofrado con el fin de acomodar el concreto interiormente, al momento de desmontar o desencofrar quedan defectos visibles y no visibles ante la vista humana (vacíos al interior de la estructura).

En el Perú, el concreto autocompactante necesita desarrollarse, los componentes para la elaboración están disponibles en el mercado, lo único que nos falta son investigaciones que nos lleven a adaptarlo y utilizarlo en nuestro país.

## 1.1.2 Antecedentes

**1.1.2.1** Título: “Diseño De Un Concreto Autocompactable” Su y Rabanal (2017) Determinan y explican la influencia del uso aditivo superplastificante Sika ViscoCrete – 1110 PE y Microsilice Sika Fume; en caso del aditivo se utilizó en un rango de 1.0%, 1.5%, 2.0% y para la Microsilice se utilizó en un 10%;se empezaron a evaluar los ensayos en su estado en fresco y se concluyó que el óptimo porcentaje de aditivo superplastificante fue de 1.5% respecto a la cantidad de cemento, para ello se desarrollaron diferentes ensayos como extensión de flujo alcanzando un diámetro de 715mm, un T500(s) de 5s., embudo en V un tiempo de 10seg, caja en L una relación de alturas de 0.90. Y con respecto a su resistencia a la compresión obtuvo un máximo de  $f'c=713.80 \text{ kg/cm}^2$  superando a la resistencia del concreto convencional de un  $f'c=500 \text{ kg/cm}^2$ , pero a porcentajes superiores su resistencia disminuye.

**Figura 5:** Resistencia máxima del concreto autocompactable



Fuente: Su y Rabanal, 2017

**1.1.2.2** Título: “Diseño De Mezclas De Hormigón Autocompactante Utilizando Agregados De Minas Locales Y Su Influencia En Las Propiedades Mecanicas En El Canton Amato, Provincia De Tungurahua” Soberón (2015) Analizar de qué manera influye el superplastificante Sikament N 100 de categoría tipo F y Microsilice Sika Fume en caso del aditivo se utilizó en un rango de 2.0%, 2.5%, 3.0% y para la Microsilice se utilizó en un 5.0%, 6.0%, 7.0%; se empezó a diseñar un concreto autocompactante de 350kg/cm<sup>2</sup>; en esta investigación se partió de una relación agua cemento ACI 211; la cantidad de aditivo superplastificante que se utilizó fue del 2.50% y la cantidad de Microsilice fue de 6.0%, se empezaron a evaluar los ensayos en su estado en fresco, para ello se desarrollaron diferentes ensayos como extensión de flujo alcanzando un diámetro de 720mm, un T500(s) de 5s., embudo en V un tiempo de 29s., caja en L una relación de alturas de 0.88. Y con respecto a su resistencia a la compresión obtuvo un máximo de  $f'c=352.40$  kg/cm<sup>2</sup>.

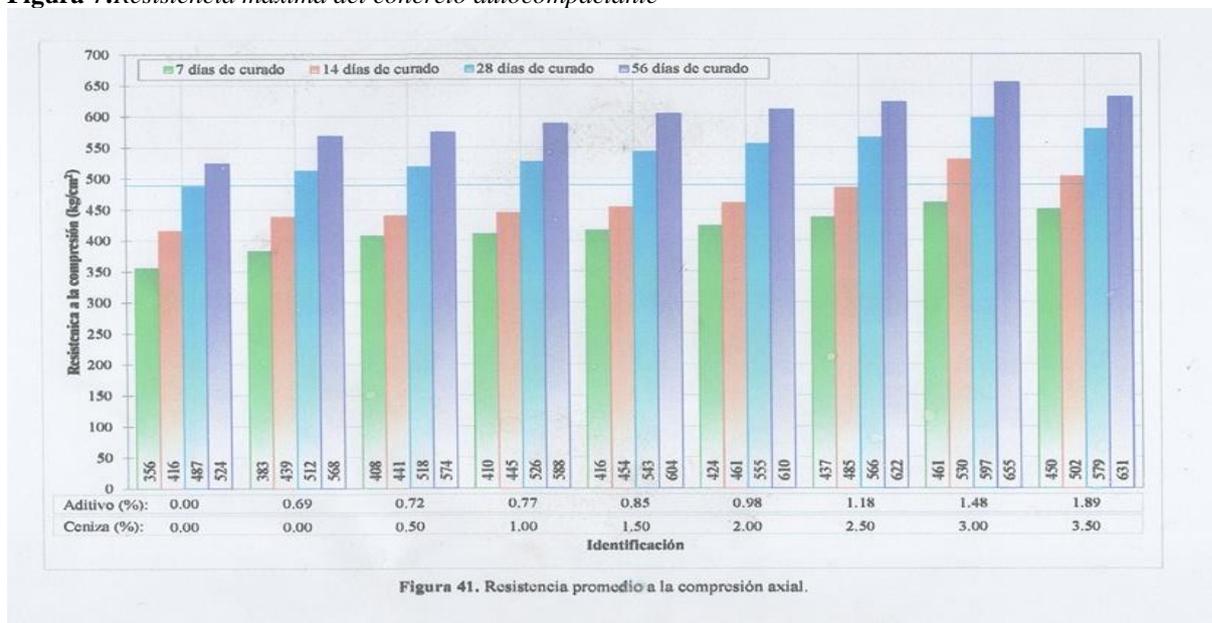
**Figura 6:** Ensayos al concreto autocompactante

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL					
<i>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</i>					
<b>ENSAYOS DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE</b>					
<b>LUGAR DEL ELABORADO POR:</b>		LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE LA FICM			
		IVÁN SOBERÓN LÓPEZ		FECHA	17/Jul/2015
<b>PRUEBA # 10</b>					
<b>1. Caracterización de la fluidez, escurrimiento</b>			<b>2. Viscosidad y capacidad de llenado</b>		
<i>Equipo:</i>	Cono de Abrams		<i>Equipo:</i>	Embudo en V	
<i>Normas:</i>	DEHAC Anexo B.1		<i>Normas:</i>	DEHAC Anexo B.2	
	UNE-EN 12350-1	NTE INEN 1763:2010		UNE-EN 12350-1	NTE INEN 1763:2010
	UNE-EN 12350-2	NTE INEN 1578:2010			
	<i>Escurrecimiento (dm) [cm]:</i>	72		<i>Tiempo de flujo (tv) [s]</i>	29
	<i>Clasificación HAC</i>	SF2		<i>Clasificación HAC</i>	VF2
<b>3. Capacidad de paso</b>			<b>4. Observaciones:</b>		
<i>Equipo:</i>	Caja en L				
<i>Normas:</i>	DEHAC Anexo B.3				
	UNE-EN 12350-1	NTE INEN 1763:2010			
<b>H1:</b>	13,00	<i>Capacidad de paso [PA=H2/H1]</i>	<b>5. Nomenclatura</b>	UNE-EN	Normas Europeas
<b>H2:</b>	11,50	PA (cm):	0,88	INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización
		<i>Clasificación HAC</i>	PA 1-2	HAC	Hormigón Autocompactante

Fuente: Soberón, 2015

**1.1.2.3 Título:** “Influencia De La Ceniza De Caña, Aditivo Superplastificante Y Tiempo De Curado Sobre La Comprensión, Rigidez, Capacidad De Llenado-Paso Y Fluidez De Un Concreto Autocompactante” Mego y Meza (2018) Investigaron y analizaron de qué manera interviene la dosis de aditivo para cada porcentaje de adición de ceniza de caña de azúcar en el diseño de mezcla para un concreto autocompactante, se llegó a la conclusión que con la adición al 2.5% de ceniza y 1.18% de aditivo superplastificante, llego a lo requerido y estipulado por el Grupo de Proyecto Europeo (GPE,2006) la Federación Europea dedicada a sistemas específicos de hormigón y productos químicos especializados para la construcción de concreto (EFNARC,2002). Alcanzando una extensión de flujo de 760mm, con un tiempo de fluidez de 9.90segundos, sin tendencia de bloqueo adquiriendo una resistencia a la compresión en un periodo de 56 días de  $f'c=622 \text{ kg/cm}^2$ , aumentando en relación de un 9% con respecto a la probeta patrón con resistencia a la compresión de  $f'c=570 \text{ kg/cm}^2$

**Figura 7:** Resistencia máxima del concreto autocompactante



Fuente: Mego y Meza, 2018

### 1.1.3 Bases teóricas

#### 1.1.3.1 Concreto autocompactante

El concreto que requiere de pequeñas vibraciones o compactaciones se han venido usando en Europa desde inicios de los setenta, pero el caso del concreto autocompactante no se ha desarrollado hasta finales de los ochenta en Japon. Se cree que en Europa se usó inicialmente en obras civiles para redes viarias en Suecia, a mediados de los noventa. La Unión Europea fundo el primer proyecto industrial multinacional “1997-200 y desde entonces este ha ido aumentando su actividad en todos los países a nivel mundial.

El concreto autocompactante, ha sufrido una variedad de denominaciones a lo largo de su estudio que en realidad el objeto de estudio es el mismo, desde su primera definición por el profesor Okamura Hajime, de la universidad de Tokio la cual la define como: Que sin presentar segregación, separación o sangrado es capaz de fluir en el interior del encofrado rellenando de forma natural el volumen del mismo, y pasa entre las barras de armadura sin otro medio de compactación durante su puesta en obra que la consolidación debida a su propio peso.

El concreto autocompactante es un prototipo innovador de concreto que no requiere absolutamente de ninguna vibración alguna para su colocación y compactación. El concreto autocompactante fluye por su propio peso, ocupando totalmente la forma y volumen encofrado alcanzando una plena compactación, aun en presencia de una alta densidad de tejido de acero en estructuras. Este concreto endurecido es denso, homogéneo y tiene las mismas propiedades estructurales y una vida útil igual a la del hormigón convencional compactado por vibración. (Directrices Europeas para Hormigon Autocompactante, 2006)

La alta fluidez y la resistencia a la segregación proporcionan la habilidad de fluir en el encofrado logrando una homogeneidad, una mínima porosidad y un mejor desarrollo de resistencias además nos brinda un mejor acabado superficial y con mayor durabilidad de la estructura. Cabe resaltar que la elaboración de la mezcla del concreto autocompactante se desarrolla con una relación

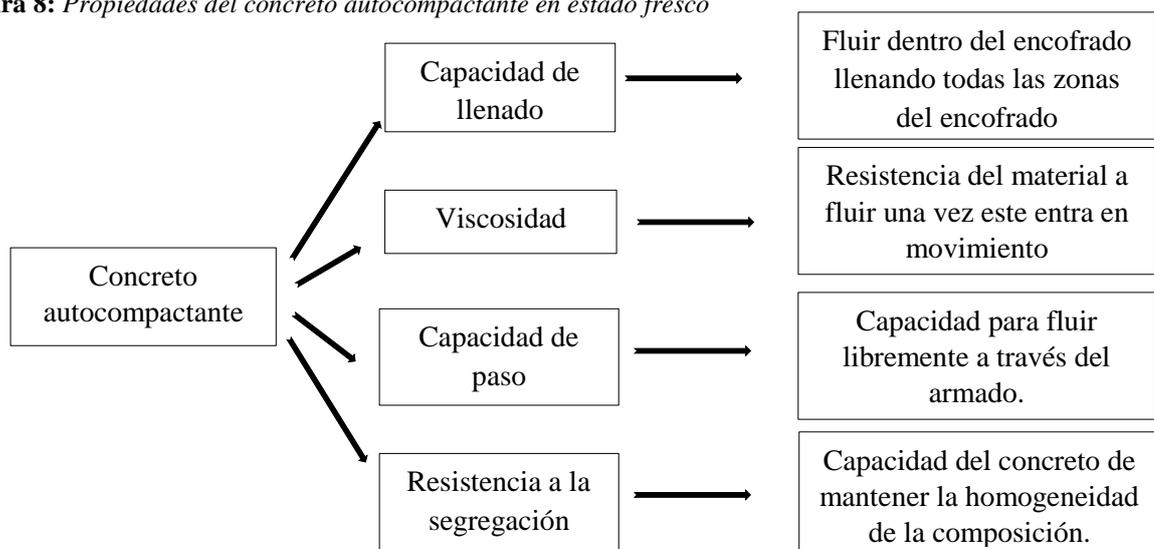
agua/cemento por lo que se obtiene una alta resistencia en su tiempo de curado.

Estas condiciones son dadas por los aditivos Tipo F reductores de agua de alto rango (aditivos de alta actividad, aditivos de alto efecto) se pueden usar para conferir al concreto las mismas propiedades obtenidas por los aditivos reductores de agua normales, pero con mayor eficiencia. Estos están normados por la ASTM C 494 (AASHTO M 194) Por otro lado, pueden reducir grandemente la demanda de agua y el contenido de cemento y pueden producir concretos con baja relación agua-cemento, alta resistencia y trabajabilidad normal o alta. Los aditivos reductores de agua de alto rango normalmente son más eficientes en la mejoría de la trabajabilidad del concreto que los aditivos reductores de agua regulares. Sin embargo, la gran reducción del contenido de agua puede disminuir considerablemente el fenómeno de exudación y provocar dificultades en las propiedades y condiciones del concreto.

#### 1.1.3.1.1 Propiedades en estado fresco

El concreto autocompactante se caracteriza porque debe compatibilizar la alta fluidez con la resistencia a la segregación y exudación. Para evaluar el comportamiento del concreto se definen cuatro propiedades que deben cumplir las mezclas en estrado fresco.

**Figura 8:** *Propiedades del concreto autocompactante en estado fresco*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### a. Capacidad de llenado

Capacidad para rellenar completamente todas las zonas del encofrado, así como recubrir y fluir a través de las armaduras, sin formación de vacíos (perfecta compactación) y sin la necesidad de vibrado ni otros métodos de compactación externos. (Directrices Europeas para Hormigon Autocompactante, 2006)

El ensayo de extensión de flujo es uno del más común para determinar el diámetro de flujo y rellenar todas las superficies (NRMCA). Por otro lado, esta característica nos da la garantía de lograr un buen acabado y libre de cangrejas.

**Tabla 1:** Clasificación de extensión de flujo

Extensión de flujo (GPE 2006)		
Clase		Asentamiento (mm)
SF1		de 550 a 650
Es apropiado en estructuras de poca densidad de armadura.		
SF2		de 660 a 750
Es adecuado para muchas aplicaciones normales (muros, pilares, etc.)		
SF3		de 760 a 850
Se usa para aplicaciones verticales en estructuras muy armadas, estructuras de formas complejas, cabe resaltar que la segregación es más difícil de controlar.		

Fuente: GPE, 2006

**Tabla 2:** Márgenes de valores de extensión de flujo

Método - EFNARC 2002	Unidad	Márgenes habituales de valores	
		Mínimo	Máximo
Flujo de asentamiento cono Abrams	mm	650	800

Fuente: EFNARC, 2002

### b. Viscosidad

Este parámetro se evalúa a partir del ensayo T500 (ASTM C 1611), además se estima por medio del tiempo de flujo del embudo en V. Un concreto de viscosidad tendrá más tiempo de flujo respecto a un con una viscosidad baja, tendrá un flujo inicial muy rápido y luego se detendrá. (Directrices Europeas para Hormigon Autocompactante, 2006)

**Tabla 3:** Clasificación de viscosidad del concreto autocompactante

Tipos de viscosidad (GPE 2006)		
Clase	T <sub>500</sub> (s)	Embudo V (s)
VS1/VF1		
Es capaz de autonivelarse y generalmente tiene acabado superficial, esta propenso a presentar exudación	≤ 2	≤ 8
VS2/VF2		
Es probable que presente efectos de tixotropía, pero nos brinda una mejor resistencia a la segregación	> 2	De 9 a 25

**Fuente:** GPE, 2006

**Tabla 4:** Márgenes de valores de viscosidad

Método - EFNARC 2002	Unidad	Márgenes habituales de valores	
		Mínimo	Máximo
Flujo de asentamiento T500	segundos	2	5
Embudo V	segundos	6	12

**Fuente:** EFNARC, 2002

### c. Capacidad de paso

La capacidad de paso tiene la destreza de fluir a través de espacios estrechos y con alta densidad de tejido de acero sin segregación ni pérdida de bloqueo, El bloqueo del hormigón se produce cuando el tamaño máximo del agregado es demasiado grande y/o cuando el agregado grueso es demasiado alto.

La capacidad de paso, se refiere a la capacidad del concreto para atravesar las armaduras que se quiere dejar embebidos en el hormigón. El grado necesario de esta característica depende de la cantidad de armadura. La separación entre barras, y de otros obstáculos que tiene que atravesar el hormigón. (GPE, 2006)

**Tabla 5:** Clasificación de capacidad de paso

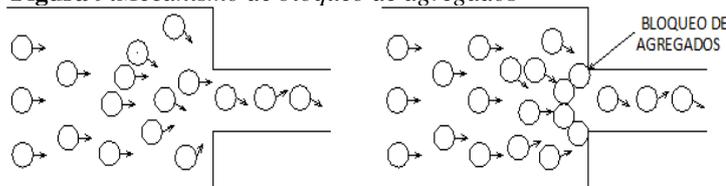
Clases de capacidad de paso (GPE 2006)	
Clase	Caja L
PA1	
Estructuras con huecos de 80 mm a 100 mm (edificación, estructuras vertical, etc.)	≥ 0.80 con 2 obstáculos de barras
PA2	
Estructuras con huecos de 60 mm a 80 mm (estructuras de obras civil, etc.)	≥ 0.80 con 3 obstáculos de barras

**Fuente:** GPE, 2006

**Tabla 6:** Márgenes de valores de capacidad de paso

Método - EFNARC 2002	Unidad	Márgenes habituales de valores	
		Mínimo	Máximo
Caja en L	(h2/h1)	0.8	1.0
Anillo J	mm	0	10

**Fuente:** EFNARC, 2002

**Figura 9:** Mecanismo de bloqueo de agregados

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

#### d. Resistencia a la segregación

Capacidad del concreto de mantener la homogeneidad de la composición en estado fresco. (GPE, 2006). La segregación del hormigón ocurre cuando sus componentes se separan y su distribución no es homogénea. La segregación puede manifestarse de varias formas tales como: exudación, separación del agregado grueso, o distribución no uniforme de los poros de aire. El concreto autocompactante, al ser más fluido, está más propenso a la segregación que el concreto convencional.

**Tabla 7:** Clasificación resistencia a la segregación.

Clases de resistencia a la segregación % (GPE 2006)	
Clase	Capacidad de paso
SR1	
Es aplicable generalmente a losas esbeltas y para aplicaciones verticales y separación de armado mayor de 80 mm .	≤ 20
SR2	
Es aplicable generalmente a losas esbeltas y para aplicaciones verticales y separación de armado mayor de 80 mm , además puede presentar segregación en el recorrido del flujo.	≤ 15

**Fuente:** GPE, 2006

**Tabla 8:** Márgenes de valores de capacidad de paso

Método - EFNARC 2002	Unidad	Márgenes habituales de valores	
		Mínimo	Máximo
Ensayo de estabilidad GTM	%	0	15

**Fuente:** EFNARC, 2002

**Figura 10:** *Campo de aplicación del concreto autocompactante*



Fuente: GPE, 2006

### 1.1.3.1.2 Propiedad en estado endurecido

El concreto autocompactante y el concreto vibrado convencional en su estado endurecido posee propiedades similares de compresión. No obstante, la composición del concreto autocompactante puesto que ambos concretos son elaboradas con la misma materia prima.

La durabilidad, es decir, la capacidad de la estructura del concreto para resistir a adversas agresiones medio ambientales que se presentan en el transcurso de vida de diseño sin perjudicar sus propiedades de los requisitos de trabajo. Debido que el concreto autocompactante presenta un mejor acomodo del concreto, genera una mínima porosidad, por lo consiguiente presenta un buen comportamiento a ciclos de congelamiento y deshielo que se presentan en nuestros departamentos de la sierra peruana.

### a. Resistencia a la compresión NTP 339.034

El concreto autocompactante con una relación agua/cemento similar a la de un concreto vibrado convencional tendrá normalmente un valor de resistencia a la compresión ligeramente superior, debido a que la falta de vibrado da una mayor interface entre árido y la pasta endurecida. El desarrollo de las resistencias será similar, pero lo que un ensayo de evolución de resistencias será de una forma efectiva de controlar este parámetro, independiente de que se usen sistemas de curado acelerado. (GPE, 2006). NTP 339.034 HORMIGON (CONCRETO), Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

**Figura 11:** *Espécimen de concreto autocompactante ensayado*



Fuente: Elaboración propia, 2019

#### 1.1.3.1.3 Campo de aplicación

La versatilidad y eficiencia del concreto autocompactante es tal que se pueda aplicar en todos los segmentos de la construcción con concreto: Prefabricación, acabados arquitectónicos, obra civil, edificación y concreto bombeado

Adicionalmente el concreto autocompactante es usado en proyectos donde las operaciones de colocación y el vibrado sean exigentes como en elementos con aristas o zonas de difícil acceso o altamente reforzado. (GRUPO TOXEMENT EUCO, 2017)

En la ciudad de Lima se construyó el Edificio CAPITAL, ubicada en San isidro, este proyecto se realizó con un concreto autocompactante con resistencia de  $f'c= 800\text{kg/cm}^2$ , con 24 pisos que constituyen 92 metros de altura, fue construida entre los años 2008 y 2009.

**Figura 12:** *Edificio capital San Isidro, Lima*



**Fuente:** El Comercio, 2010

#### 1.1.3.1.4 Ventajas y desventajas del concreto autocompactante

A continuación, se harán mención sobre las diversas ventajas y desventajas que se presentan en el proceso del concreto autocompactante según el rubro de la construcción.

**Tabla 9:** *Diversas ventajas técnicas y económicas según su rubro*

Rubro	Ventajas técnicas	Ventajas económicas
Empresa constructora	<ul style="list-style-type: none"> <li>-No demanda el uso de vibradores para el acomodo del concreto.</li> <li>-Mayor velocidad de colocación.</li> <li>-Menos puntos de colocación del concreto.</li> <li>-Reducción de tiempo en el uso de maquinarias y equipos en obra.</li> <li>-Mejora el ambiente de trabajo, reduciendo el ruido y agotamiento físico.</li> <li>-Reducción de problemas en el área de máxima cuantía de acero.</li> <li>-Mejor facilidad de llenado de recubrimientos y presenta un mejor acabado a sus secciones, pilares, dinteles, muros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Reducción de costos en el uso de maquinarias y mantenimiento de compactación.</li> <li>-Descenso de costo en mano de obra no calificada.</li> <li>-Disminución de gastos en materiales y mano de obra para reparaciones de acabados.</li> <li>-Reducción de costos en arriendo de maquinaria por menos tiempo de uso.</li> </ul>
Planta mezcladora	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mayor índice de fluencia en el despacho del concreto autocompactante por medio de mixes.</li> <li>-Aumenta la facilidad en el bombeo del concreto autocompactante lo cual agranda el rendimiento de la empresa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Diferenciación de la competencia.</li> <li>-Generación de negocios adicionales, ya sea por la posibilidad de atención a más clientes.</li> <li>-Mejora el cumplimiento en optimizar la programación de obras.</li> </ul>
Planta de prefabricados	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Reducción de contaminación sonora en la planta y entorno, especialmente en zonas urbanas</li> <li>-Incremento de la durabilidad de los elementos producidos.</li> <li>-Mejor acabado superficial.</li> <li>-Optimización en el tiempo de producción de elementos más esbeltos y de gran congestión de armadura.</li> <li>-Mayor durabilidad en los elementos prefabricados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mayor capacidad de producción por la mayor velocidad de colocación.</li> <li>-Reasignación de mano de obra a otras tareas.</li> <li>-Reducción de costos por eliminación de vibradores y su mantenimiento.</li> <li>-En plantas nuevas no es necesario invertir en equipos de vibración.</li> </ul>
Proyectistas	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Más rápido desarrollo de proyectos.</li> <li>-Nuevas posibilidades arquitectónicas.</li> <li>-Reducción de ruido implica posibilidad de extensión horaria de trabajos en zonas urbanas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Reducción de costos en proyectos.</li> <li>-Posibilidad de desarrollar más proyectos.</li> <li>-Desarrollo de proyectos complejos y arquitectónicos.</li> </ul>

**Fuente:** Vargas y Rodríguez, 2006

**Tabla 10:** *Desventajas según su rubro*

Desventaja en empresa constructora	Desventaja planta mezcladora
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mayor costo del producto.</li> <li>-Mayor costo en mano de obra en actividades de preparación e instalación de sistemas de moldajes.</li> <li>-Mayores costos en capacitación del personal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Se requiere una mayor cantidad de dinero en inversión para la investigación y desarrollo del producto.</li> <li>-Aumento de inversión en las nuevas tecnologías y control de calidad.</li> </ul>

**Fuente:** Vargas y Rodríguez, 2006

### 1.1.3.1.5 Componentes del concreto autocompactante

Para que la vida útil del concreto sea durable, es decir que no sea afectada por las agresiones medioambientales que se manifiesta mediante acciones físicas, mecánicas, químicas y/o biológicas; no solo mantengamos el enfoque a la resistencia a la compresión sino también a la durabilidad de este concreto.

La durabilidad de este concreto autocompactante se ve relacionada directamente con la calidad de los componentes del concreto; para ellos tenemos parámetros que podemos clasificar y medir sus propiedades físicas y mecánicas.

### 1.1.3.1.6 Cemento portland.

El cemento portland es un polvo de color gris. Se vende en bolsas que contienen un peso neto de 42.5 kg y un pie cubico de capacidad. Es un material conglomerante hidráulico, compuesto por la molienda de Clinker y otras adiciones, hasta alcanzar un nivel de polvo fino. Según Enrique Pasquel en su libro *Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú* nos dice que el cemento portland es un material pulverizado que al adicionarle una cantidad de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire

El cemento Portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con el agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un Clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas

temperaturas, de mezclas que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas.

El cemento portland se obtiene de una mezcla de minerales finamente molidos formados por la extracción de piedra caliza y arcilla. Se llevan a temperaturas altas ( $1400^{\circ}\text{C}$  –  $1450^{\circ}\text{C}$ ), usualmente en grandes hornos giratorios que pueden llegar a medir más de 200m de longitud y 5,50m de diámetro. Luego se procede a la molienda en crudo lo cual se denomina al material parcialmente fundido que sale del horno que se le denomina Clinker (pequeñas esferas de color gris negruzco, duras y de diferentes tamaños). El Clinker enfriado y molido a polvo muy fino es lo que constituye el cemento portland. Durante la molienda se le agrega una pequeña cantidad de yeso (3% - 4%) para evitar que se fragüe inmediatamente.

La pérdida por calcinación (pérdida por ignición) del cemento portland se determina por el calentamiento de una muestra de cemento con masa conocida a una temperatura de  $900^{\circ}\text{C}$  a  $1000^{\circ}\text{C}$ , hasta que se obtenga la constancia de masa. Se determina entonces la pérdida de masa de la muestra. Normalmente, una gran pérdida por ignición es una indicación de prehidratación y carbonatación, las cuales pueden ser resultantes del almacenamiento prolongado o de manera incorrecta, o de la adulteración durante el transporte.

El clínker está formado por fases cristalinas en gran proporción y vitreas en cantidad apreciable, que corresponden a compuestos cíclicos ( $\text{C}_2\text{S}$ ,  $\text{C}_3\text{S}$ ,  $\text{C}_4\text{S}$ ,  $\text{C}_5\text{S}$ ) solubles en ácido clorhídrico. Cuando el clínker bien cocido se ataca con HCl (disolución acuosa) suele quedar un residuo insoluble que, una vez tratado con una disolución de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , es menor del 0,5 1%, el cual procede de las materias primas del crudo, normalmente de tipo arcilloso, que por su naturaleza y características físicas no reaccionaron durante el proceso de clínkerización.

Las partículas de cemento, debido a su pequeño tamaño, no pueden caracterizarse por medio de tamices; de este modo, se necesitan otros métodos para medir el tamaño de partícula.

El ensayo consiste en medir el tiempo en que una columna de agua desciende una altura dada. Este método depende del flujo de aire a través de un lecho de cemento preparado en la celda del aparato (permeabilmetro de Blaine). El flujo de aire es función del tamaño y número de poros, lo cual es función del tamaño de partícula. Para determinar la superficie específica, se considera a las partículas como esferas.

**Figura 13:** *Cemento portland Pacasmayo tipo I*



**Fuente:** *Cementos Pacasmayo, 2018*

### a. Compuestos químicos del cemento portland

**Tabla 11:** Componentes químicos del cemento portland

Compuesto	Formula química	Abreviatura	Función
Silicato tricálcico (Alita)	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}$	Constituye del 50% al 70% del Clinker. Es el que produce una alta resistencia inicial del cemento. Su reacción con el agua desprende gran cantidad de calor (hidratación). La rapidez de endurecimiento de la pasta de cemento es directamente proporcional con el calor de hidratación
Silicato dicálcico (Belita)	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}$	Constituye del 15% al 25% del Clinker. Es el componente que otorga al cemento su resistencia a largo plazo, al ser lento fraguado y muy lento su endurecimiento. Su calor de hidratación es el más bajo de los cuatro.
Aluminato tricálcico (Ferrita)	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{A}$	Constituye entre el 5% al 15% del Clinker. Libera una gran cantidad de energía durante los primeros días de hidratación y endurecimiento. El yeso que se agrega a la molienda se combina con esta compuesta para controlar el tiempo de fraguado.
Ferro aluminato tetracálcico (Celita)	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$	Interviene con el 5% al 15% del Clinker. Se hidrata con rapidez, pero su contribución a la resistencia es mínima.

Fuente: Abanto, 2017

**Figura 14:** Porcentajes de participación de los componentes del cemento



Fuente: Elaboración propia, 2019

## b. Tipos de cemento

### b.1 Cemento Portland NTP 334.009 / ASTM C150

Se puede usar todos los cementos que cumplan con su normativa NTP 334.009. la elección correcta del tipo de cemento está sujeta muchas veces a requisitos específicos para cada aplicación.

**Tabla 12:** *Tipos de cemento portland*

Tipos	Especificación
Tipo I	El cemento portland tipo I es el normal, usado en la construcción de obras de hormigón en general, viviendas, edificaciones, estructuras etc. Se utiliza cuando las especificaciones de construcción, no indican el uso de otro tipo de cemento.
Tipo II:	El cemento Portland tipo II tienen una resistencia media a los ataques de sulfatos, con o sin calor moderado de hidratación, se usa en obras de construcción en general y en construcciones expuestas a la acción moderada de los sulfatos, o que requieren un calor de hidratación moderado, cuando así este consignado en las especificaciones de construcción, por lo general es el cemento utilizado en la realización de tuberías de hormigón y puentes. Su precio es muy similar al cemento portland tipo I.
Tipo III:	El Cemento Portland tipo III, alcanza una resistencia inicial alta, su resistencia a la compresión a los 3 días, es igual a la resistencia a la compresión en siete días de los cementos tipos I y II. Es usado cuando se necesita un hormigón que debe ser desencofrado antes de los 28 días y recibirá cargas muy pronto, como en el caso de los elementos prefabricados o construcciones de emergencia.
Tipo IV:	El Cemento Portland tipo IV es usado cuando se necesita un bajo calor de hidratación sin producirse dilataciones durante la etapa de fraguado. El calor desprendido durante la hidratación se produce más lento. Es utilizado en estructuras de hormigón muy grandes, como los diques.
Tipo V	El Cemento Portland tipo V es usado en la construcción de elementos y obras que necesiten una resistencia elevada al ataque concentrado de sulfatos y álcalis, como en las alcantarillas, canales de conducción e infraestructuras portuarias.

**Fuente:** *Hernández, 2010*

### b.2 Cemento Portland adicionado NTP 334.090 / ASTM C595

**Tabla 13:** *Tipos de cemento portland adicionado*

Tipos	Especificación
IP	Cemento Portland Puzolánico, para unos en construcciones de concreto en general ( contenido de puzolana: menor a 15%)
IPM	Cemento Portland Puzolánico mejorado, para uso en construcciones en general ( contenido de puzolana: 15% - 40%).
ICO	Cemento portland compuesto, obtenido por pulverización conjunta de Clinker portland, materias calizas hasta un máximo de 30%

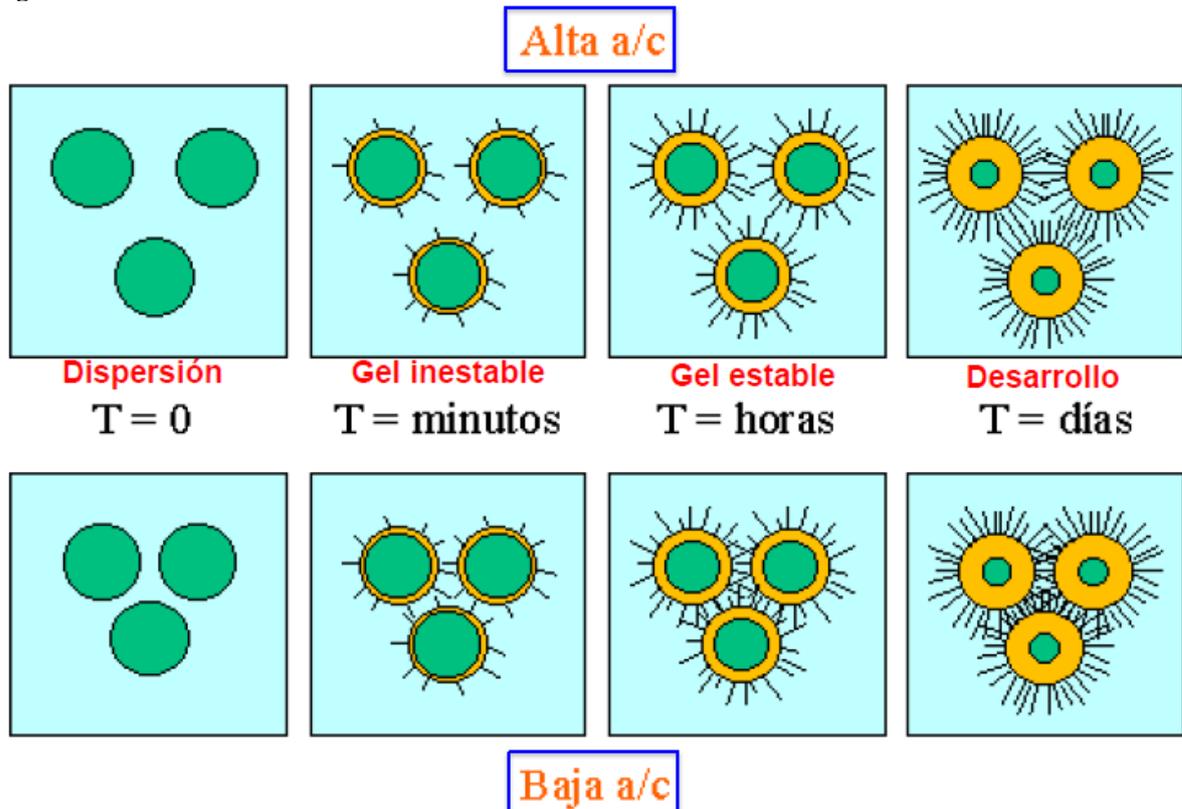
**Fuente:** *Abanto, 2017*

### c. Calor de hidratación del cemento NTP 334.064

La hidratación del cemento es el proceso mediante el cual este material, al mezclarse con el agua, reacciona y empieza a generar enlaces o estructuras cristalinas, que lo convierten en un material aglutinante. Los componentes principales del Clinker son: el silicato tricálsico (C3S), silicato dicálsico (C2S), aluminato tricálsico (C3A), ferro aluminato tetracálsico (C4AF), óxido de magnesio (MgO), Cal libre (CAO) y sulfatos de Alcalis.

El calor de hidratación se define como la cantidad de calor en calorías por gramo de cemento deshidratado, generando después de una hidratación completa a una temperatura dada. El proceso de hidratación es un proceso exotérmico, esto genera que los concreto al fraguar o endurecer aumenten de temperatura.

Figura 15: Proceso de hidratación del cemento



Fuente: Sika

**Tabla 14:** Calor liberado de hidratación

Fases del Clinker	Nombre corto	Velocidad de hidratación	Calor liberado de Hidratación	Desarrollo de resistencia
Silicato tricálcico	C <sub>3</sub> S	Rápida	Alto (120 cal/g)	Rápido y prolongado
Silicato dicálcico	C <sub>2</sub> S	Lenta	Bajo (62 cal/g)	Lento y muy prolongado
Ferro aluminato tetracálcico	C <sub>4</sub> AF	Rápida	Moderado (100 cal/g)	Lento y poco significativo
Aluminato tricálcico	C <sub>3</sub> A	Muy rápida	Muy alto ( 207 cal/g)	Muy rápido y de corta duración

Fuente: Abanto, 2017

#### **d. Fraguado y endurecimiento del concreto.**

Al mezclarse el cemento con el agua, se genera una pasta en estado plástico, en el cual tiene la característica de ser muy trabajable y moldeable (fraguado inicial) con el transcurso de un determinado tiempo la pasta va adquiriendo rigidez; (fraguado final). El endurecimiento se refiere al aumento lento en la resistencia de una pasta, mientras exista humedad continuara la reacción de fraguado, es por ello que es de gran importancia el curado.

#### **e. Peso específico del cemento NTP 334.005**

El peso específico del cemento, puede variar entre 3.00 g/cm<sup>3</sup> a 320 g/cm<sup>3</sup>; se puede tomar un valor promedio equivalente a 3.15 g/cm<sup>3</sup>.

#### **f. Normalización del cemento.**

El cemento utilizado en la elaboración del concreto para las obras civiles, deben cumplir con los parámetros estipulados por la siguiente normativa:

- Los Cementos Portland (Tipo I al tipo V): NTP 334.009 o su equivalente ASTM C150
- Los Cementos Portland (Tipo IP, IPM, ICO): NTP 334.090 o su equivalente ASTM C595

#### **g. Almacenamiento del cemento en obra.**

Se recomienda que el cemento debe estar ubicado en ambientes totalmente techados y evitar que este en contacto con algún terreno húmedo o la lluvia. Las bolsas de cemento deben de estar colocadas sobre una base de madera, unas encima de otras, las rumas deben de estar lo más junto posible así evitando vacíos entre ellas. Cabe resaltar que el cemento no debe estar guardado por mucho tiempo, puesto que pierde su resistencia.

#### **1.1.3.1.6 Agregados NTP 400.037**

Los agregados deben ser partículas limpias, duras, resistentes, durables y libres de productos químicos, arcillas u otros materiales finos en cantidades que puedan afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento.

Se define como agregados al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural y artificial, cuyas dimensiones están comprendidas en los límites fijados por la norma NTP 400.011. Es importante que los agregados sean de muy buena calidad, lo cual tengan buena resistencia, durabilidad, desgaste de abrasión y libre de impurezas.

#### **a. Agregado grueso**

Se define agregado grueso al material que es retenido en el tamiz normalizado N°4 (4.75mm) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca; especificaciones normalizadas para agregados en hormigón NTP 400.037. El agregado grueso puede estar formado por grava natural o triturada (piedra chancada). Sus particulares serán limpias, de perfil preferentemente angular o semi angular, duras, compactas, resistentes y de textura rugosa; deberá estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas.

La única especificación en particular que requiere el concreto autocompactante en comparación con un concreto convencional vibrado es la limitación del tamaño máximo nominal de agregado, cabe resaltar el más óptimo a utilizar es de TMN 3/8" (confitillo).

## **b. Agregado fino**

Es llamado agregado fino a la arena o piedra finamente triturada que pasan por el tamiz 3/8" (9.51mm) y es retenido en el N°200 (0.074mm) más la bandeja de fondo; especificaciones normalizadas para agregados en hormigón NTP 400.037. Las arenas provienen de la desintegración natural de las rocas; y que por agentes naturales como corrientes aéreas se acumulan en lugares determinados.

Según su tamaño módulo de finura:

- Arena Gruesa; tamaño entre 2.3 – 3.1
- Arena Media; tamaño entre 1.5 – 2.3
- Arena Fina; menor a 1.5

Según su procedencia:

- Arena de río: redondas, uniformes y limpias.
- Arena de mina: generalmente heterogéneas y sucias.
- Arena de playa: con alto contenido de cloruros.

## **c. Propiedades de los agregados**

### **c.1 Granulometría NTP 400.012 / ASTM C136**

El análisis granulométrico es la representación numérica por tamaños de partículas, para ello se hace uso de una serie de mallas de la serie de Tyler para pesar el material retenido con respecto del peso total.

La granulometría se aplica con la finalidad de determinar la gradación de material propuestos para usos como agregados o los que están siendo usados como tales. Los resultados serán usados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con el requisito exigidos por la NTP 400.012. (MTC, 2016)

## **c.2 Módulo de fineza NTP 400.012 / ASTM C136**

El módulo de fineza es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es fino, cuando es alto es grueso. El módulo de fineza no distingue las granulometrías, pero en caso de que estén dentro de los porcentajes especificados en las normas granulométricas, sirven para controlar la uniformidad.

Según la norma ASTM C136 la arena debe de estar en un módulo de fineza no menor de 2.3 ni mayor que 3.1.

Las arenas que están comprendidas entre 2.2 y 2.8 producen concreto de buena trabajabilidad y bajo nivel de segregación; pero las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

## **c.3 Peso unitario NTP 400.017 / ASTM C29**

Según la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.017 “Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen y los vacíos en los agregados” menciona que la masa puede ser usada para la determinación de las relaciones masa/volumen para conversiones, a menudo estos valores de densidad se usan para la selección de proporciones para mezclas de concreto. Finalmente, para obtener el peso suelto o compactado se sigue los lineamientos de la NTP 400.017.

- Peso unitario suelto, es la relación entre el peso y el volumen del agregado, que descarga desde una altura no mayor de 5cm hasta llevar el molde.
- Peso unitario compactado, es la relación del peso y el volumen de agregado, con la única diferencia que es compactado en tres capas.

## **c.4 Peso específico NTP 400.021 AG / NTP 400.022 AF**

Unidad de volumen de un material, expresado como kilogramos por metro cúbico  $\text{kg/m}^3$  (libras por pie cúbico), la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.021 contempla el método de ensayo para agregado grueso y la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.022 contempla el método de ensayo

para agregado fino. (MTC, 2016)

- Ligeros; Peso específico menor  $2500 \text{ kg/m}^3$
- Normales; Peso específico  $2500 - 2750 \text{ kg/m}^3$
- Pesados; Peso específico mayor  $2750 \text{ kg/m}^3$

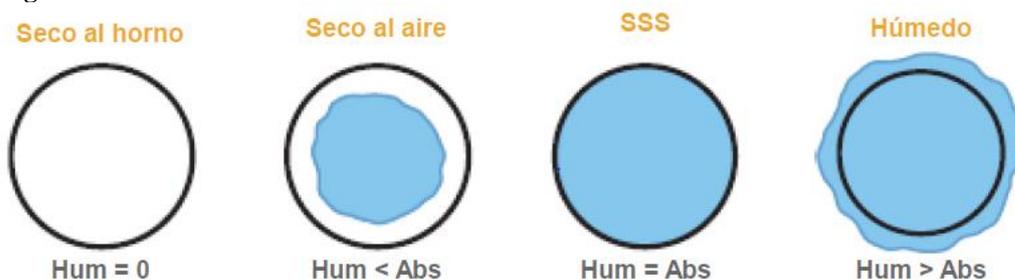
#### c.5 Absorción NTP 400.021 AG / NTP 400.022 AF

Se considera el aumento de masa debido al agua que penetra en los poros de las partículas durante un período de tiempo prescrito, la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.021 contempla el método de ensayo para agregado grueso y la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.022 contempla el método de ensayo para agregado fino. (MTC, 2016)

#### c.6 Contenido de humedad NTP 339.185 / ASTM C566

Es el contenido de retención de agua superficial de un agregado, cuya importancia radica en la corrección de la cantidad de agua de diseño en conjunto con la capacidad de absorción. En los cálculos para el proporcionamiento del concreto se considera al agregado en estado saturado y superficialmente seco, es decir, con todos sus poros abiertos llenados de agua y libre de humedad superficial, estado ideal que pocas veces se da en la práctica. (Abanto, 2017)

**Figura 16:** *Proceso del contenido de humedad*



Fuente: Abanto, 2017

#### d. Agua para el concreto NTP 334.088

El agua es un componente importante del concreto, se emplea en el amasado del mismo y en su curado.

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado de manera directa con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido. El agua de amasado del concreto tiene como finalidad la hidratación de los componentes activos del cemento y de realizar que la masa sea más trabajable El agua tiene que ser limpia y libre de impurezas tales como cloruros, sulfatos y otras sales.

**Tabla 15:** *Límite permisible para la calidad de agua*

Concentración máxima en el agua de mezcla combinada, ppm	Límite
A. Cloruro como CL, ppm	
1. En concreto pretensados, tableros de puentes, o designados de otra manera	500
2. Otros concretos reforzados en ambientes húmedos o que contengan aluminio embebido o metales diversos.	1000
B. Sulfatos como SO <sub>4</sub> , ppm	
C. Alcálisis como (NA <sub>2</sub> O+0.658 K <sub>2</sub> O), ppm	
D. Sólidos totales por masa, ppm	

**Fuente:** MTC, 2016

#### e. Adiciones

Los finos tienen como principal función dar cohesión y evitar la segregación de la mezcla. Su utilización es necesaria en la mayoría de las dosificaciones, pero en algunos casos pueden ser sustituidas, bien por aditivos cohesionantes, o bien por los propios finos aportados por los áridos. (Alcantara, 2001)

El concreto autocompactante requiere exigentes propiedades en su estado fresco, las adiciones se usan con mayor frecuencia para incrementar y mantener la cohesión y la resistencia a la segregación. Las adiciones regulan también el contenido de cemento para reducir el calor de hidratación y la retracción térmica, según el GPE 2006 clasifica las adiciones en dos categorías según la siguiente tabla.

**Tabla 16:**Tipos de adiciones

TIPO 1	Inertes o seminertes	Filler mineral (piedra caliza): Piedra caliza, dolomita o granito triturada fina que pueda utilizarse para aumentar la cantidad de finos; la fracción menor de 0.125mm es la más provechosa. Pigmentos: La idoneidad de los pigmentos utilizados para el concreto autocompactante se establecen en EN 12878.
	Puzolanas	Cenizas volantes: La procedencia de las cenizas volantes es de la combustión de carbón mineral pulverizado en las centrales térmicas, además también por residuos orgánicos (Alonso, 2011) Las cenizas volantes son un material inorgánico fino con propiedades puzolánicas, que al ser agregado al concreto autocompactante merecen sus propiedades. NTP 334.001 Microsílice: La microsílíce o humo de sílice otorga importantes propiedades geológicas, químicas y mecánicas. Además mejora la durabilidad del concreto.(EFNARC, 2002)
TIPO 2	Hidráulicamente activas	Escorias granuladas de alto horno: La escoria granulada de alto horno, muy fina, con bajo calor de hidratación. Esta escoria es un aglomerante hidráulico básicamente latente y granulada fina, que también pueden añadirse al concreto autocompactante para mejorar sus propiedades reológicas, Las escorias granuladas de alto horno están disponibles como Tipo I. (GPE,2006)

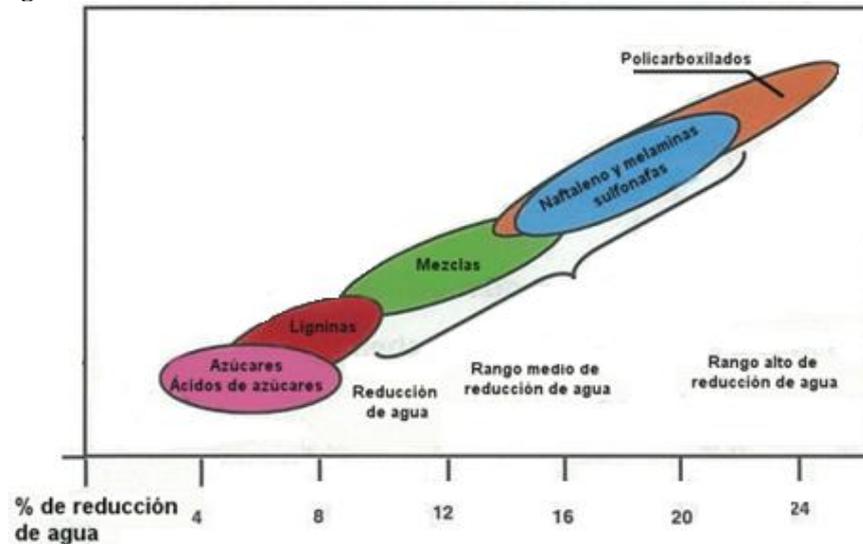
Fuente: GPE, 2006

#### d.1 Aditivo

Se denomina aditivo a aquellos productos que al añadirlos en el hormigón permiten modificar algunas de sus propiedades en una forma susceptible de ser prevista y controlada. Productos que, agregados en pequeña proporción en pastas, morteros y hormigones en el momento de su fabricación, mejoran o modifican una o varias de sus propiedades. Aun cuando los aditivos son un componente eventual del hormigón, existen ciertas condiciones o tipos de obras que los hacen indispensables. (Pineda, 2003)

Los aditivos que deben emplearse en el concreto deben de cumplir con los parámetros propuestos por la NTP 334.088.

**Figura 17:** *Reseña histórica de los aditivos*



**Fuente:** Asociación Nacional de Fabricantes de Aditivos de Hormigón ANFAH, 2016

## e.2 Clasificación de los aditivos

La Asociación de Productores de Cemento, manifiesta que, en armonía con el desarrollo de los aditivos y su aplicación más extensiva en nuestro medio, se ha dado la nueva norma NTP 334.088 que reemplaza a las anteriores normas nacionales 339.086 y 339.087 del año 1981. El antecedente de la nueva norma se encuentra en la ASTM C 494.

Según la norma NTP 334.088 Y ASTM C 494 reconoce a siete tipos de aditivos:

- Tipo A: Aditivos reductores de agua.
- Tipo B: Aditivos retardador de fraguado.
- Tipo C: Aditivos acelerador de fraguado.
- Tipo D: Aditivos reductores de agua y retardador.
- Tipo E: Aditivos reductores de agua y acelerador.
- Tipo F: Aditivos reductores de agua de alto rango.
- Tipo G: Aditivos reductores de agua de alto rango y retardador.
- Tipo S: Aditivos de comportamiento específico.

Según la norma ASTM C 1017 reconoce:

- Tipo I: Superplastificante
- Tipo II: Superplastificante y Retardante.

### e.3 Razones para el empleo de aditivos.

Los aditivos son empleados principalmente para modificar las propiedades de acuerdo al tipo de requerimiento.

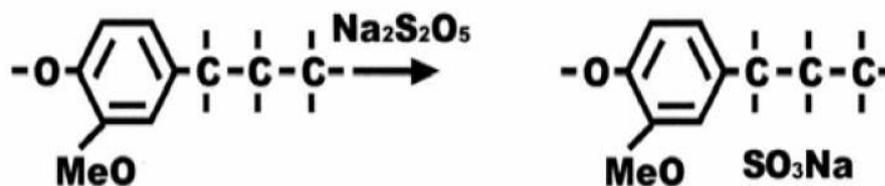
- Aumentar la trabajabilidad, sin modificar la relación agua/cemento.
- Mejorar la adherencia entre el concreto y el refuerzo.
- Incrementar la adherencia del concreto viejo y nuevo
- Reducir la contracción.
- Disminuir la segregación.
- Reducir la impermeabilidad.
- Incremento de la resistencia.
- Reducir la segregación y sangrado

#### e.3.1 Reseña histórica de los plastificantes.

##### e.3.1.1 Lignosulfatos

El lignosulfatos está considerado como la primera generación de aditivos. Se obtiene durante el proceso de la producción de la pulpa de papel de la madera se forma un subproducto líquido que contiene sustancias y productos de la descomposición de la lignina y la celulosa en la madre, hidratos de carbono (azúcares), permite una reducción máxima de agua del 10%. (ANFAH, 2016)

**Figura 18:** Composición química del aditivo a base de lignosulfatos

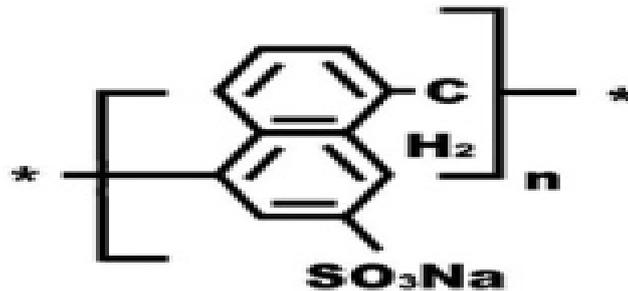


**Fuente:** Asociación Nacional de Fabricantes de Aditivos de Hormigón ANFAH, 2016

### e.3.1.2 Naftalenos sulfonatos y copolímeros de vinilo

Los Naftalenos son productos que resultantes del proceso de refinado del carbón. Su principal característica es reducir aproximadamente un 20 % el agua de amasado del hormigón y con respecto a su resistencia tienen a aumentar al paso de los 28 días de curado. (Valverde y Dominguez, 2016)

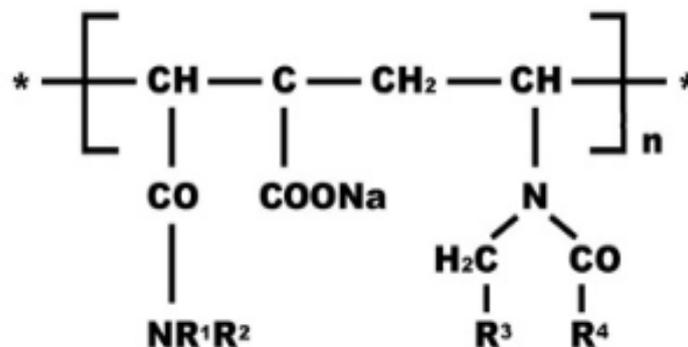
**Figura 19:** Composición química del aditivo a base de sulfatos



**Fuente:** Asociación Nacional de Fabricantes de Aditivos de Hormigón ANFAH, 2016

Estos polímeros sintéticos tienen la propiedad de reducir el agua próximamente en un 30%. Además, al concreto le otorga un mayor tiempo de manejabilidad que los de superplastificante de melaninas. Estos tipos de superplastificantes de copolímeros de vinilo han sido utilizados de diversas maneras para desarrollar el concreto autocompactante, ya sea solo o en combinación con algún otro tipo de aditivo viscosantes, con buenos resultados. (Valverde y Dominguez, 2016)

**Figura 20:** Composición química del aditivo a base de copolímeros

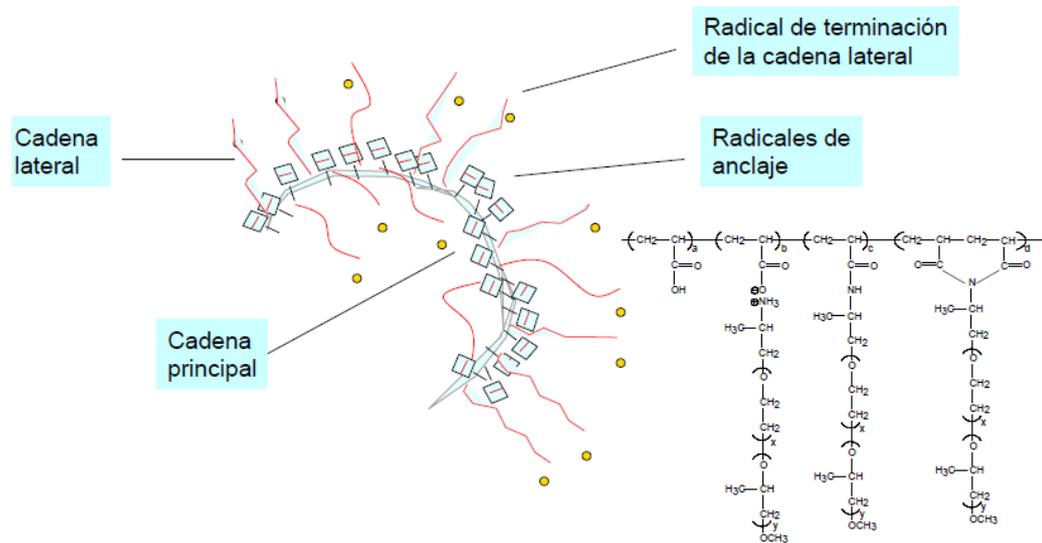


**Fuente:** Asociación Nacional de Fabricantes de Aditivos de Hormigón ANFAH, 2016

### e.3.1.3 Policarboxilatos

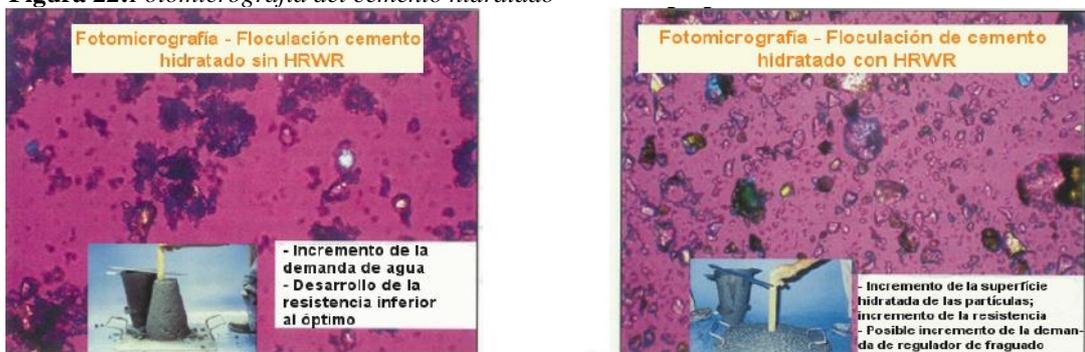
Los policarboxilatos pertenecen a la última generación de superplastificantes, y a diferencia de los superplastificantes tradicionales, son macromoléculas que poseen cadenas laterales “forma de peine”. Especialmente estas cadenas laterales, ya que dependiendo de la aplicación concreta que se busque, son capaces de variar enormemente la trabajabilidad del hormigón, o bien pueden retrasar o acelerar el fraguado (Fabian, 2016). Una de las características importantes es que puede reducir el agua en un 40%. (ANFAH, 2016)

Figura 21: Mecanismo de acción de los policarboxilatos



Fuente: Asociación Nacional de Fabricantes de Aditivos de Hormigón ANFAH, 2016

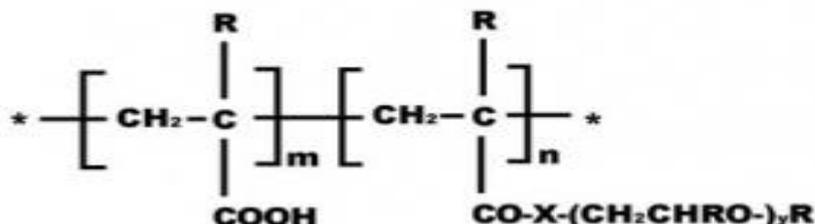
Figura 22: Fotomicrografía del cemento hidratado



Superplastificante (%spc)	0	0,8
Relación a/c	0,59	0,59
Consistencia (cm)	6	18
7 días (MPa)	26,9	28,6
28 días (MPa)	33,6	36,1

**Fuente:** Asociación Nacional de Fabricantes de Aditivos de Hormigón ANFAH, 2016

**Figura 23:** Composición química del aditivo a base de policarboxilatos



**Fuente:** Asociación Nacional de Fabricantes de Aditivos de Hormigón ANFAH, 2016

### 1.1.3.1.7 Aditivo Neoplast 8500 HP

Este producto producido por Química Suiza denominado Euco – Neoplast 8500HP es un aditivo para concretos especiales, pertenece a Tipo F, su rango de uso de acuerdo a su ficha técnica es de 0.2 % al 2.0% por peso del material cementante; lo cual aumenta el tiempo de trabajabilidad, reductor de agua de alto rango sin retardo y optimizador de cemento de mezclas de concreto, está diseñado para usar en climas cálidos y frío.

Su presentación es mediante Baldes de 20 kg, Cilindros de 180 kg y Tanques de 1100 kg; con respecto a su color es de ámbar oscuro, su densidad de 1.10 kg/l, de apariencia líquido. Esta especificación de este aditivo cumple con los requisitos de la norma NTP 334.088 y ASTM C-494.

Beneficios:

- Produce concretos fluidos sin retardo
- Permite que el concreto o mortero sea llevada a largas distancias
- Reduce el agua por más de un 45%.
- Reduce la segregación y exudación en el concreto plástico.
- Reduce las fisuras y permeabilidad en el concreto endurecido.

Usos y aplicaciones:

- Concreto de alta resistencia.
- Concretos de bajas relaciones agua/cemento.
- Concreto reforzados.
- Concretos autocompactante

#### **1.1.3.1.8 Aditivo Sika Viscocrete SC-60**

Este producto producido por Aditivos Sika denominado Sika – ViscoCrete SC-60 es un aditivo para concretos especiales, pertenece a Tipo F, su rango de uso de acuerdo a su ficha técnica es de 0.5 % al 2.0% por peso del material cementante; lo cual es un aditivo para concreto lanzado, concreto convencional y mortero específicamente desarrollado para incrementar el tiempo de trabajabilidad.

Su presentación es mediante granel de 1 L, Cilindros de 200 L, dispenser de 1000 L; con respecto a su color es de gris a gris oscuro, su densidad de 1.09 kg/l, de apariencia líquido. Esta especificación de este aditivo cumple con los requisitos de la norma NTP 334.088 y AST C-494 y ASTM C 1017.

Beneficios:

- Proveen concretos y morteros de mayor estabilidad.
- Retiene la trabajabilidad por más tiempo manteniendo el desarrollo de la resistencia.
- Es un reductor de alto rango.
- Reduce la segregación y exudación en el concreto plástico.
- Reduce las fisuras y permeabilidad en el concreto endurecido.

Usos y aplicaciones:

- Concreto de alta resistencia.
- Concretos de bajas relaciones agua/cemento.
- Concreto con un alto tejido de acero.
- Concretos autocompactante
- Concreto fluido.

#### **1.1.3.1.9 Métodos de ensayo del concreto autocompactante en su estado fresco**

Hoy en día hay una diversidad de métodos para medir y clasificar el concreto autocompactante, no solo basta realizar uno de los diferentes ensayos para medir todas las propiedades. (GPE, 2006)

**Tabla 17:** *Métodos de ensayo del concreto autocompactante*

Propiedades	Método de ensayo	Valor medido
Capacidad de llenado	Ensayo de extensión de flujo	Extensión de flujo
	Caja de Kajima	Llenado visual
Viscosidad/Fluidez	T500	Tiempo de flujo
	Ensayo del embudo "V"	Tiempo de flujo
	Ensayo del embudo en "O"	Tiempo de flujo
	Orimet	Tiempo de flujo
Capacidad de paso	Caja en "L"	Relación de paso
	Caja en "U"	Diferencia de altura
	Ensayo de anillo "J"	Altura de paso, flujo total
	Caja de Kajima	Capacidad de paso visual
Resistencia a la segregación	Penetración	Profundidad
	Segregación por tamiz GTM	Porcentaje de segregación
	Columna por decantación	Relación de segregación

Fuente: GPE, 2006

#### 1.1.3.1.10 Composición de la mezcla de concreto autocompactante

Para elaborar este tipo de concretos modernos no existe ningún método normalizado es por ello que instituciones educativas, fabricantes de concreto preparado, fabricantes de aditivos y contratistas mantienen su propio diseño de mezcla de un concreto autocompactante. (Diseño y Control de Mezclas de Concreto, PCA)

**Tabla 18:** *Rangos típicos para la composición de la mezcla del concreto autocompactante*

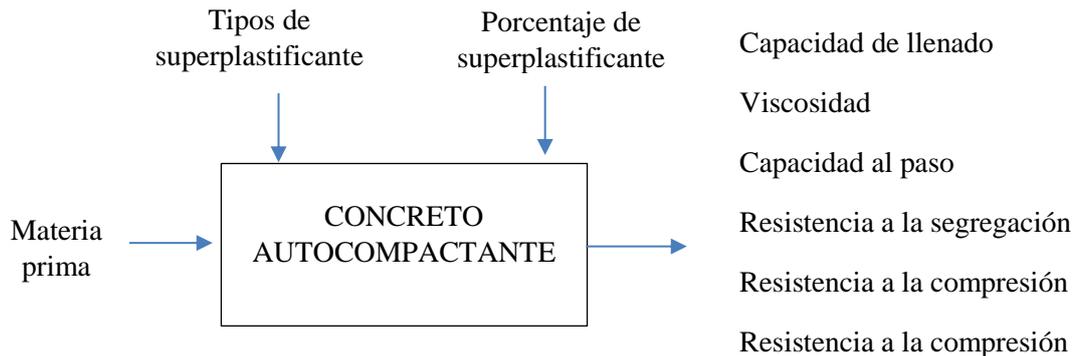
Componentes / Material	Rango típico por masa (kg/m <sup>3</sup> )	Rango típico por volumen (litros/m <sup>3</sup> )
Finos	380 - 600	-
Pasta	-	300 - 380
Agua de diseño	150 - 210	150 - 210
Árido Grueso	750 - 1000	270 - 360
Árido Fino (Arena)	El volumen del árido Fino es usualmente un 45 - 55% del peso total de los áridos en dosificaciones equilibradas	
Relación agua / finos por volumen	-	0.85 - 1.10

Fuente: GPE, 2006

## 1.2 Formulación del problema

¿De qué manera influye los tipos de aditivos con diferentes porcentajes de superplastificante de categoría F sobre la capacidad de llenado, capacidad de paso, viscosidad, resistencia a la segregación y resistencia a la compresión de un concreto autocompactante?

**Figura 24:** Representación esquemática del problema de investigación



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## 1.3 Justificación

La metodología de este trabajo realizado se llevó a cabo mediante los parámetros de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte, perteneciendo a la línea de investigación: “Estudio y desarrollo de nuevas tecnologías constructivas y materiales de construcción”

El principal objetivo de esta investigación es evaluar las propiedades del concreto autocompactante en su estado fresco y endurecido, sus componentes que lo conforman son: cemento, agua, arena piedra (confitillo) más la adición de un superplastificante. Yo constructor es un evento en el cual busca promocionar y mejorar las prácticas de construcción a través de orientación a técnicos, profesionales del sector y público en general, valiéndose del buen uso y buen empleo de sistemas y productos como aditivos entre los principales tenemos: Sika, Euco, ZAditivos, Chema, etc; para garantizar una vivienda económica y segura. Los promotores inmobiliarios piensan que el 47% de las unidades de vivienda a vender en el 2019 será de tipo

no social. La vivienda social (53%) registra una mayor perspectiva de venta: 39% correspondería al segmento mi vivienda y el 14% al Techo Propio. (Informe Económico de la Construcción ,2018) Es por ello que este concreto autocompactante está diseñado para ser principalmente fluido y cohesivo, por lo tanto, su fluidez genera mayor facilidad de vaciar a las estructuras, permitiendo rellenar todo el volumen del encofrado sin necesidad de algún medio externo ya sea por un vibrador mecánico. En diferencia del concreto convencional este requiere muchas veces de trabajo manual y a medida que es colocado de un vibrador mecánico, además al desencofrado se aprecia algunas fisuras o vacíos que se no fueron llenados, por otro lado, el concreto autocompactante nos brinda un mejor acabado (liso), libre de fisuras, menos porcentaje de porosidad y lo más importante una mayor durabilidad.

**Figura 25:** *Diferencia entre el concreto convencional y el concreto autocompactante*



**Fuente:** Informe económico de la construcción.

Principalmente, lo que muchas empresas constructoras buscan reducir costos en sus proyectos constructivos, es por ello que este tipo de concreto autocompactante reduce el tiempo de llenado comparado con un concreto vibrado, lo cual por ser una de sus características más importantes la fluidez, además no obstante se debe tener un encofrado de muy buena calidad ya que si existiera un mal encofrado tendríamos grandes problemas uno de ellos la pérdida de la pasta de este concreto autocompactante.

Este tema investigado sobre el concreto autocompactante fortalecerá a la tecnología del concreto además brindará un aporte en el aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil así como de carreras afines como Ingeniería de Materiales, entre otros.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.3 Objetivo general

Determinar de qué manera influye la adición de superplastificante de categoría F en porcentaje sobre la capacidad de llenado, capacidad de paso, viscosidad, resistencia a la segregación y resistencia a la compresión de un concreto autocompactante.

### 1.4.2 Objetivo específico

- Determinar la caracterización de los agregados para la elaboración del diseño de mezcla y determinación óptima del % de aditivo EucoNeoplast 8500 HP y SikaViscoCrete SC-60.
- Evaluar las propiedades en su estado fresco como: capacidad de llenado, viscosidad, capacidad de paso, resistencia a la segregación en sus distintos niveles de aditivo respecto a la cantidad de cemento bajo los parámetros de GPE 2006 y EFNARC 2002.
- Analizar el comportamiento del concreto autocompactante en su estado endurecido a los 28 y 56 días MTC E 704, NTP 339.034.
- Evaluar el impacto económico del concreto autocompactante con el concreto convencional.
- Realizar el diseño de mezcla del concreto autocompactante partiendo de los parámetros brindados por el ACI 211.

## 1.5 Hipótesis

### 1.5.1 Hipótesis general

A medida que aumentamos el porcentaje de superplastificante Euco Neoplast 8500 y Sika Viscocrete SC-60, se mejoran sus propiedades físicas y mecánicas de un concreto autocompactante.

### 1.5.2 Hipótesis específico

A medida que aumentamos el porcentaje de superplastificante Euco Neoplast 8500 y Sika Viscocrete SC-60, se mejoran sus propiedades físicas y mecánicas respecto a las probetas patrón diseñadas por el método ACI 211.

## CAPITULO II METODOLOGÍA

### 2.1 Operacionalización de variables

#### 2.1.1 Variable dependiente

**Tabla 19:** Operacionalización de variable dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Capacidad de llenado	Es la medida máxima que alcanza la extensión de flujo	Se elaboraron mezclas con diferentes porcentajes de adición de superplastificante	Extensión de flujo	Extensión máxima	cm
Viscosidad	El concreto con una baja viscosidad tendrá un flujo inicial muy rápido y luego se detendrá, caso contrario alta viscosidad continuara fluyendo más tiempo	Se elaboraron mezclas con diferentes porcentajes de adición de superplastificante	T500	Tiempo de flujo	s
			Embudo V	Tiempo de flujo	s
Capacidad de paso	Describe la capacidad de la mezcla fresca al fluir por medio de tejido de acero	Se elaboraron mezclas con diferentes porcentajes de adición de superplastificante	Caja L	Relación de alturas	h2/h1
			Anillo J	Altura de paso Flujo total	mm cm
Resistencia a la segregación	Es importante para la calidad y homogeneidad del concreto in situ del concreto autocompactante.	Se elaboraron mezclas con diferentes porcentajes de adición de superplastificante	Segregación en tamiz	Porcentaje de retención	%
			Columna de segregación	Porcentaje de segregación	%
Resistencia a la compresión	Es la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto	Se elaboró probetas de concretos de 8" x 4" con diferentes porcentajes de adición de superplastificante.	Resistencia a la compresión	Carga máxima de rotura	Kgf
				Peso	kg
			Control de calidad	Eje axial	mm
				Extremos planos	mm
				Diámetro	mm

Fuente: Elaboración propia, 2019

## 2.1.2 Variable independiente

**Tabla 20:** Operacionalización de variable independiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Tipos de superplastificantes	Aditivos de tercera generación de categoría F a base de policarboxilatos.	Está diseñado para mantener la fluidez por varias horas	Físicas	Forma	Color
				Densidad	Presentación
				Viscosidad	kg/l Poise
Porcentaje de superplastificante	Cantidad en relación del cemento	Está diseñado para mantener la fluidez por varias horas	Físicas	Cantidad	ml

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## 2.2 Diseño de investigación

Esta investigación es de tipo experimental puesto que al manipular una variable independiente se pueden determinar los cambios y/o influencia sobre una variable dependiente, es por ello que manipulamos dos variables independientes y así concluir en los resultados favorables.

En esta investigación se explica el diseño experimental del tipo bifactorial, lo cual cabe resaltar que manipulamos dos variables independientes, en donde se muestran en la tabla N° 21 en donde detallamos las variables en la tabla N° 22 acompañada con la matriz de diseño que se muestra en la tabla N° 23.

**Tabla 21:** Variable dependiente e independiente

VARIABLES INDEPENDIENTES DE ESTUDIOS	
Factores de estudio	Niveles de estudio
Factor "A": Marca de aditivo	A1,A2
Factor "B": Dosis de superplastificante (%)	B1,B2,B3,B4,B5,B6,B7,B8,B9,B10,B11,B12,B13,B14,B15,B16,B17,B18,B19,B20,B21,B22,B23,B24,B25

VARIABLES DEPENDIENTES DE ESTUDIOS

Capacidad de llenado

Viscosidad

Capacidad de paso

Resistencia a la segregación

Resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración propia, 2019

**Tabla 22:** *Detalle de las variables independiente*

Factor "A": Marca de aditivo		Factor "B": Dosis de superplastificante (%)	
A1	Euco	B1	0.00
		B2	0.15
		B3	0.30
		B4	0.45
		B5	0.60
		B6	0.75
		B7	0.90
		B8	1.05
		B9	1.20
		B10	1.35
		B11	1.50
		B12	1.65
		A2	Sika
B14	1.95		
B15	2.10		
B16	2.25		
B17	2.40		
B18	2.55		
B19	2.70		
B20	2.85		
B21	3.00		
B22	3.15		
B23	3.30		
B24	3.45		
B25	3.60		

Fuente: Elaboración propia, 2019

**Tabla 23:** *Matriz de diseño experimental*

		<b>CAPACIDAD DE LLENADO</b>																										
		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	2	2	2	2	2
<b>A</b>	<b>1</b>	A1B1	A1B2	A1B3	A1B4	A1B5	A1B6	A1B7	A1B8	A1B9	A1B10	A1B11	A1B12	A1B13	A1B14	A1B15	A1B16	A1B17	A1B18	A1B19	A1B20	A1B21	A1B22	A1B23	A1B24	A1B25		
<b>A</b>	<b>2</b>	A2B1	A2B2	A2B3	A2B4	A2B5	A2B6	A2B7	A2B8	A2B9	A2B10	A2B11	A2B12	A2B13	A2B14	A2B15	A2B16	A2B17	A2B18	A2B19	A2B20	A2B21	A2B22	A2B23	A2B24	A2B25		
		<b>VISCOSIDAD</b>																										
		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	2	2	2	2	2
<b>A</b>	<b>1</b>	A1B1	A1B2	A1B3	A1B4	A1B5	A1B6	A1B7	A1B8	A1B9	A1B10	A1B11	A1B12	A1B13	A1B14	A1B15	A1B16	A1B17	A1B18	A1B19	A1B20	A1B21	A1B22	A1B23	A1B24	A1B25		
<b>A</b>	<b>2</b>	A2B1	A2B2	A2B3	A2B4	A2B5	A2B6	A2B7	A2B8	A2B9	A2B10	A2B11	A2B12	A2B13	A2B14	A2B15	A2B16	A2B17	A2B18	A2B19	A2B20	A2B21	A2B22	A2B23	A2B24	A2B25		
		<b>CAPACIDAD DE PASO</b>																										
		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	2	2	2	2	2
<b>A</b>	<b>1</b>	A1B1	A1B2	A1B3	A1B4	A1B5	A1B6	A1B7	A1B8	A1B9	A1B10	A1B11	A1B12	A1B13	A1B14	A1B15	A1B16	A1B17	A1B18	A1B19	A1B20	A1B21	A1B22	A1B23	A1B24	A1B25		
<b>A</b>	<b>2</b>	A2B1	A2B2	A2B3	A2B4	A2B5	A2B6	A2B7	A2B8	A2B9	A2B10	A2B11	A2B12	A2B13	A2B14	A2B15	A2B16	A2B17	A2B18	A2B19	A2B20	A2B21	A2B22	A2B23	A2B24	A2B25		

**RESISTENCIA A LA SEGREGACION**

	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7	B 8	B 9	B 0	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7	B 8	B 9	B 0	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5
<b>A 1</b>	A1B1	A1B2	A1B3	A1B4	A1B5	A1B6	A1B7	A1B8	A1B9	A1B10	A1B11	A1B12	A1B13	A1B14	A1B15	A1B16	A1B17	A1B18	A1B19	A1B20	A1B21	A1B22	A1B23	A1B24	A1B25
<b>A 2</b>	A2B1	A2B2	A2B3	A2B4	A2B5	A2B6	A2B7	A2B8	A2B9	A2B10	A2B11	A2B12	A2B13	A2B14	A2B15	A2B16	A2B17	A2B18	A2B19	A2B20	A2B21	A2B22	A2B23	A2B24	A2B25

**RESISTENCIA A LA COMPRESION**

	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7	B 8	B 9	B 0	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7	B 8	B 9	B 0	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5
<b>A 1</b>	A1B1	A1B2	A1B3	A1B4	A1B5	A1B6	A1B7	A1B8	A1B9	A1B10	A1B11	A1B12	A1B13	A1B14	A1B15	A1B16	A1B17	A1B18	A1B19	A1B20	A1B21	A1B22	A1B23	A1B24	A1B25
<b>A 2</b>	A2B1	A2B2	A2B3	A2B4	A2B5	A2B6	A2B7	A2B8	A2B9	A2B10	A2B11	A2B12	A2B13	A2B14	A2B15	A2B16	A2B17	A2B18	A2B19	A2B20	A2B21	A2B22	A2B23	A2B24	A2B25

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

Se realizó un muestreo probabilístico por conveniencia, la cantidad de pruebas que se realizaron:

La cantidad de ensayos en estado fresco para la capacidad de llenado.

- Extensión de flujo y T500
- N° total de pruebas = (N° de nivel de A x N° de nivel de B x N° de réplica)
- N° total de pruebas = (2 x 25 x 3) = 150
- Cantidad de concreto = 150 x 15kg = 2250 kg

La cantidad de ensayos en estado fresco para la viscosidad.

- Embudo V:
- N° total de pruebas = (N° de nivel de A x N° de nivel de B x N° de réplica)
- N° total de pruebas = (2 x 25 x 3) = 150
- Cantidad de concreto = 150 x 25kg = 3750 kg

La cantidad de ensayos en estado fresco para capacidad de paso.

- Caja L:
  - N° total de pruebas = (N° de nivel de A x N° de nivel de B x N° de réplica)
  - N° total de pruebas = (2 x 25 x 3) = 150
  - Cantidad de concreto = 150 x 35kg = 5250 kg
  
- Anillo J:
  - N° total de pruebas = (N° de nivel de A x N° de nivel de B x N° de réplica)
  - N° total de pruebas = (2 x 25 x 3) = 150
  - Cantidad de concreto = 150 x 15kg = 2250 kg

La cantidad de ensayos en estado fresco para la resistencia a la segregación:

- Columna de segregación:
  - N° total de pruebas = (N° de nivel de A x N° de nivel de B x N° de réplica)
  - N° total de pruebas = (2 x 25 x 3) = 150
  - Cantidad de concreto = 150 x 75kg = 11250 kg
  
- Segregación en tamiz GTM:
  - N° total de pruebas = (N° de nivel de A x N° de nivel de B x N° de réplica)
  - N° total de pruebas = (2 x 25 x 3) = 150
  - Cantidad de concreto = 150 x 20kg = 3000 kg

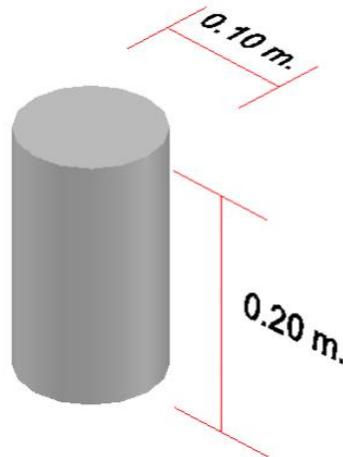
La cantidad de ensayos en estado fresco para la resistencia a la compresión:

- N° total de pruebas = (N° de nivel de A x N° de nivel de B x N° de réplica x N° días 28 y 56) + (pruebas ACI 211) + (concreto autocompactante patrón)
- N° total de pruebas = (2 x 25 x 4 x 2) + (15) + (15) = 430
- Cantidad de concreto = 430 x 4.5kg = 1935 kg

### 2.3 Unidad de estudio

Concreto en estado fresco y en su estado endurecido elaborado de concreto autocompactante, lo cual será sometida a diferentes ensayos y variaciones de porcentajes de aditivos.

**Figura 26:** Espécimen de concreto de 4" x 8"



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

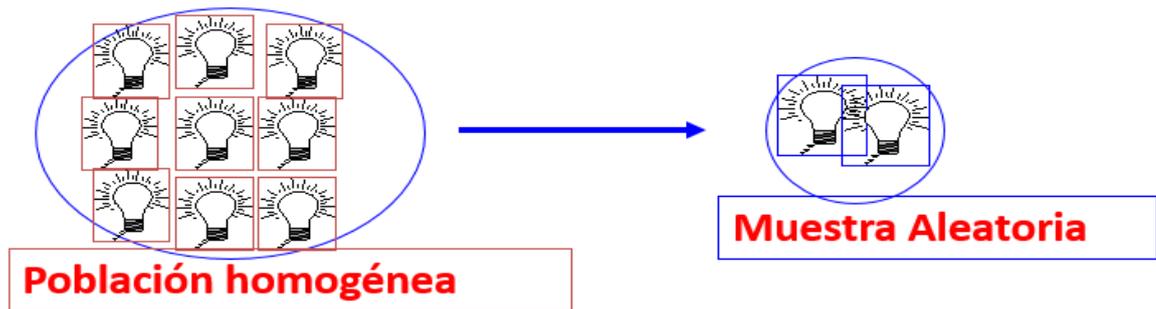
## 2.4 Población

La población es el concreto autocompactante que está constituido por materiales con características similares a los que se van a emplear en la presente investigación como agregado fino de módulo de finura comprendido entre 2.30 y 3.10, agregado grueso de TMN 3/8", cemento portland tipo I (Pacasmayo), agua potable y súper plastificantes basado en policarboxilatos (tipo f), en esta investigación se va a emplear los aditivos Euco y Sika.

## 2.5 Muestra

La muestra de esta investigación es de probabilístico aleatorio simple de tamaño  $n$ , de una población finita de tamaño  $N$ , es una muestra tomada de tal forma que toda muestra posible de tamaño  $n$  tenga las mismas probabilidades de ser seleccionada, así como lo estipula el Manual de Estadística de la Universidad Privada del Norte (2016).

**Figura 27:** Método de la toma de muestra



Fuente: Elaboración propia, 2019

$$n_0 = \frac{Z^2 \times S^2}{E^2}$$

Donde:

- $n_0$  = tamaño de muestra
- $Z$  = Es el valor de la distribución normal estandarizado para un nivel de confianza fijado por el investigador.
- $S$  = Desviación estándar de la variable fundamental del estudio o de interés para el investigador.
- $E$  = % del estimador o en absoluto (unidades). Fijada por el investigador.

**Tabla 24:** Valores de la distribución normalizada

Valores de la distribución normal o estandarizada			
Error (Tipo I): Puede ser unilateral o bilateral			
Nivel de confianza (1- $\alpha$ )	Error ( $\alpha$ )	Valor Z	
		Bilateral	Unilateral
90%	0.1	1.64	1.28
95%	0.05	1.96	1.64
99%	0.01	2.57	2.32

Fuente: Elaboración propia, 2019

**Tabla 25:** Valores de la distribución normalizada

Espécimen ensayados	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (S)	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
	1	355.45	
	2	360.63	
	3	357.32	
Patrón	4	354.57	3.809
	5	357.61	
	6	350.55	
	7	350.70	

8	358.01
9	357.78
10	362.32

Fuente: Mego y Meza, 2018

$$n_0 = \frac{(1.96^2)(3.809 \text{ kg/cm}^2)^2}{(4.278 \text{ kg/cm}^2)^2}$$

$$n_0 = 3.06$$

$$n_0 = 3$$

## 2.6 Técnicas e instrumentos y procedimiento de recolección de datos

### 2.6.1 Técnicas de recolección de datos

La técnica a emplearse en esta investigación es la observación experimental, ya que los datos obtenidos para el análisis a realizar serán anotados desde el laboratorio de ensayos de acuerdo al comportamiento de los materiales y probetas a ejecutar reglamentadas por la Norma Técnica Peruana (NTP), Grupo Proyecto Europeo (GPE,2006) y Especificaciones y Directrices para el hormigón autocompactante (EFNARC, 2002).

### 2.6.2 Instrumentos de recolección de datos

El instrumento que se empleara para la recolección de datos son las hojas de fichas de datos con el Software Microsoft Excel, porque permitirá detallar los datos y resultados necesarios de los ensayos de laboratorio para analizar la influencia de los tipos de superplastificantes Euco y Sika. Se desarrolló una encuesta para determinar qué tan tanto se sabe de este concreto autocompactante.

Los diagramas y gráficos serán utilizados para explicar el comportamiento y cambios que se generan de manera resumida. Para analizar los datos, se utilizará el método ANAVA, ya que esta investigación es bifactorial, por presentar el tipo de superplastificante de las marcas Euco y Sika además el porcentaje de adición que se adicionara en base al cemento, lo cual evalúa la importancia para más de un factor comparando en variables las medidas de respuesta en cada

diferente nivel de los factores.

Para la prueba de hipótesis se considera dos hipótesis:

- Hipótesis nula ( $H_0$ ): Indica que hay igualdad entre los valores de los resultados que serán comparados.
- Hipótesis alterna ( $H_1$ ): Indica que hay variación entre los valores de los resultados que serán comparados.

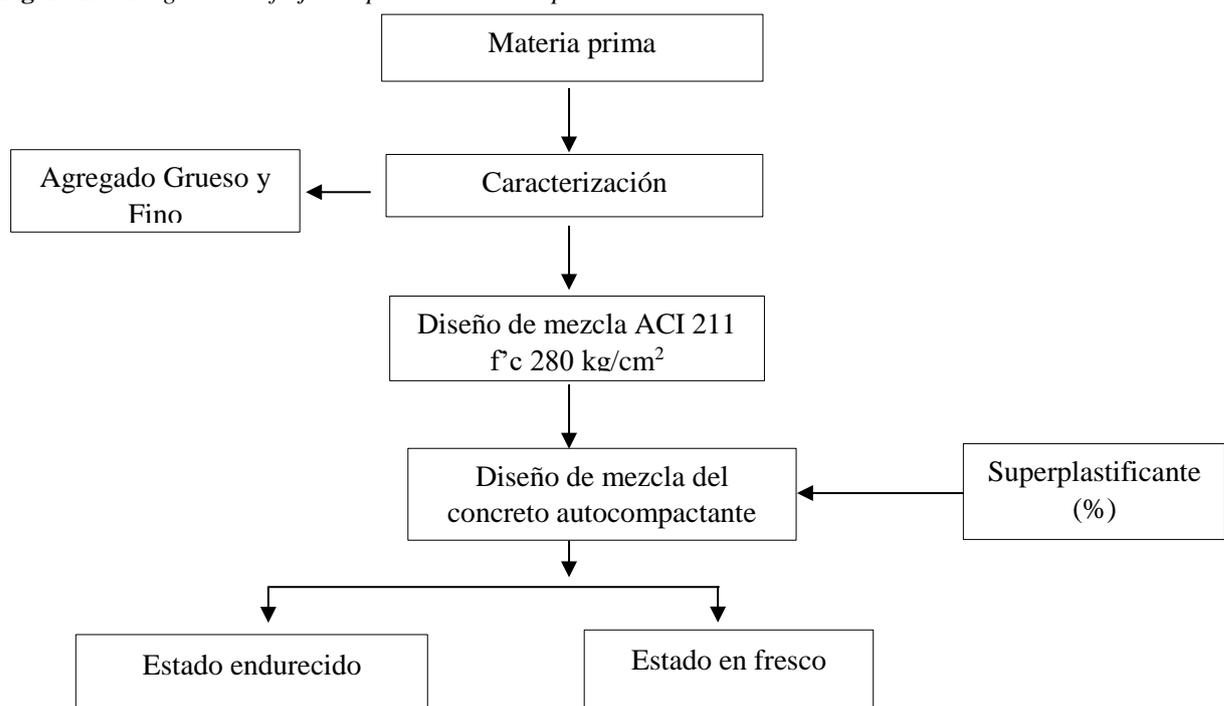
**Figura 28:** Formulas de estadísticas para analizar método ANAVA

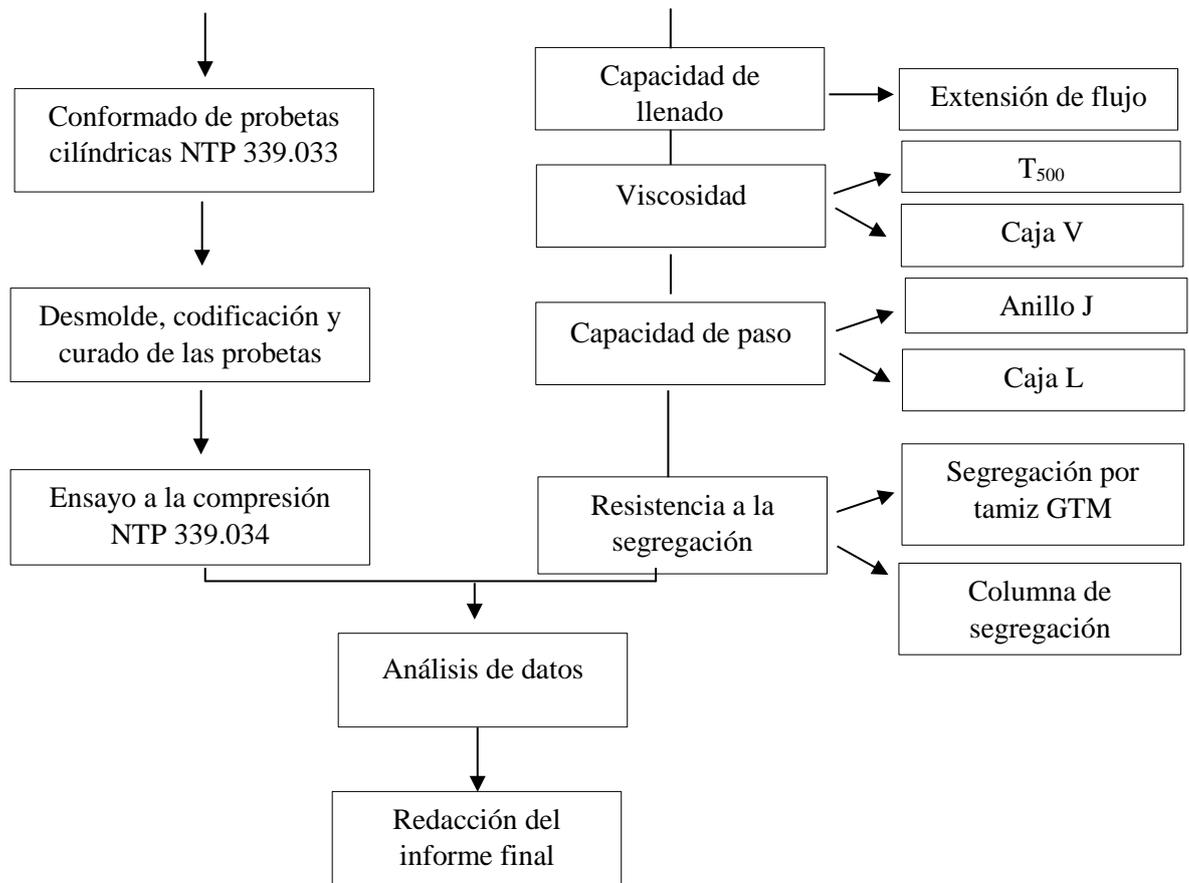
Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de cuadrados	$F_0$
A	a-1	$SS_A$	$MS_A = \frac{SS_A}{a-1}$	$F_0 = \frac{MS_A}{MS_E}$
B	b-1	$SS_B$	$MS_B = \frac{SS_B}{b-1}$	$F_0 = \frac{MS_B}{MS_E}$
AB	(a-1)(b-1)	$SS_{AB}$	$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a-1)(b-1)}$	$F_0 = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$
Error	ab(n-1)	$SS_E$	$\frac{SS_E}{ab(n-1)}$	
Total	abn-1	$SS_T$		

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

### 2.6.3 Procedimiento de recolección de datos

**Figura 29:** Diagrama de flujo del procedimiento experimental





Fuente: *Elaboración propia, 2019*

### 2.6.3.1 Obtención y caracterización de insumos

#### 2.6.3.1.1 Obtención de insumos

- Agregado grueso y fino: La obtención de estos agregados se realizó de la cantera el Milagro ya que es una de las más grandes e importantes que se distribuye a toda la provincia de Trujillo, se adquirió agregado grueso (confitillo 3/8”) y agregado fino (arena gruesa). La movilización de estos agregados se dio por medio de un vehículo particular (camión).
- Cemento: El cemento a emplearse fue Pacasmayo Tipo I.
- Agua: Se utilizó agua potable de acuerdo a los requerimientos de la NTP 339.088.
- Superplastificante: Se emplearon dos diferentes marcas de aditivos superplastificantes

de las marcas Euco y Sika.

### 2.6.3.1.2 Caracterización de los agregados

Se determinarán las propiedades físicas de cada agregado basándose en las normas técnicas peruanas (NTP) y el manual de diseño de material (MTC), para ello se realizarán los siguientes ensayos a los agregados.

#### 2.6.3.1.2.1 Granulometría del agregado grueso y fino NTP 400.012 / ASTM C136

Este ensayo de granulometría se desarrolló mediante los lineamientos como lo estipula la NTP 400.012 “Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global”

Materiales:

- Agregado fino: según la norma técnica peruana (NTP 400.012) la cantidad mínima es de 300g.
- Agregado grueso: según la norma técnica peruana (NTP 400.012) la cantidad de agregado grueso es de acuerdo a la siguiente tabla.

**Tabla 26:** Cantidad de muestra de ensayo

Tamaño máximo nominal abertura cuadrada mm (pulg)	Cantidad mínima de 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 1/2)	15 (33)
50.0 (2)	20 (44)
63.0 (2 1/2)	35 (77)
75.0 (3)	60 (130)
90.0 (3 1/2)	100 (220)
100.0 (4)	150 (330)
125.0 (5)	300 (660)

**Fuente:** Norma Técnica Peruana (NTP) 400.012, 2013

Equipos:

- Horno: Con una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Balanza eléctrica con aproximación de 0.1 g.
- Tamices que cumplan con los requerimientos de la NTP 350.001
- Tamices empleados para el agregado grueso (ver Tabla 26)
- Tamices empleados para el agregado fino (ver Tabla 27)

**Tabla 27:** *Tamices empleados para el agregado grueso*

Tamiz	Abertura (mm)
1 1/2"	33.100
1"	25.000
3/4"	12.500
1/2"	19.000
3/8"	9.500
N°4	4.750
N°8	2.360
N°16	1.180

**Fuente:** *Elaboración propia, 2019*

**Tabla 28:** *Tamices empleados para el agregado fino*

Tamiz	Abertura (mm)
3/8"	9.500
N°4	4.750
N°8	2.360
N°16	1.180
N°30	0.600
N°50	0.300
N°100	0.150
N°200	0.075

**Fuente:** *Elaboración propia, 2019*

Procedimiento:

- Se obtuvo la muestra utilizando el método del cuarteo mediante la NTP, lo cual se dividió en cuatro partes similares, finalmente se escogieron 2 partes en cruz.

- Posteriormente se llevó al horno la muestra del agregado grueso (confitillo 3/8") y se dejó secar a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  durante 24 horas.
- Luego se pesó la muestra de 500 g para el agregado fino y 1 kg para el agregado grueso.
- Se seleccionó los tamices con aberturas adecuadas para poder obtener la información de los agregados. Además, utilizar tamices para determinar el módulo de finura (MF), tamaño máximo nominal (TMN) y registrando la masa de cada tamiz y la bandeja de fondo con la ayuda de una balanza digital  $2 \text{ kg} \pm 0.01 \text{ g}$  de precisión.
- Se armó los tamices en el orden del tamaño de abertura de forma decreciente colocando la bandeja de fondo, colocando la muestra en la parte superior se coloca la tapa para evitar pérdida del material.
- Se agita la muestra por un tiempo de 5 minutos luego se registra la masa de los tamices individuales con el material retenido, incluyendo la masa de la bandeja de fondo.
- Los cálculos fueron registrados en la tabla 24 y tabla 25 mediante las formulas siguientes.
- El módulo de finura de una arena se encuentra en los valores de 2.30 y 3.10

$$\% \text{Peso retenido parcial} = \frac{\text{Peso retenido en tamiz}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Peso retenido acumulado} = \sum_1^n PRP_n$$

$$\% \text{ Peso pasante acumulado} = 100 - \left[ \sum_1^n PRP_n \right]$$

$$\text{MF} = \frac{(\sum \% \text{ retenido acumulado en las mallas } 3/8", \text{ N}^\circ 4, 8, 16, 30, 50, 100)}{100}$$

Donde:

PRPn: Retenido parcial de cada tamiza en la enésima ubicación.

**Tabla 29:** *Análisis granulométrico del agregado grueso*

TAMIZ	ABERTURA (mm.)	PESO TAMIZ (g.)	TAMIZ + MUESTRA (g.)	PESO RETENIDO (g.)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO (%)	
						RETENIDO	PASANTE
1 1/2"	33.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.500						
Nº4	4.750						
Nº8	2.360						
Nº16	1.180						
Nº30	0.600						
Nº50	0.300						
Nº100	0.150						
Nº200	0.075						
FONDO							
PESO TOTAL							

**Fuente:** *Elaboración propia, 2019*

**Tabla 30:** *Análisis granulométrico del agregado fino*

TAMIZ	ABERTURA (mm.)	PESO TAMIZ (g.)	TAMIZ + MUESTRA (g.)	PESO RETENIDO (g.)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO (%)	
						RETENIDO	PASANTE
3/8"	9.500						
Nº4	4.750						
Nº8	2.360						
Nº16	1.180						
Nº30	0.600						
Nº50	0.300						
Nº100	0.150						
Nº200	0.075						
FONDO							
PESO TOTAL							

**Fuente:** *Elaboración propia, 2019*

Los resultados de la arena fina se miden como indica la norma, lo cual los clasifica en agregado fino de acuerdo a su módulo de finura en: arena gruesa (2.3 -3.1), arena media (1.5 – 2.3) y arena fina (menores a 1.5). para el caso del agregado grueso se clasifica de acuerdo a su huso granulométrico.

**Tabla 31:** Huso granulométrico de los agregados

Agregado grueso				Agregado fino			
Tamiz	Abertura (mm)	Huso inferior (%)	Huso superior (%)	Tamiz	Abertura (mm)	Huso inferior (%)	Huso superior (%)
1 1/2"	37.500	100	100	3/8"	9.500	100	100
3/4"	19.000	90	100	N°4	4.750	95	100
3/8"	9.500	20	55	N°8	2.360	80	100
N°4	4.750	0	10	N°16	1.180	50	85
N°8	2.360	0	5	N°30	0.600	25	60
				N°50	0.300	5	30
				N°100	0.150	0	10
				N°200	0.075	0	0

Fuente: NTP 400.037

#### 2.6.3.1.2.2 Contenido de humedad agregado grueso y fino NTP 339.185 /ASTM C 566

Este ensayo de contenido de humedad se desarrolló mediante los lineamientos como lo estipula la NTP 339.185 “Método de ensayo normalizado para el contenido de humedad total de los agregados por secado”

Materiales:

- Agregado fino y grueso con humedad en su estado natural.

Equipos:

- Balanza electrónica con una precisión de  $\pm 0.01g$
- Horno con una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}C$ .
- Taras de metal resistentes a altas temperaturas.

Procedimiento:

- La muestra (arena gruesa o confitillo) en recipientes de metal, registrando su masa de cada recipiente con una balanza digital de precisión  $\pm 0.01g$ .
- Luego se colocó en el horno a una temperatura de  $100 \pm 5^{\circ}C$  durante 24 horas, después se procede a registrar sus respectivas masas de los recipientes con las muestras secas.
- Los cálculos fueron registrados en la tabla 24 y tabla 25 mediante las formulas

siguientes.

$$W\% = \left[ \frac{Ph - Ps}{Ps} \right] \times 100$$

Donde:

Ph = Peso natural del material.

Ps = Peso seco del material.

**Tabla 32:** *Contenido de humedad del agregado grueso*

Descripción	Und	Muestras		
		M-1	M-2	M-3
Peso de tara	g			
Peso de la muestra natural	g			
Peso de muestra seca + Tara	g			
Contenido de humedad	%			
Promedio	%			

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Tabla 33:** *Contenido de humedad del agregado fino*

Descripción	Und	Muestras		
		M-1	M-2	M-3
Peso de tara	g			
Peso de la muestra natural	g			
Peso de muestra seca + Tara	g			
Contenido de humedad	%			
Promedio	%			

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 2.6.3.1.2.3 Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso y fino NTP 400.017 / ASTM C 29

Este ensayo de peso unitario se desarrolló mediante los lineamientos como lo estipula la NTP 400.017 “Método de ensayo normalizado para determinar la masa de volumen o densidad (Peso unitario) de los agregados”

Materiales:

- Agregado fino y grueso.

Equipos:

- Balanza electrónica con una precisión de  $\pm 0.01g$
- Horno con una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}C$ .
- Varilla de apisonador lisa de acero, redondeada de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud.
- Recipiente cilíndrico de metal con bordes inferior y superior parejo.
- Martillo de goma.
- Cucharón mediano para llenar el recipiente.

Procedimiento:

- Se colocó la muestra (confitillo y arena gruesa) en bandejas y se dejó secar por 24 horas en el horno con una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}C$ .
- Se registra la masa del recipiente en la balanza digital de  $30kg \pm 2g$  de precisión.
- Para calcular el volumen del recipiente se llena de agua cubriendo con una placa de vidrio eliminando las burbujas.
- Se determinó el volumen interno del recipiente metálico, dividiendo la masa del agua entre el volumen, mediante la fórmula:

$$\text{Volumen del recipiente} = \left[ \frac{\text{Peso del agua contenida en el recipiente}}{\text{Densidad del agua a temperatura actual}} \right]$$

**Tabla 34:** Densidad del agua a diferentes temperaturas

Temperatura		lb/ft <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
°C	°F		
15.60	60.00	62.366	999.01
18.30	65.00	62.336	998.54
21.10	70.00	62.301	997.97
23.00	73.40	62.274	997.54
23.90	75.00	62.261	997.32
26.70	80.00	62.216	996.59
29.40	85.00	62.166	995.83

Fuente: ASTM C29

### 2.6.3.1.2.3.1 Peso unitario suelto seco (PUSS)

- Se llenó el recipiente con la muestra (confitillo y agregado fino) hasta rebosarlo a una altura no mayor a 2” por encima del borde superior del molde, luego con una regla se enrasa, registrando la masa del recipiente más el contenido de la muestra (Gs)

$$\text{PUSS} = \left[ \frac{Gs - T}{V} \right]$$

Donde:

Gs = Peso unitario del agregado suelto + peso del recipiente kg

T = Peso del recipiente kg

V = Volumen del recipiente m<sup>3</sup>

PUSS = Peso unitario suelto seco kg/m<sup>3</sup>

**Tabla 35:** *Peso unitario suelto seco del agregado grueso*

Descripción	Und	Muestras		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg			
Peso de molde + Agua	kg			
Temperatura	°C			
Densidad del agua	kg/m <sup>3</sup>			
Volumen del molde	m <sup>3</sup>			
Peso de molde + Muestra	kg			
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	kg/m <sup>3</sup>			
Promedio	kg/m <sup>3</sup>			

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Tabla 36:** *Peso unitario suelto seco del agregado fino*

Descripción	Und	Muestras		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg			
Peso de molde + Agua	kg			
Temperatura	°C			
Densidad del agua	kg/m <sup>3</sup>			
Volumen del molde	m <sup>3</sup>			
Peso de molde + Muestra	kg			
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	kg/m <sup>3</sup>			
Promedio	kg/m <sup>3</sup>			

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 2.6.3.1.2.3.2 Peso unitario compactado seco (PUCS)

- Se llenó el recipiente con la muestra (confitillo y agregado fino) en tres capas luego se procede al varillado cada capa con 25 varillados de apisonado con la adición de 12 golpes con la ayuda de un martillo de goma por capa de forma en cruz y al finalizar enrazar la superficie (G)

$$PUSS = \left[ \frac{G - T}{V} \right]$$

Donde:

G = Peso unitario del agregado compactado + peso del recipiente kg

T = Peso del recipiente kg

V = Volumen del recipiente m<sup>3</sup>

PUSS = Peso unitario suelto seco kg/m<sup>3</sup>

**Tabla 37:** *Peso unitario compactado seco del agregado grueso*

Descripción	Und	Muestras		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg			
Peso de molde + Agua	kg			
Temperatura	°C			
Densidad del agua	kg/m <sup>3</sup>			
Volumen del molde	m <sup>3</sup>			
Peso de molde + Muestra	kg			
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	kg/m <sup>3</sup>			
Promedio	kg/m <sup>3</sup>			

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Tabla 38:** *Peso unitario compactado seco del agregado fino*

Descripción	Und	Muestras		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg			
Peso de molde + Agua	kg			
Temperatura	°C			
Densidad del agua	kg/m <sup>3</sup>			
Volumen del molde	m <sup>3</sup>			
Peso de molde + Muestra	kg			
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	kg/m <sup>3</sup>			
Promedio	kg/m <sup>3</sup>			

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

#### 2.6.3.1.2.4 Peso específico y absorción del agregado grueso NTP 400.021 / ASTM C127

Este ensayo de peso específico y absorción se desarrolló mediante los lineamientos como lo estipula la NTP 400.021 “Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, peso específico y absorción del agregado grueso”

Materiales:

- Agregado grueso.

Equipo:

- Horno con temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Un recipiente tejido de acero bajo el agua, en la que se colocara la muestra mientras estas suspendida.
- Balanza electrónica de 0.1g de precisión.

Procedimiento:

- Se colocó la muestra en una bandeja con agua durante 24horas.
- Luego de transcurrir las 24horas se procedió a secarla superficialmente con la ayuda de una tela hasta que pierda el brillo del agua, luego se registra su peso (B).
- Inmediatamente después se coloca la muestra en el recipiente tejido de acero bajo el agua quedando suspendido, luego se procede a registrar su masa (C).
- A continuación, se procede a colocar la muestra en el horno con una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas, después se deja enfriar a temperatura ambiente y se registra la masa de la muestra seca (A).
- Los datos fueron registrados en la tabla 22, mediante la fórmula:

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico de masa saturada}_{SSS} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{A - C}$$

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

Donde:

A = Masa de la muestra de ensayo seca g

B = Masa de la muestra saturada superficialmente seca g

C = Masa aparente de la muestra saturada en agua g

**Tabla 39:** *Peso específico de masa del agregado grueso*

Descripción	Und	Muestras		
		M-1	M-2	M-3
B =Peso de la muestra SSS	g			
C = Peso de la muestra SSS en el agua	g			
Peso de bandeja	g			
Peso de bandeja + Muestra seca	g			
A = Peso de la muestra secada en el horno	g			
Peso específico de masa SSS	kg/m <sup>3</sup>			
Peso específico aparente	kg/m <sup>3</sup>			
Peso específico de masa	kg/m <sup>3</sup>			
Promedio del peso específico de masa	kg/m <sup>3</sup>			

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Tabla 40:** *Porcentaje de absorción del agregado grueso*

Descripción	Und	Muestra		
		M-1	M-2	M-3
B =Peso de la muestra SSS	kg			
A = Peso de la muestra secada en el horno	kg			
Porcentaje de absorción (%)	%			
Promedio	%			

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 2.6.3.1.2.5 Peso específico y absorción del agregado fino NTP 400.022 / ASTM C128

Materiales:

- Agregado fino.

Equipos:

- Balanza electrónica con una precisión de 0.1 g.

- Molde para los ensayos superficiales de humedad, el molde de acero tiene la forma de un cono con las siguientes dimensiones en la parte inferior  $75 \pm 3\text{mm}$  de altura, en la parte superior  $90 \pm 3\text{mm}$  y en la parte inferior  $40 \pm 3\text{mm}$ .
- Barra compactadora de acero con una masa de  $340 \pm 15\text{g}$  y una cara plana de metal.
- Estufa con temperatura uniforme de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .

Procedimiento:

- Se colocó la muestra en una bandeja con agua durante 24 horas.
- Posteriormente la muestra se coloca en una cocina eléctrica, en donde su secado debe de ser homogéneo.
- Se realizan pruebas con el molde y el apisonador de acero para el ensayo de humedad superficial sujetando superficialmente el cono, se realizan en tres partes iguales con 25 golpes.
- Luego se enraza la muestra sobrante; si presenta un ligero desmoronamiento un tercio del total del cono, ya es una muestra que alcanzado la condición en estado saturado superficialmente seco. En caso no se desborone más o menos de un tercio del total se continua con las pruebas hasta que cumpla.
- Se realiza el ensayo por el método gravimétrico para lo cual se utilizaron una fiola de 1000mL, registrando su peso seco y su peso lleno de agua hasta la marca de calibración (B).
- Luego se coloca la muestra en la fiola y se registra su peso (S).
- Después se llenado de agua se le se agita, rota la fiola para poder eliminar todas las burbujas posibles, consiguiendo que la muestra esté libre de burbujas y espuma y se registra su peso (C).
- A continuación, se procede a colocar la muestra en el horno con una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  durante 24 horas, después se deja enfriar a temperatura ambiente y se registra la

masa de la muestra seca (A).

- Los datos fueron registrados en la tabla 22, mediante la fórmula:

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

$$\text{Peso específico de masa saturada}_{SSS} = \frac{S}{(B - C)}$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{(B + A - C)}$$

$$\% \text{ de absorción} = \frac{S - A}{A} \times 100$$

Donde:

A = Peso de la muestra seca en la estufa (g)

B = Peso de la fiola mas el agua g)

C = Peso total de la fiola mas el agua y la muestra (g)

S = Masa de la muestra saturada superficialmente seca (g)

**Tabla 41:** *Peso específico de masa del agregado fino*

Descripción	Und	Muestras		
		M-1	M-2	M-3
Volumen de agua en la fiola	cm <sup>3</sup>			
Peso de la fiola (limpio y seco)	g			
B = Peso de la fiola + Agua	g			
Peso de la fiola + Peso muestra SSS	g			
C = Peso de la fiola + Peso muestra SSS + Agua	g			
Peso del agua (5-4)	g			
Peso de recipiente	g			
Recipiente + Muestra seca	g			
A = Peso de la muestra secada al horno	g			
S = Peso de la muestra SSS (4-2)	g			
Peso específico de masa SSS	kg/m <sup>3</sup>			
Peso específico aparente	kg/m <sup>3</sup>			
Peso específico de masa	kg/m <sup>3</sup>			
Promedio de peso específico de masa	kg/m <sup>3</sup>			

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Tabla 42:** Porcentaje de absorción del agregado fino

Descripción	Und	Muestra		
		M-1	M-2	M-3
S = Peso de la muestra SSS (4-2)	g			
A = Peso de la muestra secada al horno	g			
Porcentaje de absorción (%)	%			
Promedio	%			

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 2.6.3.1.3 Diseño de mezcla ACI 211

- Se determina el factor de seguridad a adicionar a la resistencia de compresión que se diseñara.

**Tabla 43:** Factor de seguridad  $f'_{cr}$

$f'_{c}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'_{cr}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
<210	$f'_{cr} + 70$
210 a 350	$f'_{cr} + 84$
>350	$f'_{cr} + 98$

**Fuente:** Elaboración propia ACI (2017)

- Luego se determina la relación r a/c.

**Tabla 44:** Relación agua/cemento

Resistencia a la compresión a 28 días (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento (por peso)
	Concreto sin aire incorporado
450	0.38
400	0.43
350	0.48
300	0.55
250	0.62
200	0.70
150	0.80

**Fuente:** Elaboración propia ACI (2017)

- Después se determina la cantidad de agua a emplear por 1m<sup>3</sup>, a través del Slump diseñado y el TMN del agregado grueso.

**Tabla 45:** Cantidad aproximada de agua  $L/m^3$ 

AGUA en $L/m^3$ para los diferentes TMN de agregado grueso y consistencia indicada								
Slump (pulg)	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
De 1 a 2	205	200	185	180	160	155	145	125
De 3 a 4	225	215	200	195	175	170	160	140
De 6 a 7	240	230	210	205	185	180	170	-
% Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

**Fuente:** Elaboración propia ACI (2017)

- Una vez obtenido la cantidad de agua y la relación agua/cemento, se determina la cantidad de cemento.

$$Cemento = \frac{Agua}{Relación\ a/c}$$

- Se determina la cantidad de agregado grueso a emplear en la mezcla, a través del peso unitario compactado seco multiplicando por el factor del agregado grueso.

**Tabla 46:** Volumen del agregado grueso

TMN	Volumen de agregado grueso en seco, por unidad de volumen de concreto para diferentes módulos de finura de la arena			
Pulg.	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.8	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

**Fuente:** Elaboración propia ACI (2017)

$$Agregado\ Grueso = PUCS_{AG} \times Factor$$

- Luego se determina la cantidad de agregado fino en volumen mediante la siguiente

formula

$$V = \frac{m}{Pe}$$

$$V_{A.F.} = 1 - (V_c + V_{A.G.} + V_{AGUA} + V_{AIRE})$$

Donde:

V = Volumen m<sup>3</sup>

m = masa kg

Pe = Peso específico del material kg/m<sup>3</sup>

V<sub>A.F.</sub> = Volumen del agregado fino m<sup>3</sup>

V<sub>C</sub> = Volumen del cemento m<sup>3</sup>

V<sub>A.G.</sub> = Volumen del agregado grueso m<sup>3</sup>

V<sub>AGUA</sub> = Volumen del agua m<sup>3</sup>

V<sub>AIRE</sub> = Volumen del aire m<sup>3</sup>

- Después se corrige el peso de los agregados por humedad (%W) mediante la siguiente

formula

$$Pch = Cantidad\ del\ agregado \times \left(1 + \frac{\%W}{100}\right)$$

Donde:

Pch = Peso corregido por humedad kg

%W = Porcentaje de humedad

- Por consiguiente, se corrige el agua de amasado por humedad (%W) y absorción (%A)

$$Agua_{total} = Cantidad \times \left(1 + \frac{\%W - \%A}{100}\right)$$

Donde:

%W = Porcentaje de humedad

%A = Porcentaje de absorción

### 2.6.3.1.4 Diseño de mezcla de un concreto autocompactante GPE 2006

**Tabla 47:** Rangos típicos de la composición de mezcla

Componentes / Material	Rango típico por masa (kg/m <sup>3</sup> )	Rango típico por volumen (litros/m <sup>3</sup> )
Finos (kg/m <sup>3</sup> )	380 - 600	-
Pasta (L/m <sup>3</sup> )	-	300 - 380
Agua de diseño (L/m <sup>3</sup> )	150 - 210	150 - 210
Árido Grueso (kg/m <sup>3</sup> )	750 - 1000	270 - 360
Árido Fino (Arena)	El volumen del árido Fino es usualmente un 45 - 55% del peso total de los áridos en dosificaciones equilibradas	
Relación agua / finos por volumen	-	0.85 - 1.10

**Fuente:** Elaboración propia GPE, 2006

- Por consiguiente, se calcula la cantidad de aditivo en porcentaje respecto a la cantidad del cemento.

**Tabla 48:** Rango de aplicación de aditivo en porcentaje

Rango de aplicación	Porcentaje de aditivo respecto al cemento	Aditivos	
		Cantidad de aditivo Euco (g)	Cantidad de aditivo Sika (g)
1	0.00		
2	0.15		
3	0.30		
4	0.45		
5	0.60		
6	0.75		
7	0.90		
8	1.05		
9	1.20		
10	1.35		
11	1.50		
12	1.65		
13	1.80		
14	1.95		
15	2.10		

16	2.25
17	2.40
18	2.55
19	2.70
20	2.85
21	3.00
22	3.15
23	3.30
24	3.45
25	3.60

Fuente: Elaboración propia, 2019

### 2.6.3.1.5 Ensayos del concreto autocompactante en su estado fresco GPE 2006

#### 2.6.3.1.5.1 Flujo de asentamiento por el cono de Abrams y $T_{500}$ (ASTM C1611)

Materiales:

- Concreto autocompactante.

Equipos:

- Cronometro con una precisión de 0.1 s.
- Regla de acero
- Cucharon
- Placa plana y lisa y no absorbente, en el centro de la placa deben estar marcada con una cruz, y líneas a círculos con medidas de 500 mm de diámetro, 650 mm de diámetro y 750 mm de diámetro.

**Figura 30:** Materiales y equipos para medir la extensión de flujo y  $T_{500}$  (s)



Fuente: Elaboración propia, 2019

Procedimiento:

- Se requieren 15 kg de concreto como mínimo para elaborar el ensayo
- En la superficie plana no absorbente, rígida, trazar los diámetros de 500 mm de diámetro, 650 mm de diámetro y 750 mm de diámetro.
- Humedecer los todos los equipos con un paño húmedo y asegurarse que este sin sobrantes de agua
- Colocar firmemente el cono de Abrams coincidiendo el diámetro de 200 mm en contacto con la placa de rígida.
- Rellenar el cono de forma continua y posteriormente enrasar la superficie con la ayuda de una varilla de acero, luego remover el concreto alrededor de la base del molde.
- Elevar el cono de manera vertical evitando movimientos laterales.
- A medida que son separados el cono con la placa rígida el concreto empieza a fluir, de manera simultánea se toma se registra el tiempo que requiere el concreto autocompactante en alcance algún punto del primer círculo de 500 mm con una precisión de 0.1 s.
- Sin tocar la placa rígida o concreto autocompactante, se registran cuatros medidas de los diámetros en formas perpendiculares y mediando la siguiente formula.
- Todo el ensayo se debe de realizarse en menos de 5 minutos.

$$SF = \left( \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4}{4} \right)$$

Donde:

SF = Flujo de asentamiento (mm)

d1 = Diámetro uno (mm)

d2 = Diámetro dos (mm)

d3 = Diámetro tres (mm)

d4 = Diámetro cuatro (mm)

**Tabla 49:** Capacidad de llenado, ensayo del escurrimiento

Identificación	M1		M2		M3		Asentamiento promedio (mm)	Observación	Clase
	d1	d2	d1	d2	d1	d2			
Adición (%)	d3	d4	d3	d4	d3	d4			
	d1	d2	d1	d2	d1	d2			
	d3	d4	d3	d4	d3	d4			
	d1	d2	d1	d2	d1	d2			
	d3	d4	d3	d4	d3	d4			
	d1	d2	d1	d2	d1	d2			
	d3	d4	d3	d4	d3	d4			

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Tabla 50:** Viscosidad,  $T_{500}$

Identificación	T500(s)			Promedio (s)	Clase
	M-1	M-2	M-3		
Adición (%)					

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 2.6.3.1.5.2 Ensayo de embudo V

Materiales:

- Concreto autocompactante

Equipos:

- Barra de acero para enrasar el nivel del concreto en la parte superior.
- Cronometro con una resolución de 0.1 s.
- Recipiente para almacenar la muestra de ensayo mayor que la muestra utilizada.
- Embudo V hecho con las dimensiones especificadas por la GPE 2006. Debe de ser de superficie lisa y metálico.
- Todo el ensayo se debe de realizarse en menos de 5 minutos.

**Figura 31:** *Materiales y equipos para realizar el ensayo embudo V*



Fuente: GPE, 2006

Procedimiento:

- Se requiere mínimo 25 kg de concreto autocompactante para realizar este ensayo.
- Fijar de manera firme el embudo V sobre el suelo.
- Humedecer el embudo con un paño húmedo evitando agua sobrante.
- Cerrar la trampa del embudo V y colocar un recipiente con una capacidad mayor que la muestra utilizada.
- Llenar completamente el embudo V sin compactarlo, solo se tiene que nivelar el concreto autocompactante.

- Al paso de  $10 \pm 2$ s del llenado del embudo, abrir la compuerta y registrar el tiempo con una resolución de 0.1 s.

**Tabla 51:** *Viscosidad, ensayo de embudo V*

Identificación		Embudo V (s)			
Adición (%)	M-1	M-2	M-3	Promedio (s)	Clase

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 2.6.3.1.5.3 Ensayo del anillo japonés

Materiales:

- Concreto autocompactante

Equipos:

- Cronometro con una precisión de 0.1 s.
- Regla de acero
- Cucharon
- Placa plana y lisa y no absorbente, en el centro de la placa deben estar marcada con una cruz, y líneas a círculos con medidas de 500 mm de diámetro, 650 mm de diámetro y 750 mm de diámetro.
- Anillo de acero de barras verticales es de 300 mm y altura de 100 mm.

**Figura 32:** *Materiales y equipos para realizar el ensayo anillo japonés*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

Procedimiento:

- Se requieren 15 kg de concreto como mínimo para elaborar el ensayo
- En la superficie plana no absorbente, rígida, trazar los diámetros de 500 mm de diámetro, 650 mm de diámetro y 750 mm de diámetro.
- Humedecer los todos los equipos con un paño húmedo y asegurarse que este sin sobrantes de agua
- Colocar firmemente el cono de Abrams coincidiendo el diámetro de 200 mm en contacto con la placa de rígida.
- Rellenar el cono de forma continua y posteriormente enrasar la superficie con la ayuda de una varilla de acero, luego remover el concreto alrededor de la base del molde.
- Elevar el cono de manera vertical evitando movimientos laterales.
- Sin tocar la placa rígida o concreto autocompactante, se registran cuatros medidas de los diámetros en formas perpendiculares y mediando la siguiente formula.
- Todo el ensayo se debe de realizarse en menos de 5 minutos.

$$SFj = \left( \frac{d_1 + d_2}{2} \right)$$

Donde:

SFj = Flujo de anillo J

d1 = Diámetro máximo de la extensión mm

d2 = Diámetro perpendicular a d1 mm

**Tabla 52:** Evaluación de bloqueo

Diferencia entre el flujo de asentamiento y el flujo del anillo J	Evaluación de bloqueo
0 a 25 mm	Bloqueo no visible
25 a 50 mm	Bloqueo mínimo o notable
> 50 mm	Cloqueo notable a extremo

**Fuente:** Elaboración propia, ASTM C1621

- Luego se procede a calcular la capacidad de altura de loqueo del concreto.



---

M-3

---

Promedio

---

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

#### 2.6.3.1.5.4 Ensayo de caja L

Materiales:

- Concreto autocompactante:

Equipos:

- Cala en L de un material rígido no absorbente.
- Cronometro con precisión de 0.1 s.
- Regla de aluminio.

**Figura 33:** Materiales y equipos para realizar el ensayo caja L



**Fuente:** GPE, 2006

Procedimiento:

- Se precisan unos 35 Kg de muestra de concreto autocompactante para realizar el ensayo.
- Colocar la caja en L sobre terreno firme y uniforme; asegurar de que la compuerta deslizante puede moverse con libertad y luego cerrarla.
- Humedecer las superficies interiores del aparato y elimine el agua sobrante.

- Llenar la sección vertical del aparato con la muestra de hormigón.
- Dejar reposar durante  $60 \pm 10$  s.
- Elevar la compuerta deslizante y dejar que el hormigón fluya hacia la sección horizontal.
- De manera simultánea, activar el cronómetro y registrar los tiempos que requiere el hormigón para alcanzar las marcas de 200 y de 400 mm.
- Medir las alturas “H1” y “H2”.
- Calcular H2/H1 la relación de bloqueo.
- Todo el ensayo se debe de realizarse en menos de 5 minutos.

$$PA = H2/H1$$

Donde:

PA = Diferencia de alturas mm

H2 = Altura final

H1 = Altura inicial

**Tabla 55:** *Ensayo de caja en L*

Identificación	T20 (s)	T40 (s)	H1 (cm)	H2 (cm)	PA=H2/H1	PA
Adición (%)						
M-1						
M-2						
M-3						
Promedio						
M-1						
M-2						
M-3						
Promedio						
M-1						
M-2						
M-3						
Promedio						
M-1						
M-2						
M-3						
Promedio						

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 2.6.3.1.5.5 Tamiz de segregación GTM

Materiales:

- Concreto autocompactante:

Equipos:

- Balde de 20lt con tapa
- Tamiz N° 4
- Cronometro con precisión de 0.1 s.
- Balanza con una capacidad mínima de 20 kg con una precisión de  $\pm 20g$ .
- Bandeja de lata.

**Figura 34:** Materiales y equipos para realizar el ensayo caja L



Fuente: GPE, 2006

Procedimiento:

- Se requieren unos 20 Kg de hormigón para realizar el ensayo tomado de manera normal.
- Permitir que el hormigón del balde repose durante 15 minutos cubierto con una tapa para impedir la evaporación.
- Poner la bandeja de lata y la malla encima de la balanza, registrando su peso  $W_p$  (g).
- Verter aproximadamente 4,8 kg sólo de la muestra del concreto autocompactante dentro del balde o contenedor, registrar el peso del concreto vertido más la malla y la bandeja  $W_c$  (g)

- Dejarlo reposar durante  $120 \pm 5s$  y después sacar el tamiz verticalmente sin agitar el tamiz, lo cual se procede a registrar su peso del recipiente y el hormigón que ha pasado por el tamiz.

$$SR = \frac{(W_{PS} - W_P)}{W_C} \times 100$$

Donde:

SR = Porcentaje de segregación (%)

$W_{PS}$  = Peso de la bandeja y la muestra vertida (g)

$W_P$  = Peso de la bandeja (g)

$W_C$  = Peso de la bandeja con la malla y la muestra vertida (g)

**Tabla 56:** *Ensayo segregación por tamiz GTM*

Identificación		Bandeja	Segregación	Malla	Muestra	Wps	Wp	Wc	SR
Adición (%)	Muestra	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	
	M -1								
	M -2								
	M -3								
	Promedio								
	M -1								
	M -2								
	M -3								
	Promedio								
	M -1								
	M -2								
	M -3								
	Promedio								
	M -1								
	M -2								
	M -3								
	Promedio								
	M -1								
	M -2								
	M -3								
	Promedio								

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 2.6.3.1.5.6 Columna de segregación ASTM C 1610 / NTG 41017

Materiales:

- Concreto autocompactante

Equipos:

- Balanza digital de 20kg con precisión de 20g
- Molde tipo columna de acero, completamente lisa, dividida en tres cuerpos.
- Tamiz N° 4
- Bandeja o recipiente.

**Figura 35:** Materiales y equipos para realizar el ensayo de columna de segregación



Fuente: GPE, 2006

Procedimiento:

- Este ensayo se realiza con un mínimo de 75 kg de muestra de concreto autocompactante.
- Se humedece la columna con la ayuda de un paño.
- Se procede a llenar la columna con concreto desde una altura del borde superior de 5pulg luego se enraza la superficie con la ayuda de una regla.
- Posteriormente se deja reposar la mezcla de concreto autocompactante por una duración de  $15 \pm 1$  min.
- Se extrae la parte superior de la columna en el tamiz N° 4 y es lavado hasta retener la cantidad de la piedra (CAT).
- La cantidad ocupada por la parte media de la columna de segregación es desechada.

- Por último, la parte inferior de la columna de la misma manera se coloca en el tamiz N° 4 y es lavado hasta retener la cantidad de la piedra ( $CA_B$ ).

$$S = 2 \times \left[ \frac{(CA_B - CA_T)}{CA_B + CA_T} \right] \times 100, \text{ cuando } CA_B > CA_T$$

$$S = 0, \text{ cuando } CA_B \leq CA_T$$

Donde:

$S$  = Porcentaje de segregación estática (%)

$CA_B$  = Masa de agregado en la parte inferior de la columna (kg)

$CA_T$  = Masa de agregado en la parte superior de la columna (kg)

**Tabla 57:** *Ensayo de columna de segregación*

Identificación		$CA_B$	$CA_T$	Porcentaje de segregación (%)
Adición (%)	Muestra			
	M -1			

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

#### 2.6.3.1.6 Aceptación de datos

Los ensayos se desarrollaron siguiendo la aceptación de datos por los parámetros establecidos por las normativas ASTM C1611, así como también las especificaciones del GPE (2006) y EFNARC (2002).

Cabe resaltar que el concreto autocompactante en su estado fresco es evaluado cuantitativamente con el índice visual de estabilidad (VSI) cuyos parámetros nos brinda ASTM C1611.

**Tabla 58:** Valores del índice de estabilidad visual

Valor índice visual (VSI)	Criterios
0 (muy estable)	No hay evidencia de segregación ni exudación de agua.
1 (estable)	No hay evidencia de segregación y se observa una ligera exudación como brillo en la superficie de la masa del concreto
2 (inestable)	Se nota un halo ligero $\leq 10$ mm y/o algún agregado apilado dentro de la masa del concreto
3 (muy inestable)	Se nota una clara segregación por un halo grande en el mortero $> 10$ mm y/o un apilamiento grande de agregado en el centro de la masa del concreto

**Fuente:** Elaboración propia, ASTM C1611

### 2.6.3.1.7 Caracterización del concreto en estado endurecido

#### 2.6.3.1.7.1 Conformado de probetas cilíndricas

- Previo a la elaboración de especímenes de concreto se seleccionaron los moldes a usar de 4" x 8" (ensayo a compresión), aquellos moldes seleccionados deben de estar libres de impurezas, además en buenas condiciones y una ligera película de aceite para el proceso de desmoldado.
- Una vez mezcla el concreto se llenan los moldes escogidos, cuando la mezcla muestra signos de ser un concreto convencional, se midió el slump de las diferentes dosis; se llenan los moldes en dos capas, cada capa debe de ser apisonada penetrando 1 pulg, en forma espiral 25 veces luego se procede a golpear con el mazo de goma doce veces en forma de cruz, posteriormente se enraza y se cubre con un plástico resistente y durable.

- En el caso que la mezcla se presenta fluida solo se vierte hasta llenar completamente el molde posteriormente se enraza y se cubre con un plástico resistente y durable.
- Son colocadas los especímenes en una superficie nivelada, libre de vibraciones.

#### **2.6.3.1.7.2 Desmolde, codificación y curado de las probetas**

- Antes de las 48 horas elaborados los especímenes de concreto se desmoldan y son ubicados dentro de la poza de curado en una solución de agua de cal 3g/l y dejarlas reposar el número de días que requiere para su ensayo, este proceso es para maximizar la hidratación del cemento.
- Una vez alcanzado su tiempo de curado se retira de la poza de curado y se registran sus datos como: planeidad, depresiones y diámetros para el control de calidad.

#### **2.6.3.1.7.3 Resistencia a la compresión NTP 330.034**

- Se elaboraron especímenes de concreto convencional por el método ACI 211 para ensayarse a 3, 7, 14, 28, 56 días.
- Además, se elaboraron especímenes de concreto autocompactante por cero porcentajes de aditivo que también fueron ensayadas a 3, 7, 14, 28, 56 días.
- También se realizaron especímenes de concreto en diferentes porcentajes y con ambas marcas de aditivos para ser ensayadas a los 28 y 56 días.
- Se procedió a utilizar las almohadillas de neopreno siguiendo los lineamientos que nos brinda la normativa, luego se alineó cuidadosamente el eje del espécimen, se aplicó una velocidad de 5.30 kN/s y finalmente se procedió a la rotura por la máquina (ELE Internacional – ADR 2000) y se registró su carga máxima alcanzada en (Kn) y (Mpa) que este último al multiplicarlo por el factor de 10.19 obtenemos la resistencia en (kg/cm<sup>2</sup>).



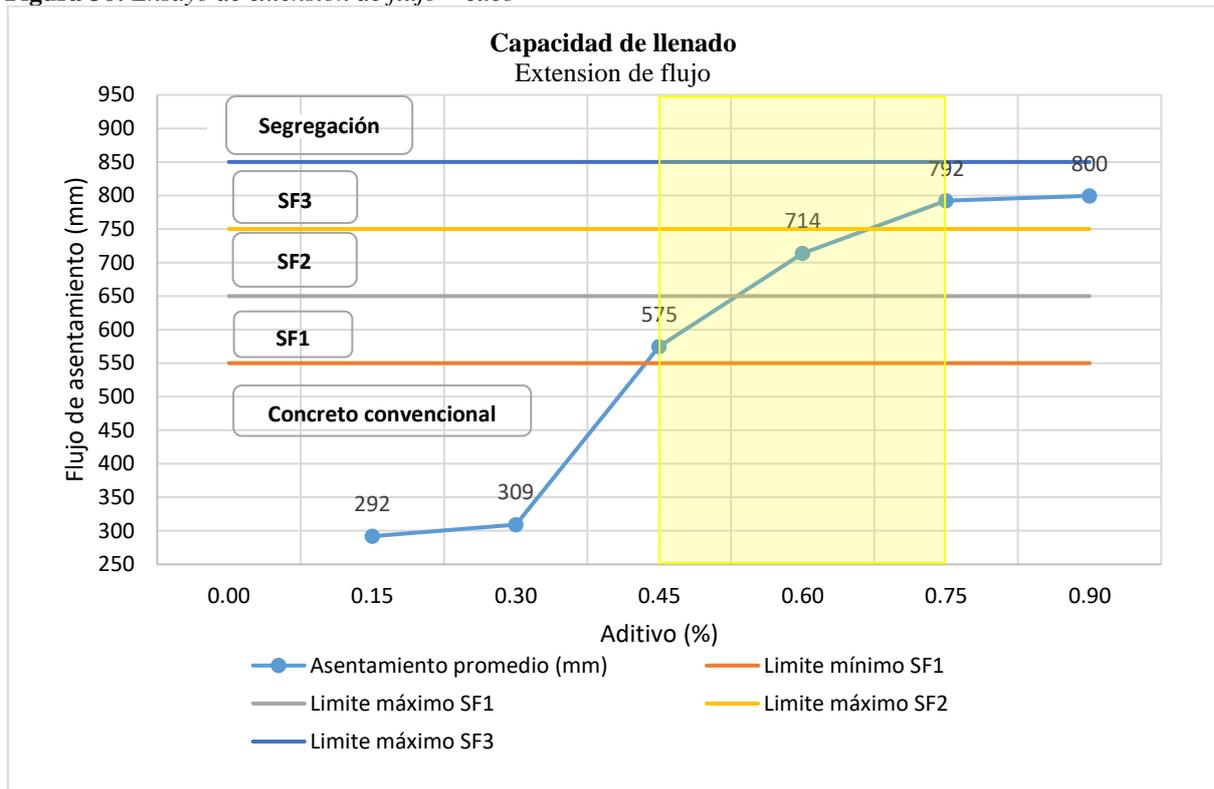
## CAPITULO III RESULTADOS

### A. Ensayos en estado fresco

#### 3.A.1 Flujo de asentamiento por el cono de Abrams y T<sub>500</sub> (s)

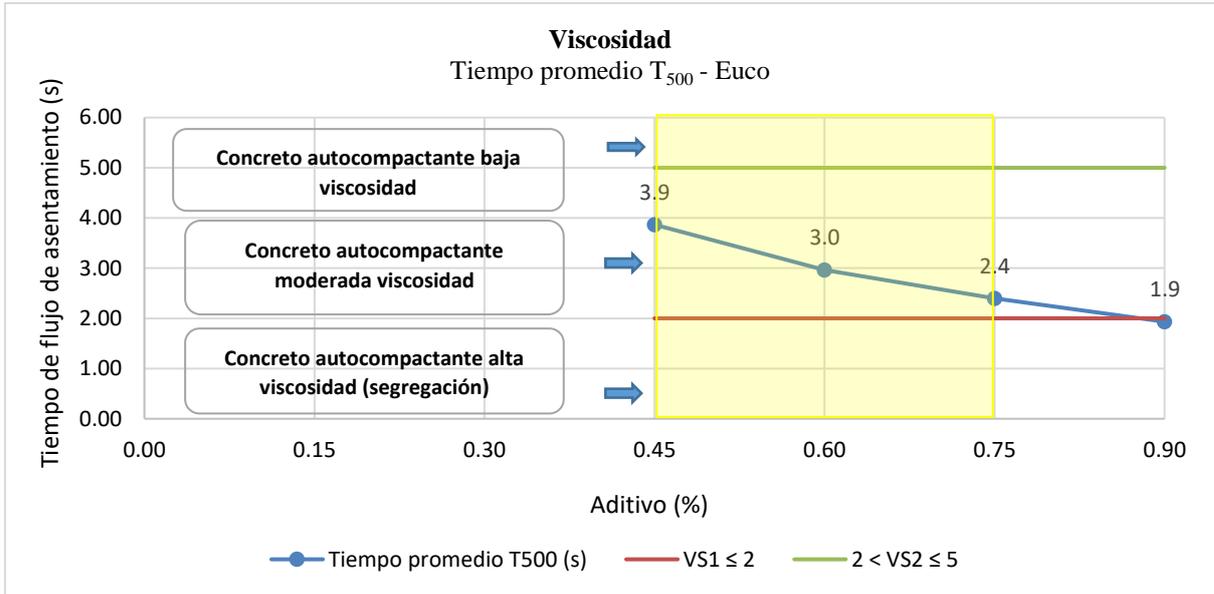
##### 3.A.1.1 Euco – flujo de asentamiento y T<sub>500</sub> (s)

Figura 36: Ensayo de extensión de flujo – euco



Fuente: Elaboración propia, 2019

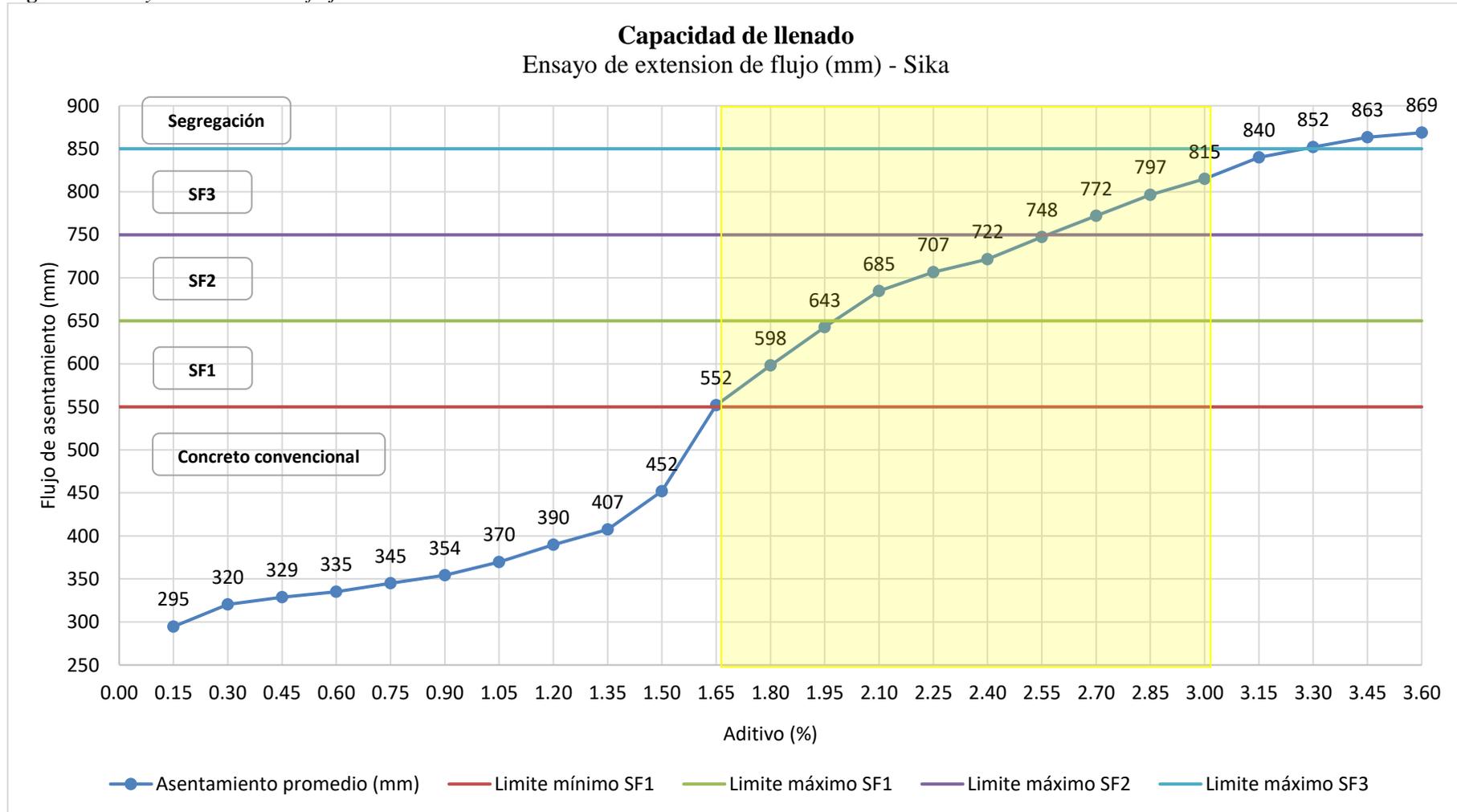
**Figura 37:** Ensayo  $T_{500}$  (s) - euco



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

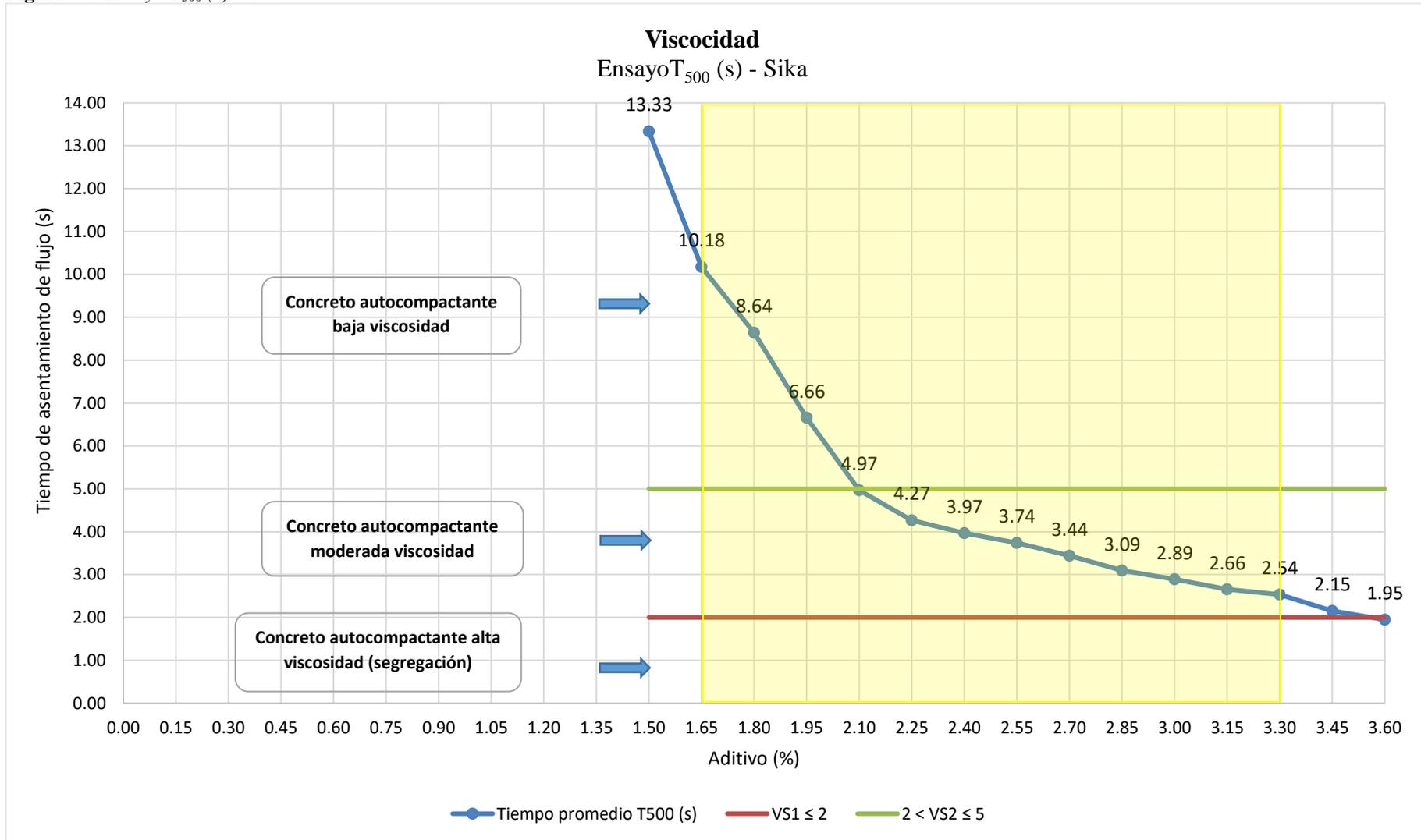
### 3.A.1.2 Sika- flujo de asentamiento y $T_{500}$ (s)

Figura 38: Ensayo de extensión de flujo - sika



Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 39: Ensayo  $T_{500}$  (s) – sika

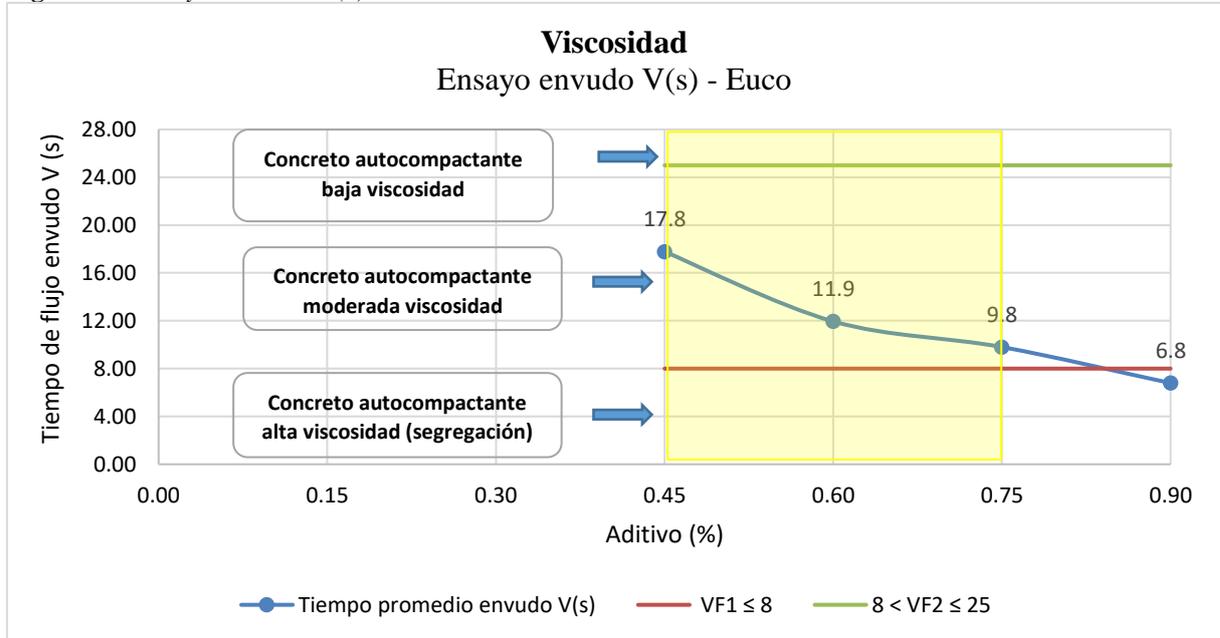


Fuente: Elaboración propia, 2019

### 3.A.2 Ensayo de embudo V

#### 3.A.2.1 Euco – embudo V

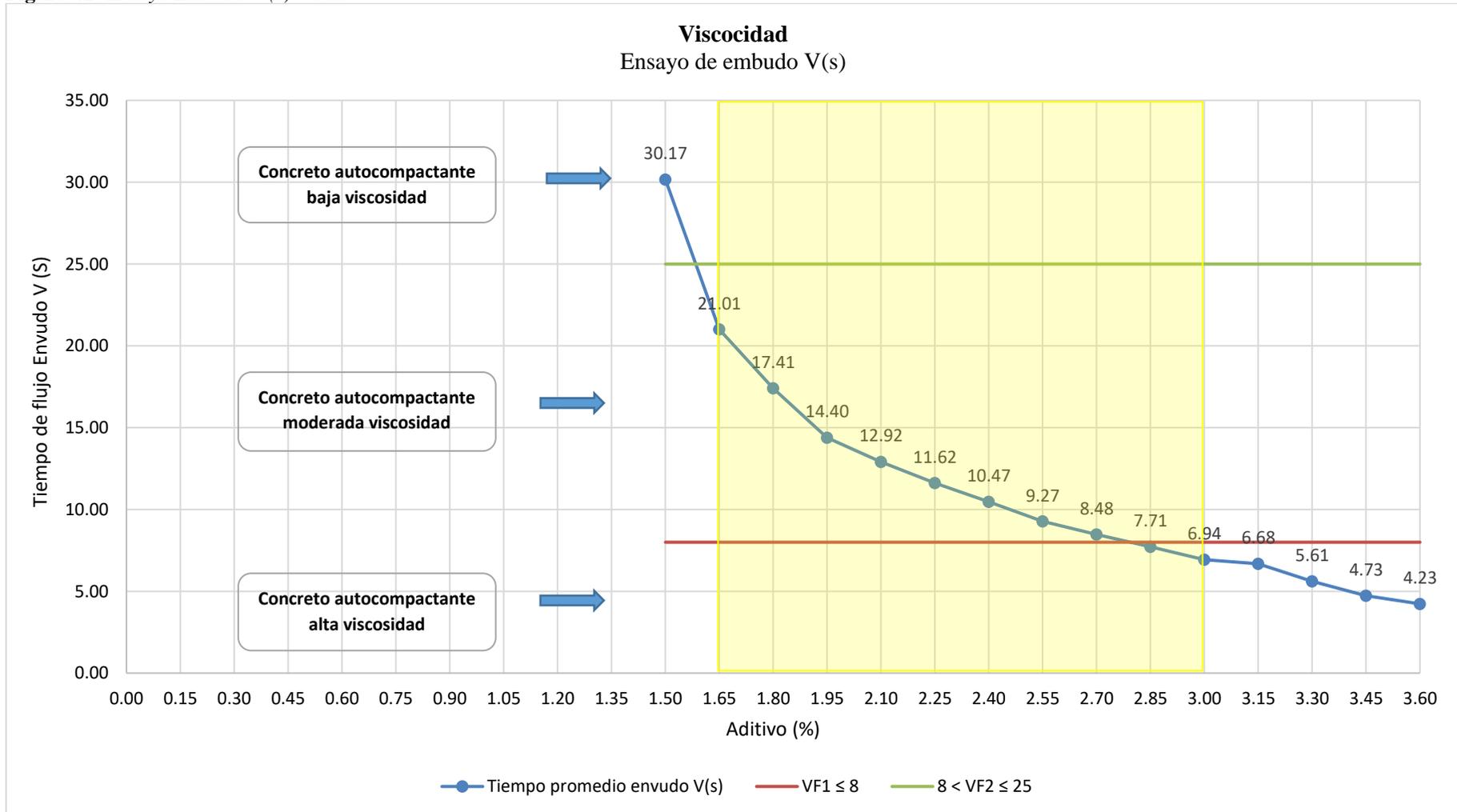
Figura 40: Ensayo Embudo V (s) – euco



Fuente: Elaboración propia, 2019

### 3.A.2.2 Sika – embudo V

Figura 41: Ensayo Embudo V (s) – sika

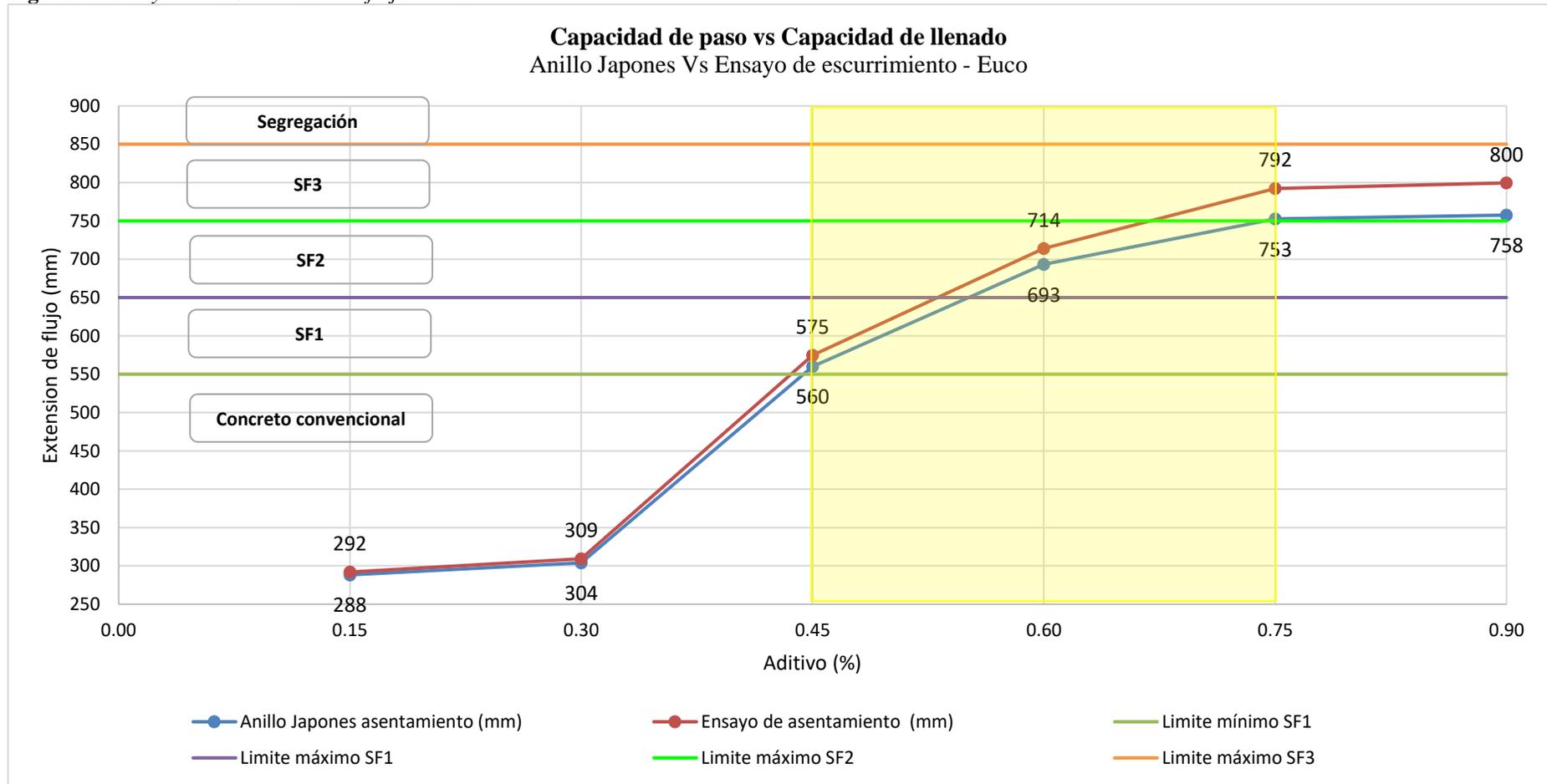


Fuente: Elaboración propia, 2019

### 3.3.3 Ensayo de anillo japonés

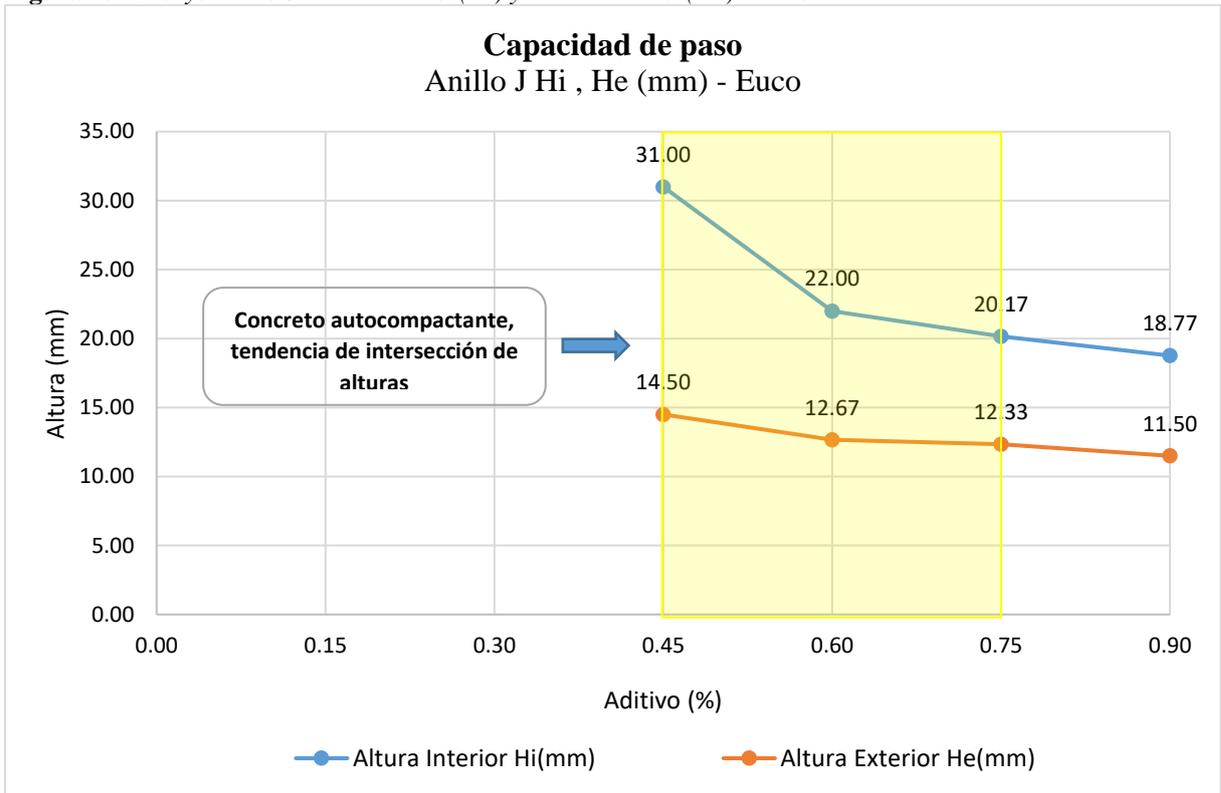
#### 3.3.3.1 Euco – anillo J

Figura 42: Ensayo anillo J extensión de flujo – euco



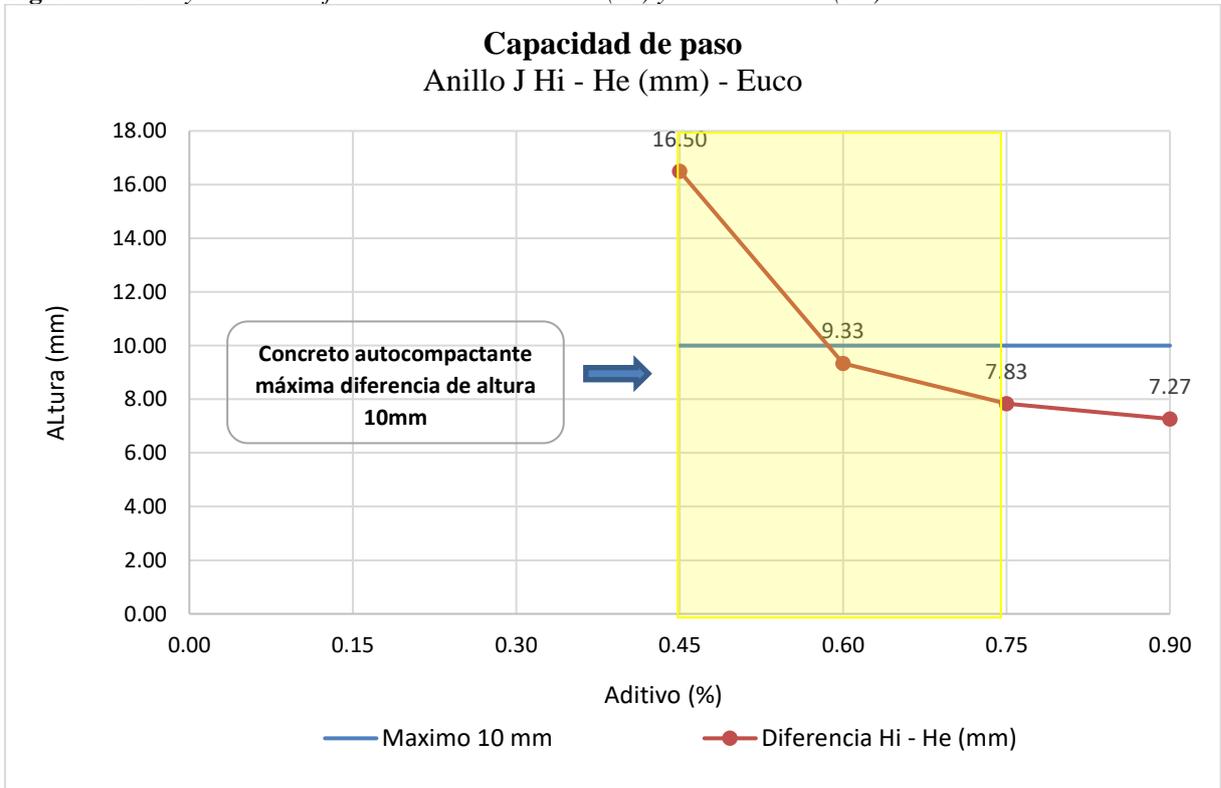
Fuente: Elaboración propia, 2019

**Figura 43:** Ensayo anillo J altura interior(Hi) y altura exterior(He) – euco



Fuente: Elaboración propia, 2019

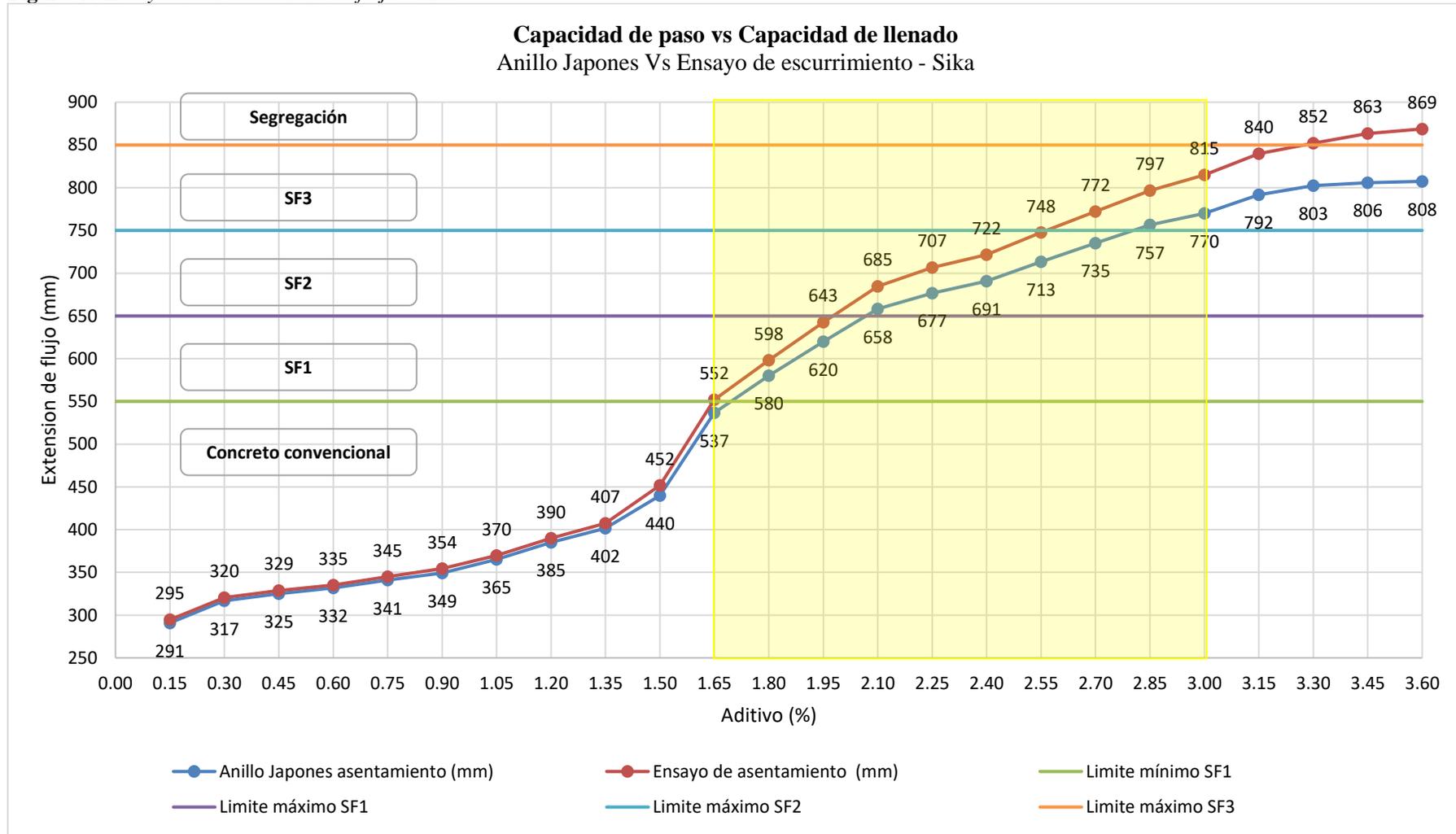
**Figura 44:** Ensayo anillo J diferencia de altura interior(Hi) y altura exterior(He) – euco



Fuente: Elaboración propia, 2019

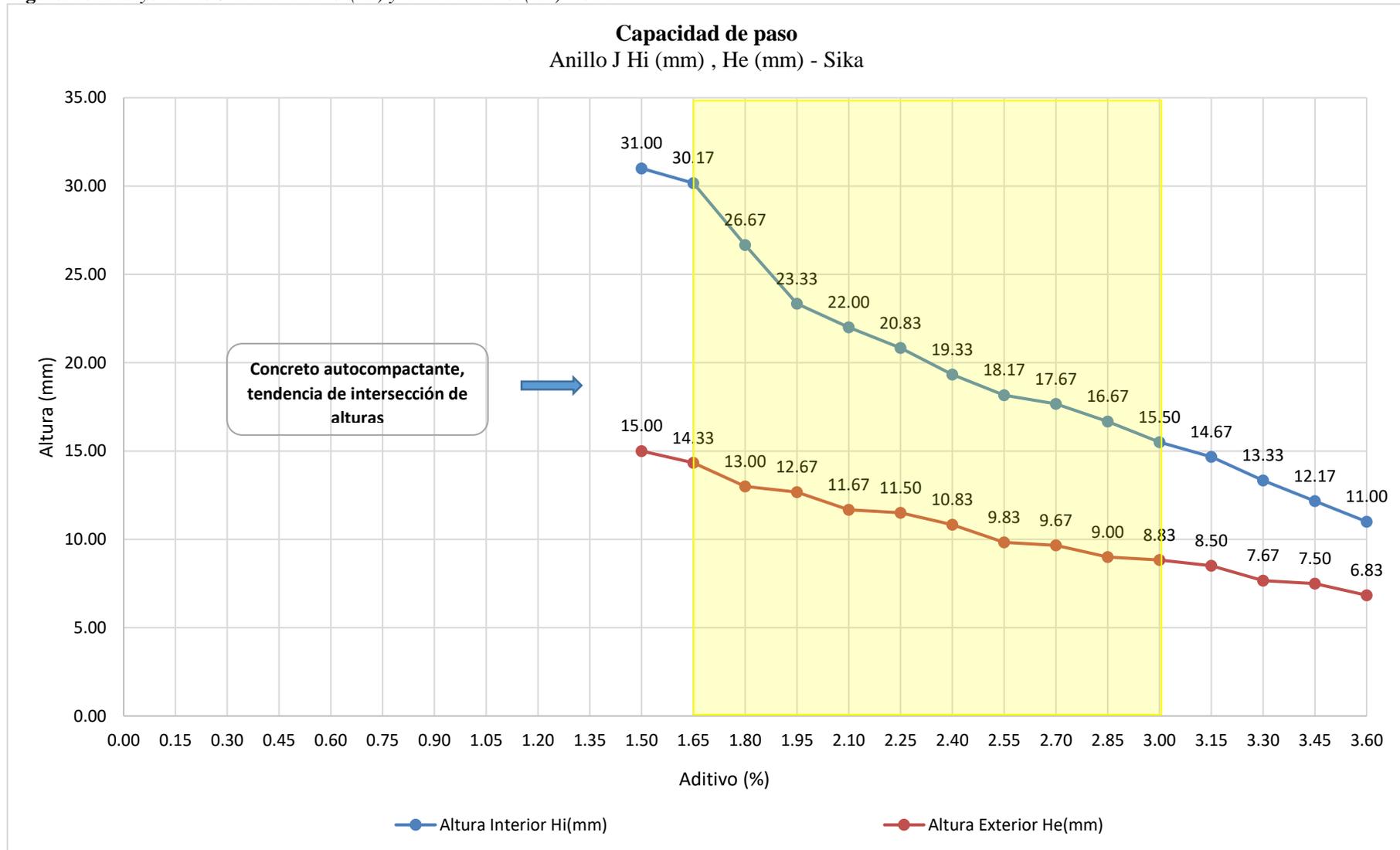
### 3.3.3.2 Sika – anillo J

Figura 45: Ensayo anillo J extensión de flujo – sika



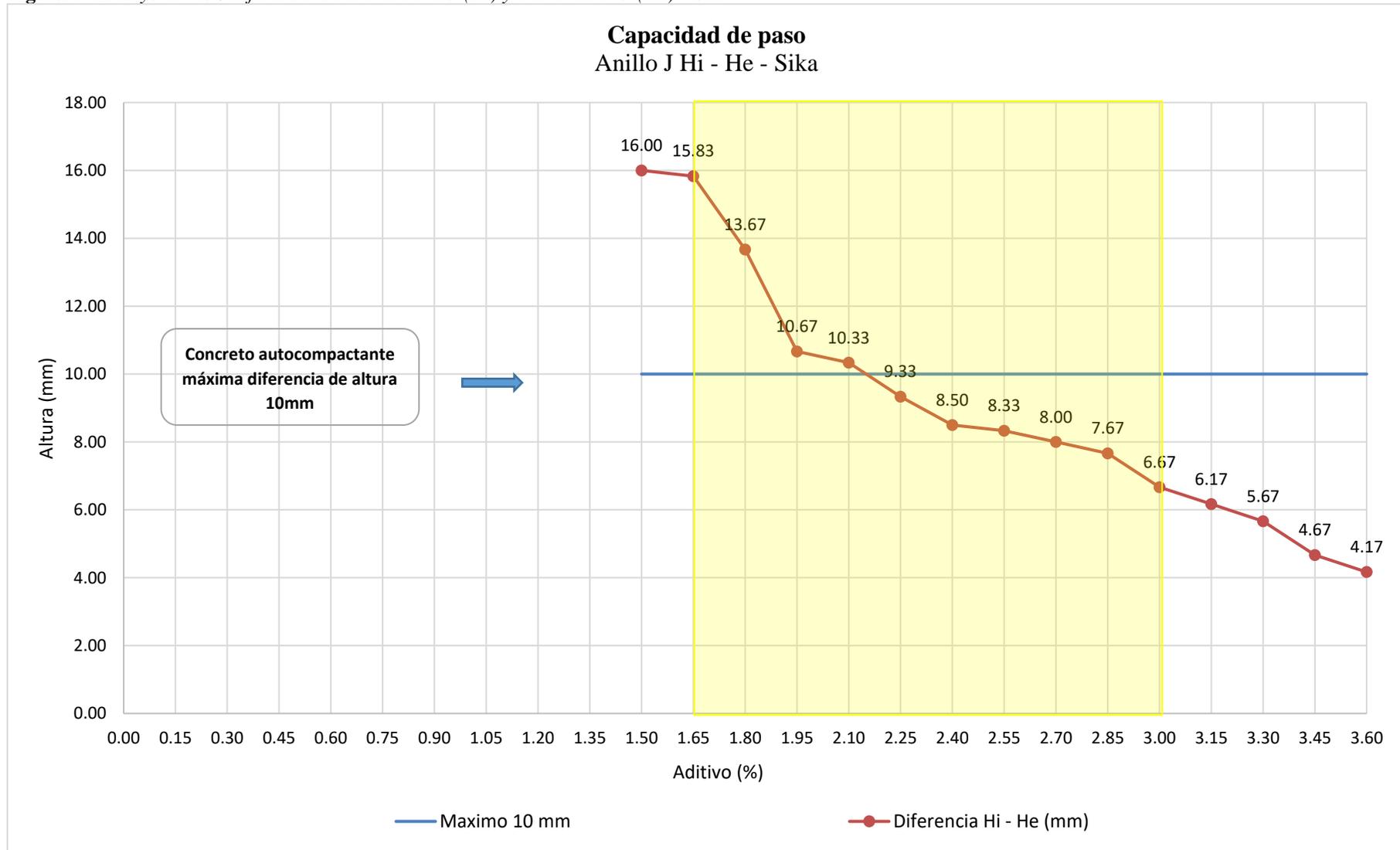
Fuente: Elaboración propia, 2019

**Figura 46:** Ensayo anillo J altura interior(Hi) y altura exterior(He) – sika



Fuente: Elaboración propia, 2019

**Figura 47:** Ensayo anillo J diferencia de altura interior ( $H_i$ ) y altura exterior ( $H_e$ ) – sika

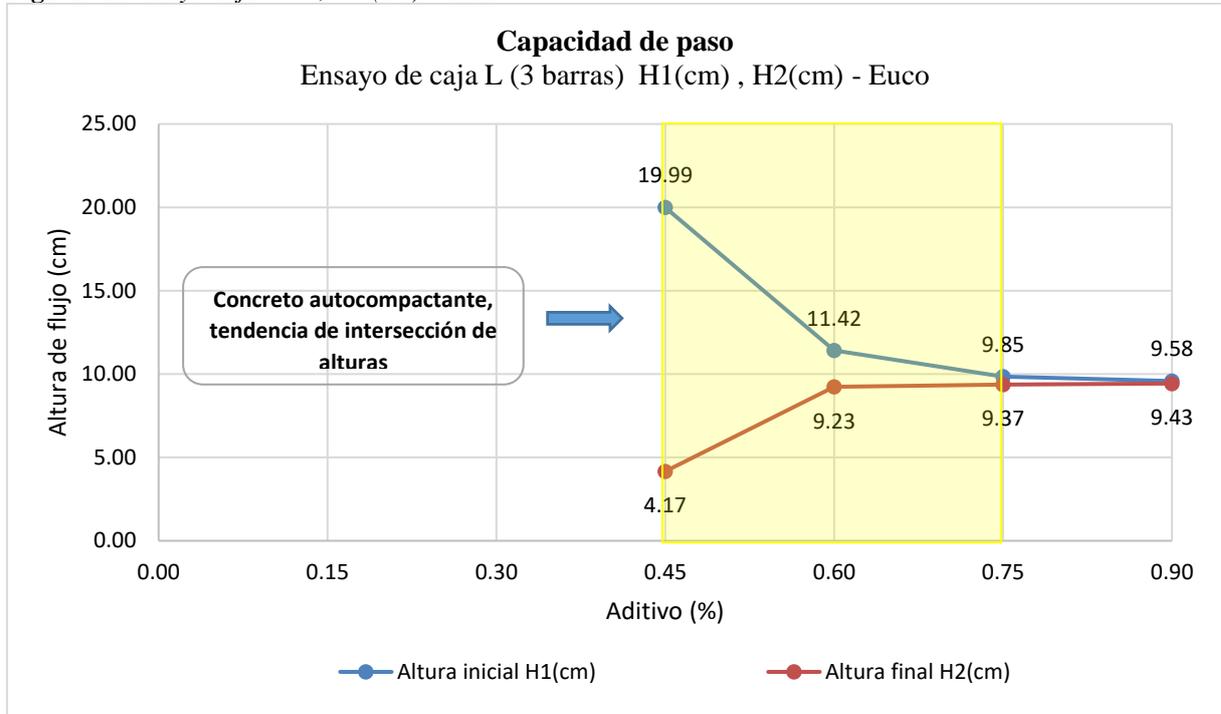


Fuente: Elaboración propia, 2019

### 3.3.4 Ensayo de caja L

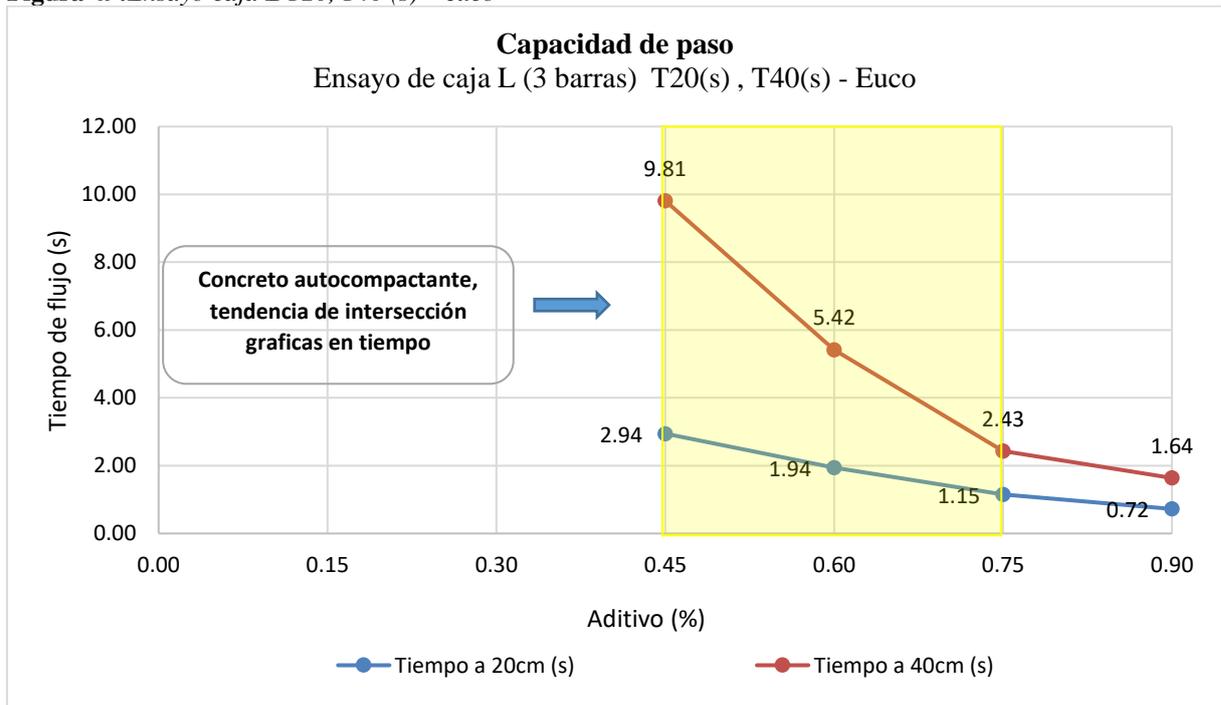
#### 3.3.4.1 Euco – caja L

Figura 48: Ensayo caja L H1, H2 (cm) – euco



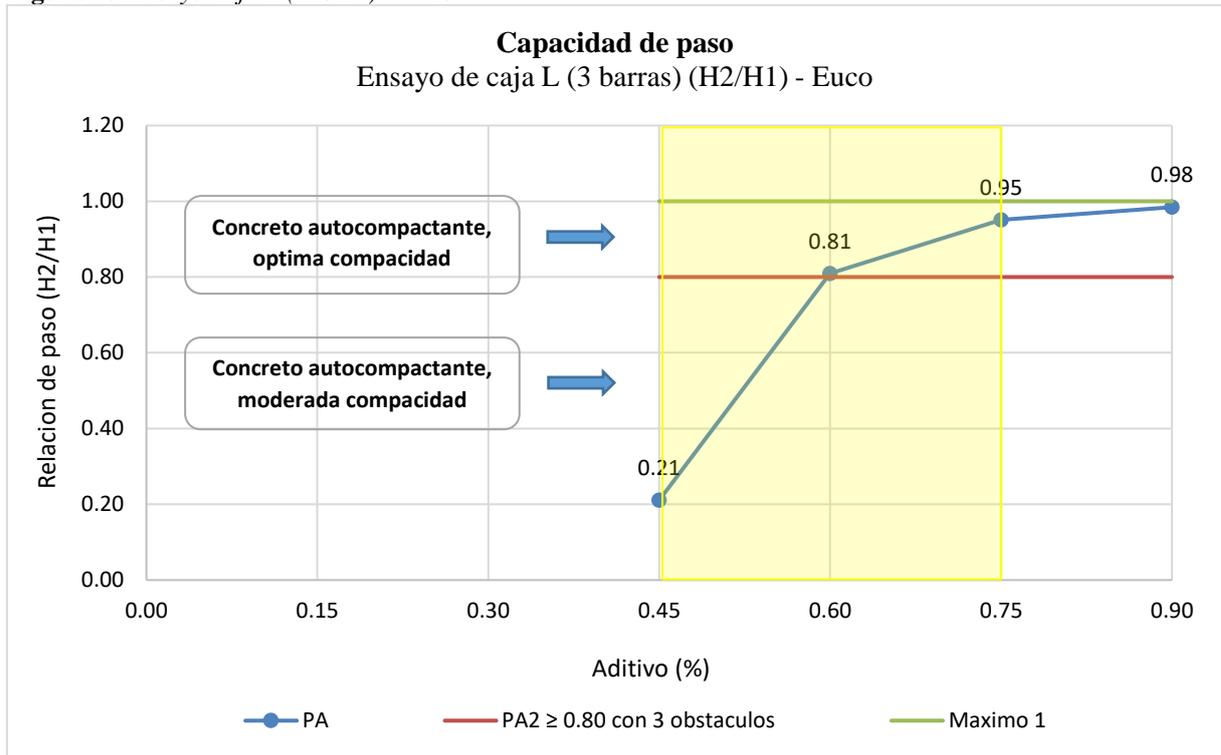
Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 49: Ensayo caja L T20, T40 (s) – euco



Fuente: Elaboración propia, 2019

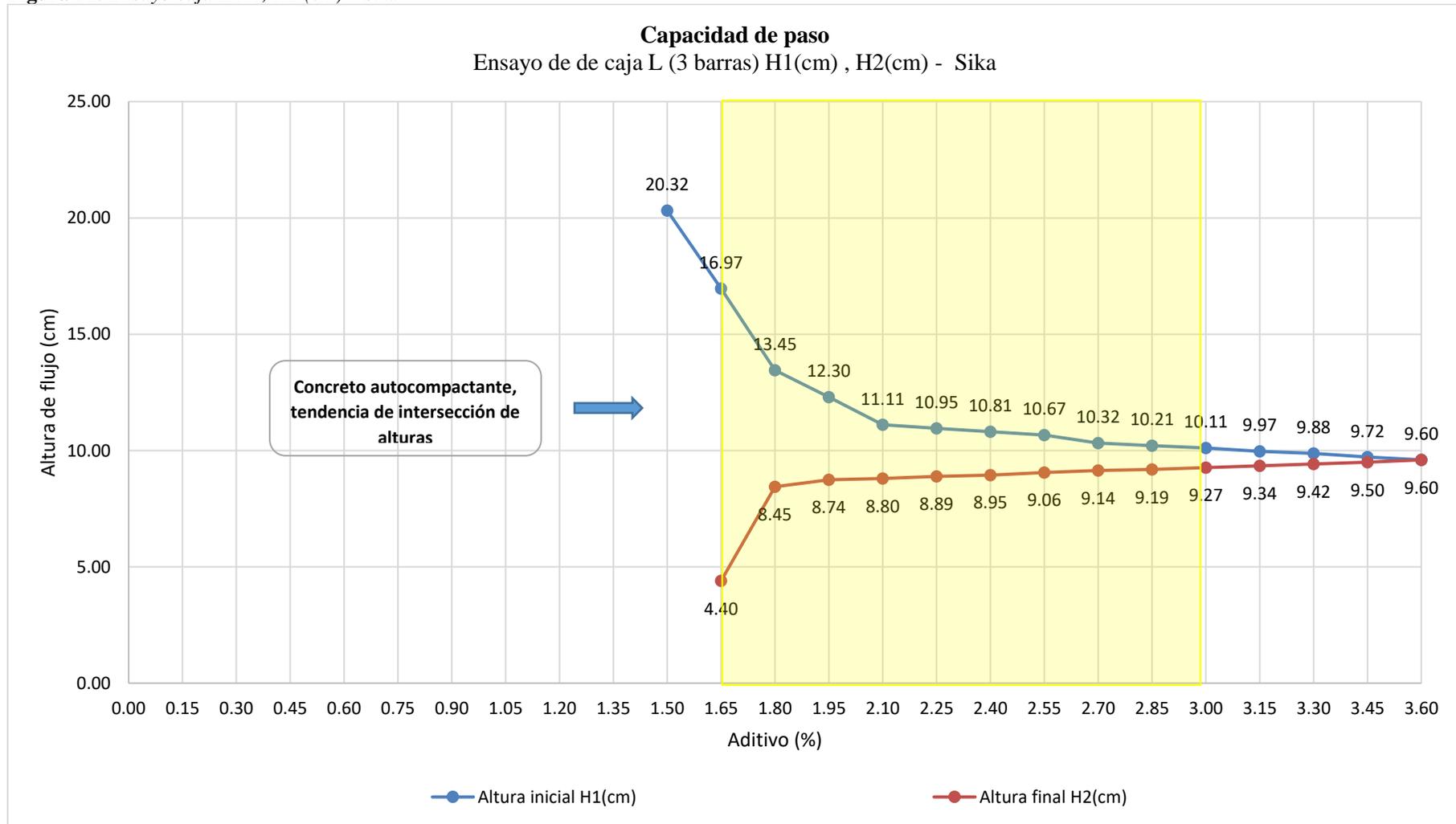
**Figura 50:** Ensayo caja L (H2/H1) – euco



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

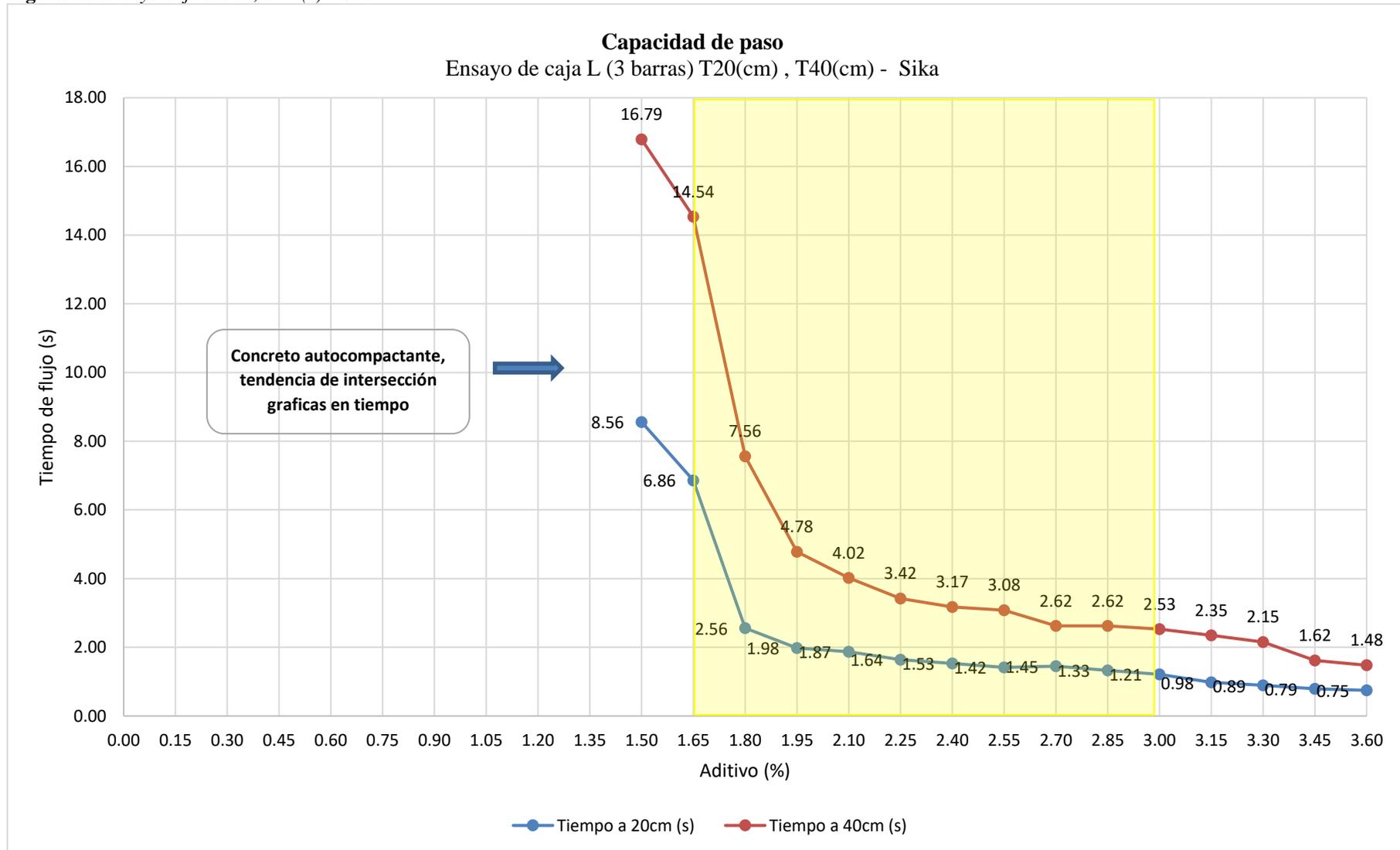
### 3.3.4.2 Sika – caja L

Figura 51: Ensayo caja L H1, H2 (cm) – sika



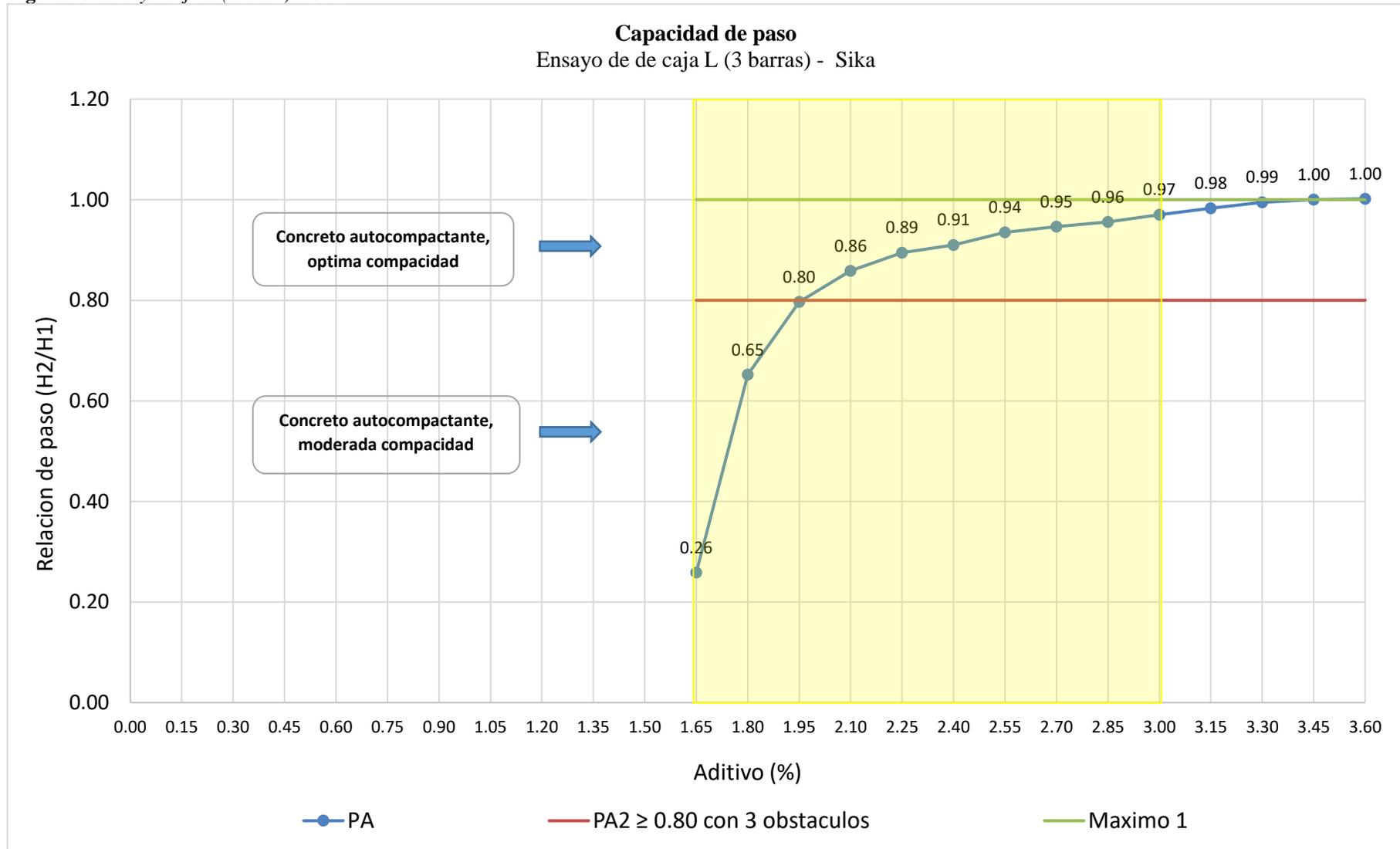
Fuente: Elaboración propia, 2019

**Figura 52:** Ensayo caja L T20, T40 (s) – sika



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 53:** Ensayo caja L (H2/H1) – sika

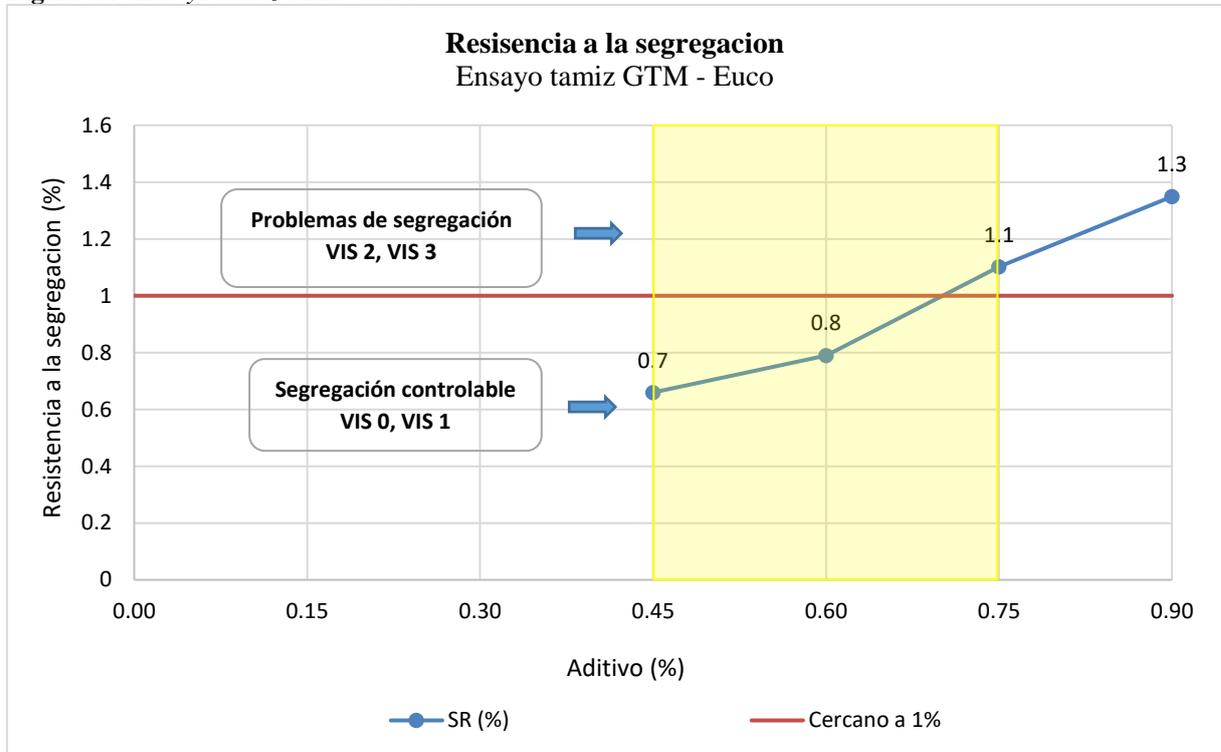


**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 3.3.5 Tamiz de segregación GTM

#### 3.3.5.1 Euco – tamiz de segregación GTM

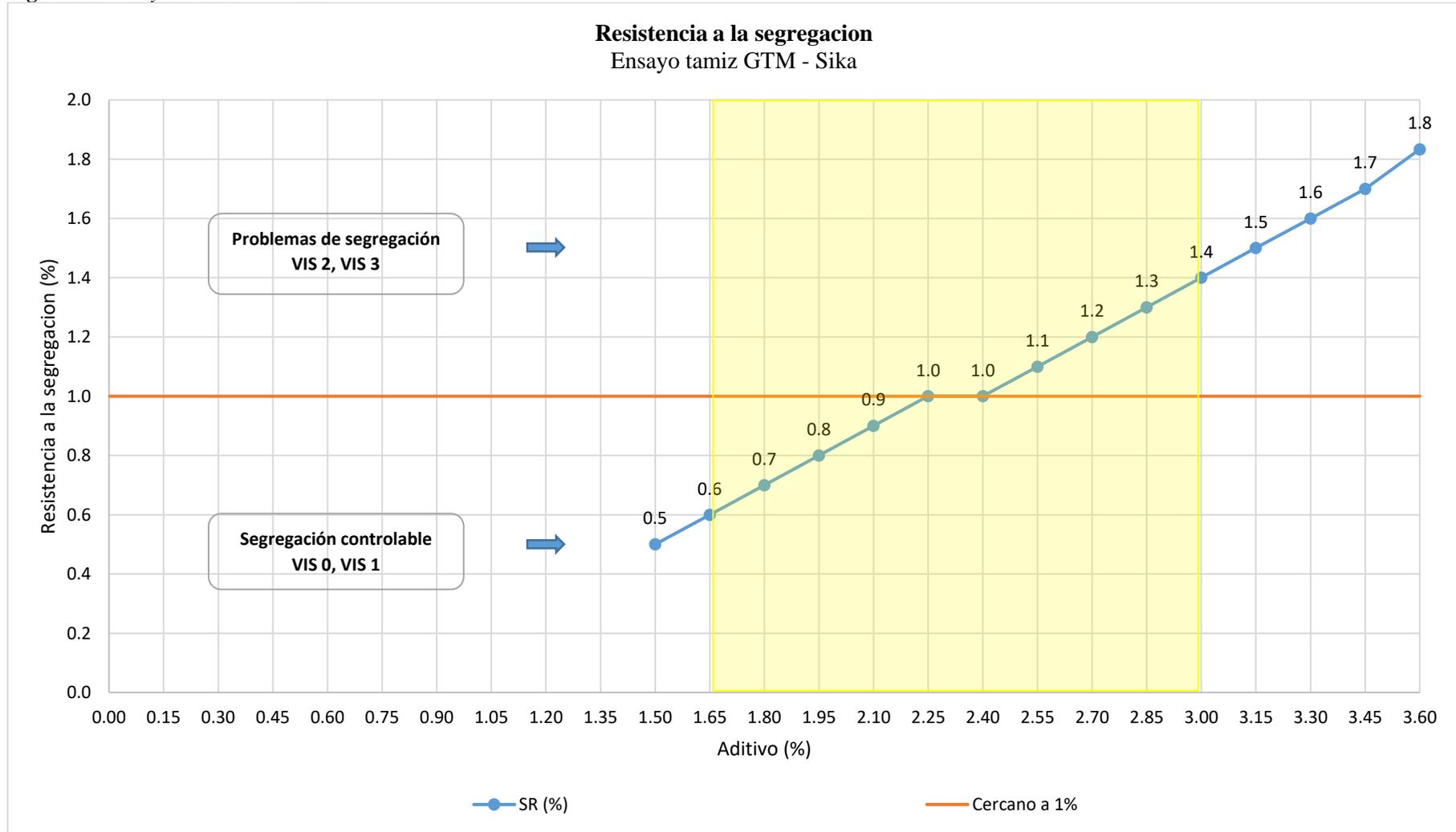
**Figura 54:** *Ensayo tamiz GTM - euco*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 3.3.5.2 Sika – tamiz de segregación GTM

Figura 55: Ensayo tamiz GTM – sika

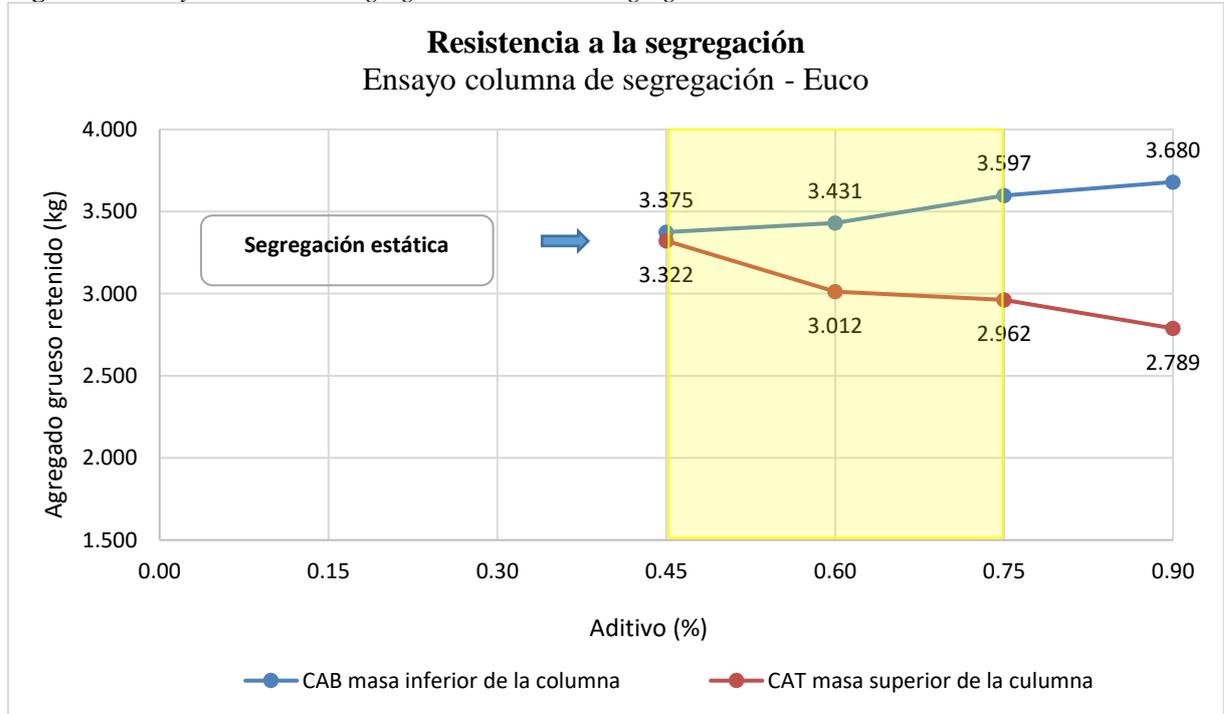


Fuente: Elaboración propia, 2019

### 3.3.6 Columna de segregación

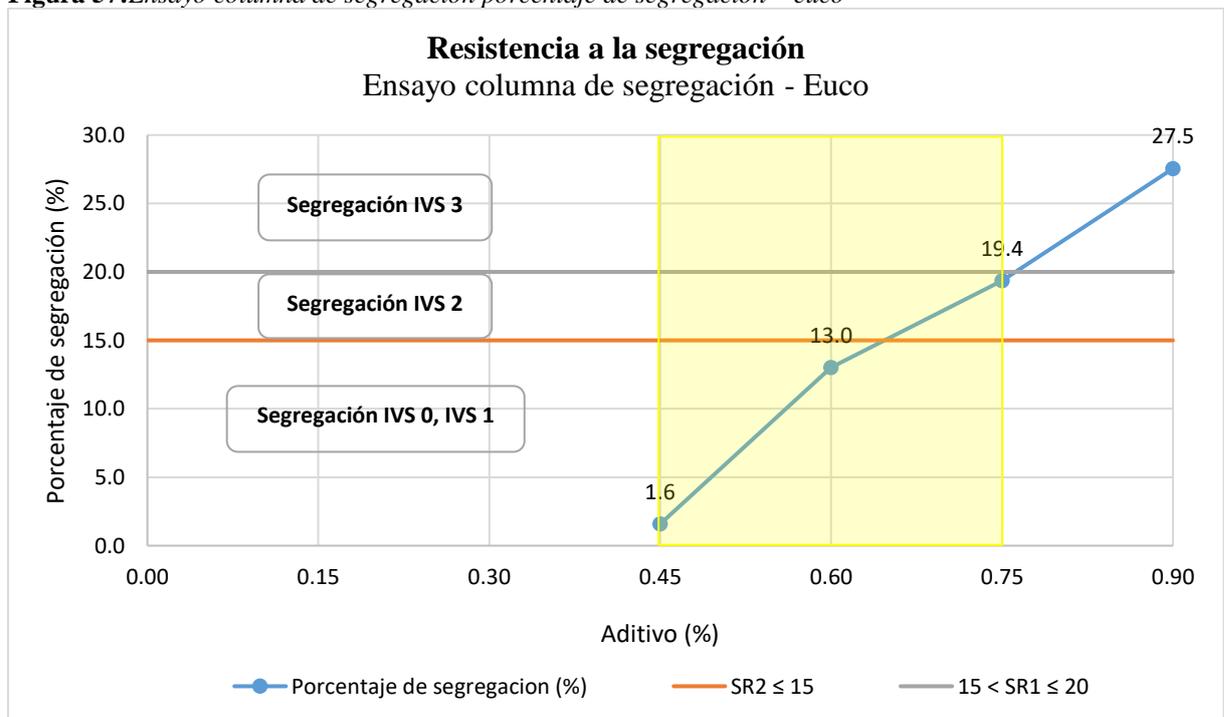
#### 3.3.6.1 Euco – columna de segregación

Figura 56: Ensayo columna de segregación cantidad de agregado retenido – euco



Fuente: Elaboración propia, 2019

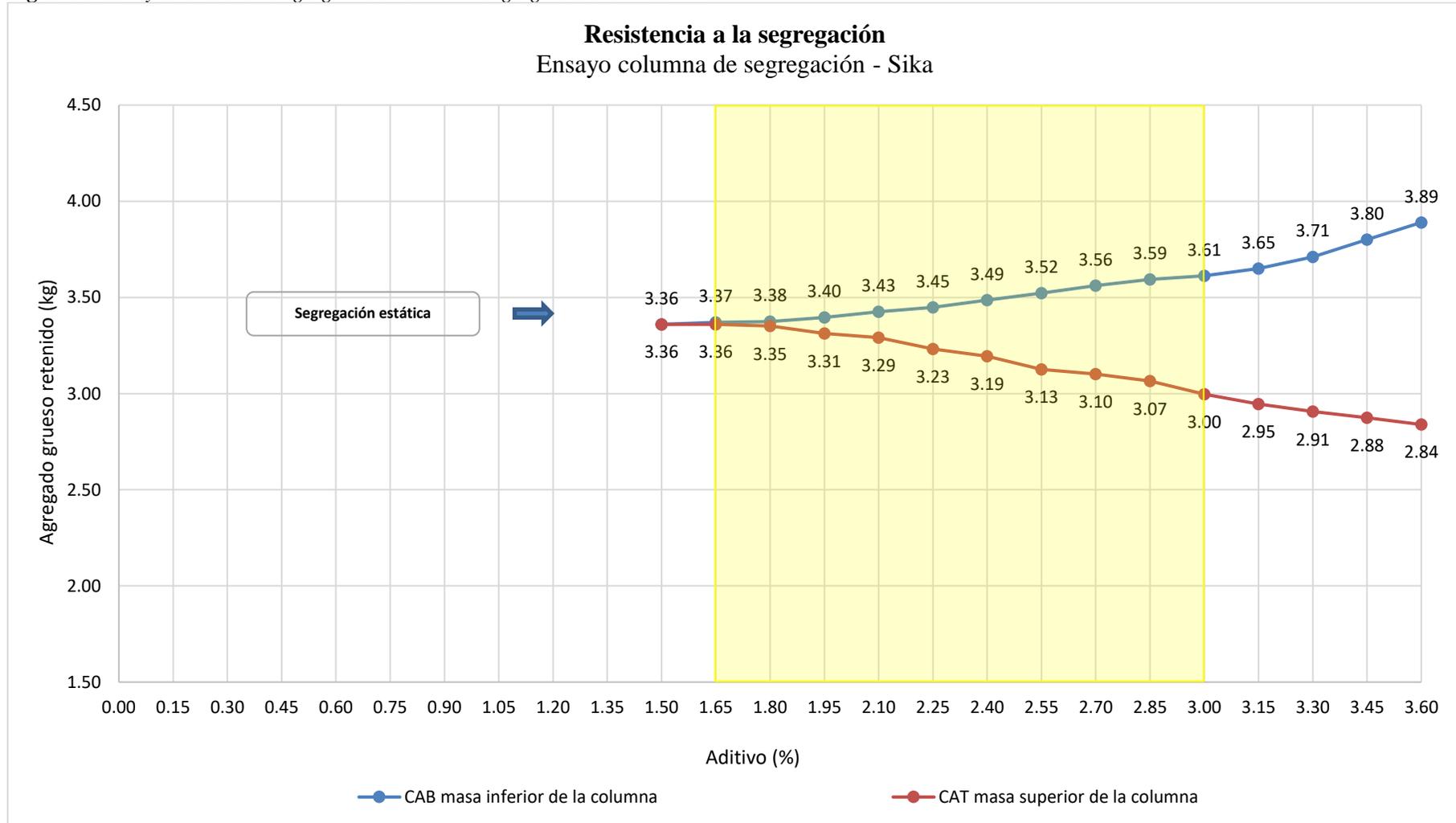
Figura 57: Ensayo columna de segregación porcentaje de segregación – euco



Fuente: Elaboración propia, 2019

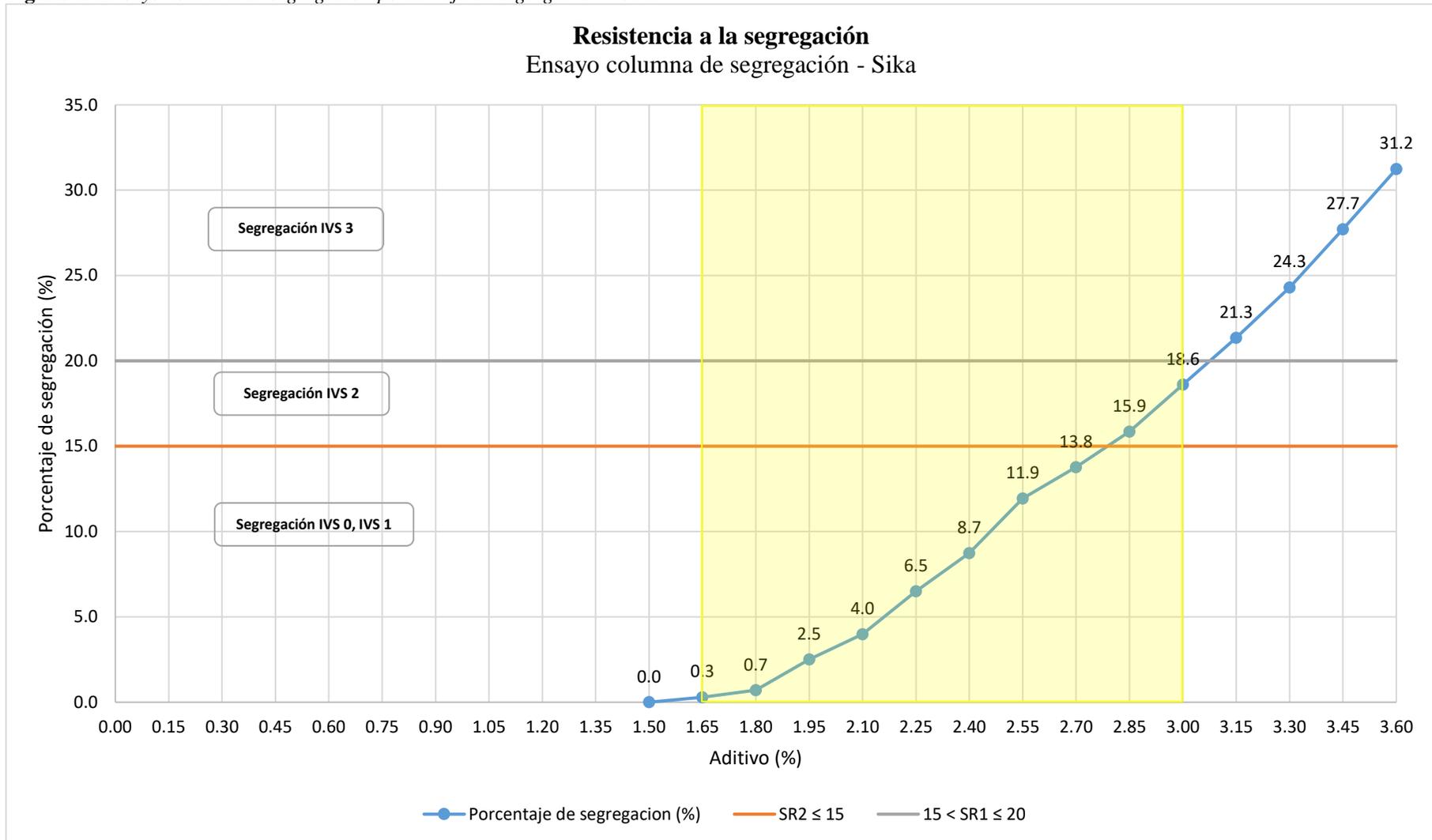
### 3.3.6.2 Sika – columna de segregación

Figura 58: Ensayo columna de segregación cantidad de agregado retenido – sika



Fuente: Elaboración propia, 2019

**Figura 59:** Ensayo columna de segregación porcentaje de segregación – sika



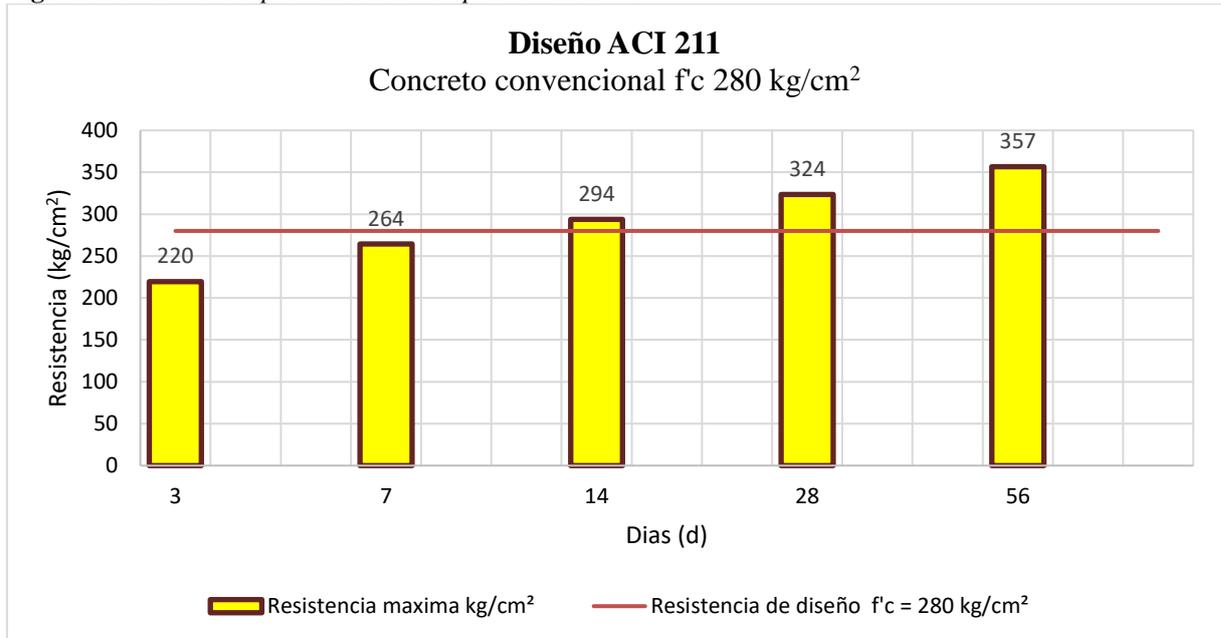
**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## B. Ensayos en estado endurecido

### 3.B.1 Resistencia a la compresión

#### 3.B.1.1 Concreto convencional ACI 211

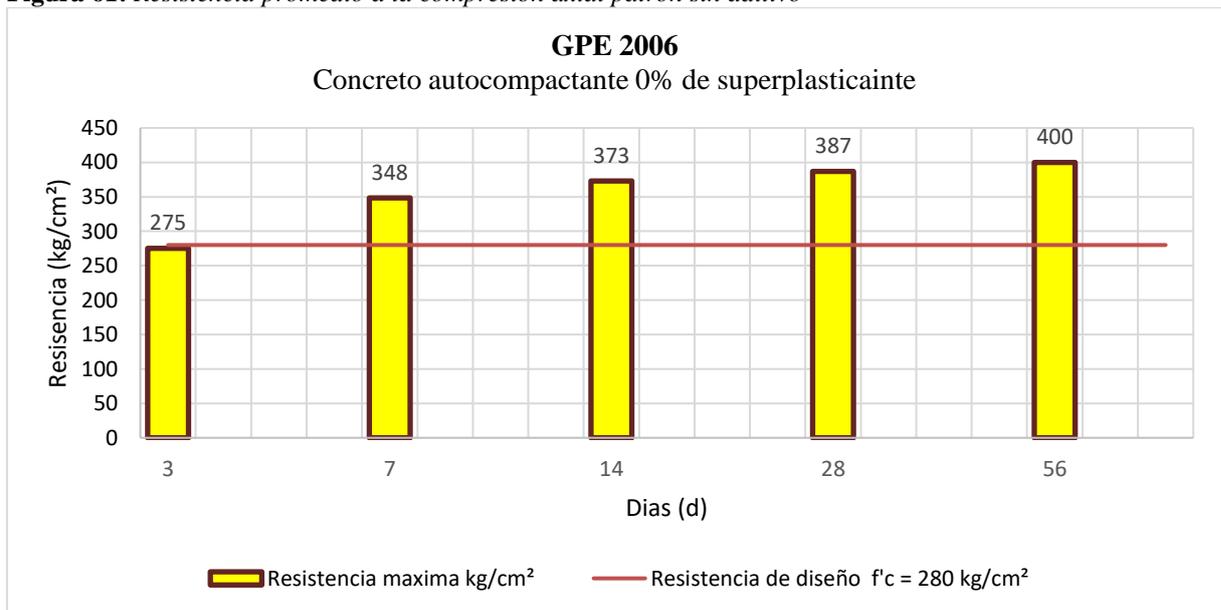
Figura 60: Resistencia promedio a la compresión axial ACI 211



Fuente: Elaboración propia, 2019

#### 3.B.1.2 Concreto autocompactante patrón 0% de adición superplastificante

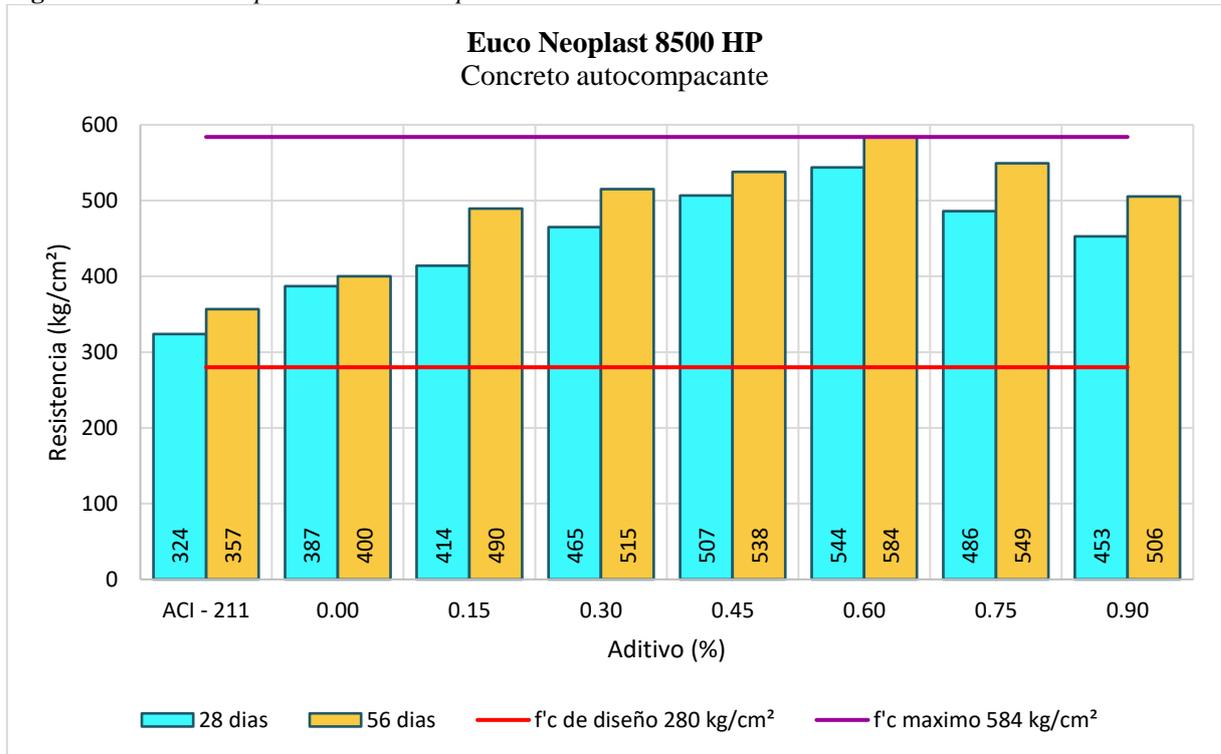
Figura 61: Resistencia promedio a la compresión axial patrón sin aditivo



Fuente: Elaboración propia, 2019

### 3.B.1.3 Resistencia a la compresión Concreto autocompactante Euco

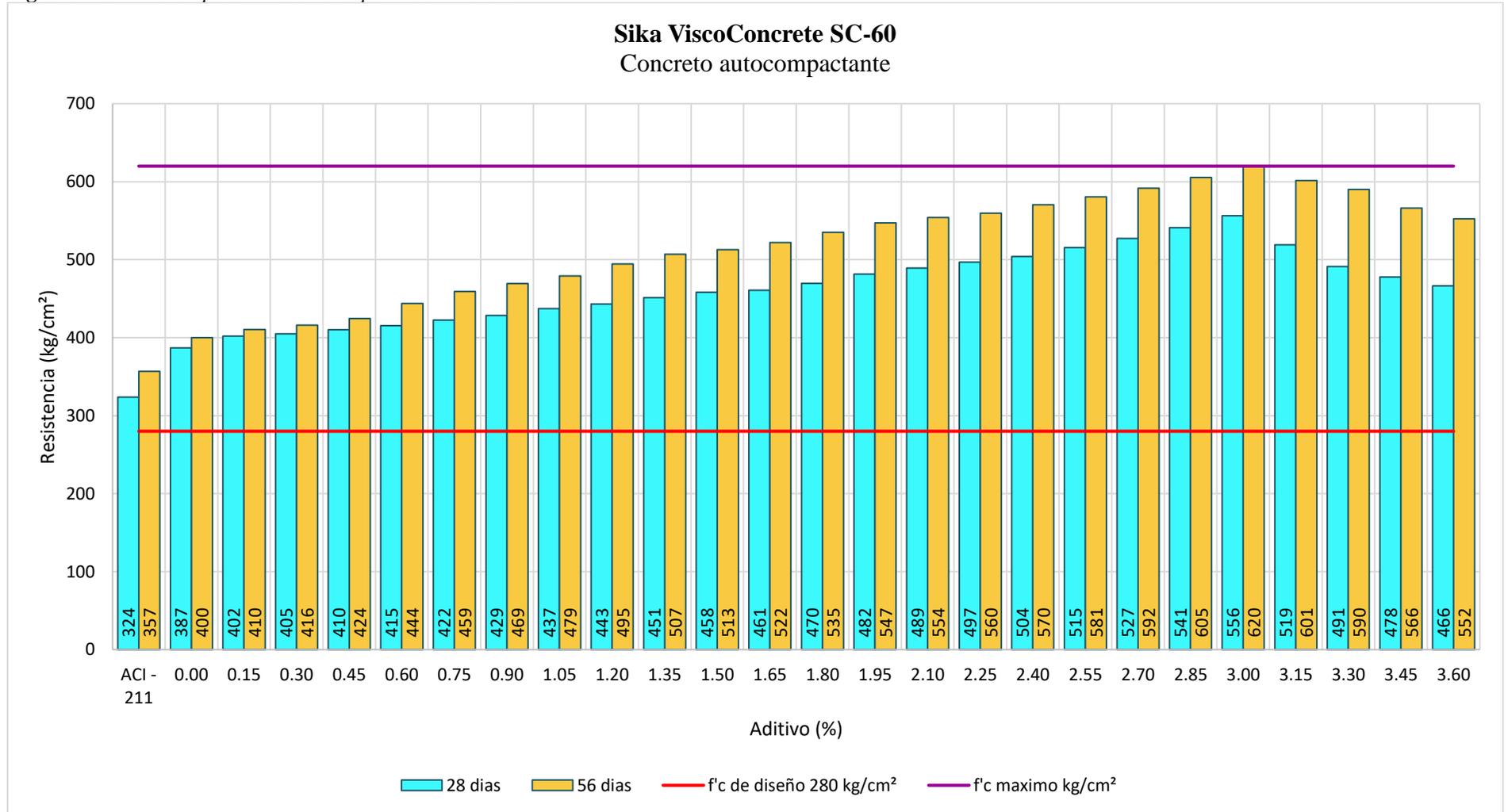
Figura 62: Resistencia promedio a la compresión axial euco



Fuente: Elaboración propia, 2019

### 3.B.1.4 Resistencia a la compresión Concreto autocompactante Sika

Figura 63: Resistencia promedio a la compresión axial sika



Fuente: Elaboración propia, 2019

### 3.5 Análisis de datos

#### 3.5.1 Flujo de asentamiento por el cono de abrams y T<sub>500</sub>

##### Flujo de asentamiento:

- Como el  $F_{\text{experimental}} > F_{\text{teórico}}$
- Se acepta H<sub>1</sub>: A medida que se incrementa la dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 aumenta la extensión de flujo de un concreto autocompactante.
- Se rechaza H<sub>0</sub>: La dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 no influye sobre su extensión de flujo de un concreto autocompactante.

**Tabla 60:** Resumen del análisis ANOVA para los resultados de extensión de flujo

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F Experimental	F Teórico
A	1	873,100.91	873,100.91	17,624.16	3.95
B	24	4,142,436.51	172,601.52	3,484.08	1.64
A x B	24	1,229,835.76	51,243.16	1,034.38	1.64
Error	100	4,954.00	49.54	-	-

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

##### T<sub>500</sub> (s):

- Como el  $F_{\text{experimental}} > F_{\text{teórico}}$
- Se acepta H<sub>1</sub>: A medida que se incrementa la dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 mejora su viscosidad un concreto autocompactante.
- Se rechaza H<sub>0</sub>: La dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 no influye sobre su viscosidad de un concreto autocompactante.

**Tabla 61:** Resumen del análisis ANOVA para los resultados de la viscosidad T500

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F Experimental	F Teórico
A	1	1,294.37	1,294.37	20,266.26	3.95
B	24	1,001.62	41.73	653.44	1.64
A x B	24	755.37	31.47	492.79	1.64
Error	100	6.39	0.06	-	-

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 3.5.2 Ensayo de embudo V

- Como el  $F_{\text{experimental}} > F_{\text{teórico}}$
- Se acepta  $H_1$ : A medida que se incrementa la dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 mejora su viscosidad un concreto autocompactante.
- Se rechaza  $H_0$ : La dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 no influye sobre su viscosidad de un concreto autocompactante.

**Tabla 62:** Resumen del análisis ANOVA para los resultados de la viscosidad embudo V

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F Experimental	F Teórico
A	1	1,294.37	1,294.37	20,266.26	3.95
B	24	1,001.62	41.73	653.44	1.64
A x B	24	755.37	31.47	492.79	1.64
Error	100	6.39	0.06	-	-

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 3.5.3 Ensayo de caja L

- Como el  $F_{\text{experimental}} > F_{\text{teórico}}$
- Se acepta  $H_1$ : A medida que se incrementa la dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 mejora su capacidad de paso un concreto autocompactante.

- Se rechaza H<sub>0</sub>: La dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 no influye sobre su capacidad de paso de un concreto autocompactante.

**Tabla 63:** Resumen del análisis ANOVA para los resultados de la capacidad de paso Caja L

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F Experimental	F Teórico
A	1	2.38	2.38	3,246.49	3.95
B	24	10.61	0.44	604.09	1.64
A x B	24	3.83	0.16	217.91	1.64
Error	100	0.07	0.00	-	-

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 3.5.4 Ensayo de anillo japonés

- Como el  $F_{\text{experimental}} > F_{\text{teórico}}$
- Se acepta H<sub>1</sub>: A medida que se incrementa la dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 mejora su capacidad de paso un concreto autocompactante.
- Se rechaza H<sub>0</sub>: La dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 no influye sobre su capacidad de paso de un concreto autocompactante.

**Tabla 64:** Resumen del análisis ANOVA de la capacidad de paso anillo japonés

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F Experimental	F Teórico
A	1	332.42	332.42	727.71	3.95
B	24	1,643.73	68.49	149.93	1.64
A x B	24	652.98	27.21	59.56	1.64
Error	100	45.68	0.46	-	-

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 3.5.5 Tamiz de segregación GTM

- Como el  $F_{\text{experimental}} > F_{\text{teórico}}$
- Se acepta  $H_1$ : A medida que se incrementa la dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 aumenta la resistencia de segregación de un concreto autocompactante.
- Se rechaza  $H_0$ : La dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 no a la resistencia de segregación de paso de un concreto autocompactante.

**Tabla 65:** Resumen del análisis ANOVA de resistencia a la segregación tamiz GTM

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F Experimental	F Teórico
A	1	905.59	905.59	1,122.80	3.95
B	24	3,394.80	141.45	175.38	1.64
A x B	24	1,495.91	62.33	77.28	1.64
Error	100	80.65	0.81	-	-

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 3.5.6 Resistencia a la compresión

- Como el  $F_{\text{experimental}} > F_{\text{teórico}}$
- Se acepta  $H_1$ : A medida que se incrementa la dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 aumenta la resistencia a compresión de un concreto autocompactante.
- Se rechaza  $H_0$ : La dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 no influye sobre su resistencia a la compresión de un concreto autocompactante.

**Tabla 66:** Resumen del análisis ANOVA para los resultados de resistencia a la compresión axial

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F Experimental	F Teórico
A	1	6,577.60	6,577.60	203.86	3.95
B	24	197,875.32	8,244.80	255.53	1.64
A x B	24	188,286.68	7,845.28	243.14	1.64
Error	100	3,226.58	32.27	-	-

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## CAPITULO IV DISCUSION Y CONCLUSIONES

### A. Discusión

- El análisis granulométrico del agregado fino, tuvo como respuesta un módulo de finura de 2.4 lo cual se entra en el rango de 2.3 y 3.1 según la NTP 400.037 Fabricación de artículos de hormigón, de cemento y yeso además el análisis realizado al agregado grueso, se determinó el Tamaño Máximo Nominal 3/8" (Confitillo 3/8") un Tamaño Máximo de 1/2".
- En lo que corresponde al contenido de humedad para el agregado fino es de 0.5% y con respecto al agregado grueso (confitillo 3/8") es de 0.4%, estas condiciones son netamente de la composición de los agregados. Estos ensayos se llevaron elaboraron mediante los parámetros dados por la NTP 339.185 y ASTM C 566 Método de ensayo normalizado para contenido total evaporable de agregado por secado. De acuerdo a las normas. El concreto autocompactante ha sido elaborado con materiales que se encuentran bajo los estándares establecidos.
- Respecto a su peso unitario seco suelto (PUSS) del agregado fino se obtuvo como dato 1700 kg/m<sup>3</sup>; y para el agregado grueso 1406 kg/m<sup>3</sup> y para determinar su peso unitario seco compactando (PUSC) del agregado fino tiene como respuesta 1853 kg/m<sup>3</sup>; y para el agregado grueso es de 1554 kg/m<sup>3</sup>. Estos ensayos se realizaron siguiendo los lineamientos de la NTP 400.017 y ASTM C 29 Método de ensayo para determinar el peso unitario de los agregados.
- Se obtuvo como peso específico (PeA) del agregado fino de 2639 kg/m<sup>3</sup> y contenido de absorción de 2.4%. Estos datos fueron obtenidos mediante la NTP 400.022 y ASTM C128 Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino; para el agregado grueso su peso específico (PeA) es de 566 kg/m<sup>3</sup> y su contenido de absorción es de 2.3%; para obtener estos datos se realizaron mediante la NTP 400.021 y ASMT C566 Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. Para clasificar según su peso es un material normal; peso específico 2500 – 2750 kg/m<sup>3</sup>
- El aditivo superplastificante Euco en su ficha técnica mantiene los parámetros de la

NTP 334.088; no obstante al momento de interactuar presenta complicaciones por su rápido tiempo de fraguado y poca trabajabilidad, sus beneficios que nos brinda este producto son de producir concretos fluidos sin retardos, permitir que el concreto sea transportado a largas distancias, reduce más de 45% del agua de amasado; algunas de sus principales aplicaciones son: concreto baja relación agua cemento, concretos autocompactantes, concretos de alta resistencia, concretos fluidos de alto asentamiento. Por ende, según la ficha técnica de este producto se recomienda usarlo en un rango de aplicación 0.2% a 2.0%.

- Respecto al aditivo superplastificante en la marca Sika es un concreto lanzado, concreto específicamente desarrollado para incrementar el tiempo de trabajabilidad además está diseñado para producir concretos que necesitan mantener la fluidez por varias horas, cumple con la norma ASTM C-494 de Tipo F y ASTM C1017. Sus ventajas que nos proporciona es un alto reductor de agua que no necesita utilizar fluidificantes de alto desempeño, amplios rangos de relaciones agua cemento, provee concretos y morteros de mayor estabilidad y de tiempo de trabajabilidad que aquellos elaborados con dispersantes y reductores de agua convencionales. Para su modo de empleo se recomienda un rango de aplicación de 0.5% a 2.0%.
- El aditivo Euco se utilizó en una dosificación partiendo de 0.15% en 0.15% hasta llegar a 0.9% respecto a la cantidad de cemento, a partir de 0.45% de adición ya se puede obtener un concreto autocompactante hasta un máximo de 0.9%, puedo que en esta última cantidad de adición se empieza a generar efectos negativos de la mezcla de concreto (segregación con un halo de 43.3mm), Además, cabe resaltar que este tipo de aditivo tiende a perder muy rápido su trabajabilidad en un tiempo promedio de 4 minutos, lo cual va a generar daños estructurales puesto que sería necesario la adición de un agente fluidificante o microcílice, puesto que estos cambios no guardan relación según su especificación técnica de este producto. Sin embargo, el aditivo superplastificante de marca Sika es todo lo contrario puesto que se utilizó de la misma manera partiendo de 0.15% en 0.15% de adición respecto a la cantidad de cemento, a partir de 1.50% de adición ya se podemos contar con un concreto autocompactante hasta un máximo de 3.6% de adición puesto que la última cantidad se puede apreciar

efectos negativos (segregación con un halo de 32.7mm), cabe resaltar que este producto presenta un mayor tiempo de trabajabilidad con un tiempo promedio de 15 minutos, lo cual es favorable para la elaboración y el transporte a largas distancias; no es necesario la adición de un agente fluidificante o retardante en relación con aditivo euco, sika guarda concordancia con sus especificaciones especificaciones técnicas.

- Para el diseño de mezcla patrón ACI 211 de un concreto convencional se desarrollaron siguiendo los lineamientos estipulados por la Instituto de Concreto Americano, de esta manera se diseñó un concreto de resistencia axial de  $f^c=280\text{kg/cm}^2$ ; al ensayarlos a los 3, 7, 14, 28, 56 días alcanzo una resistencia máxima de  $357\text{kg/cm}^2$ .
- El desarrollo del concreto autocompactante se desarrolló partiendo del diseño ACI 211, después de haber obtenido las cantidades de cada insumo; se pasó a los parámetros estipulado por El Grupo de Proyecto Europeo, 2006; en la cual se describen desde la característica de los componentes, de los diferentes tipos de adiciones, rango de cantidades de los finos (cemento), agua, agregado fino, agregado grueso (confitillo 3/8”).
- El concreto autocompactante en su estado fresco tiene cuatro características importantes: capacidad de llenado, viscosidad, capacidad de paso, resistencia a la segregación según GPE, 2006. Hoy en día existe una amplia gama de ensayos que se pueden realizar para caracterizar las propiedades del al concreto autocompactante en estado fresco, para esta investigación se realizaron siete ensayos para poder caracterizar de manera óptima el concreto autocompactante: Ensayo de extensión de flujo,  $T_{500}$ , embudo V, caja L, anillo japonés, segregación por tamiz, columna de segregación.
- Para el concreto autocompactante en su estado fresco con la adicionando del aditivo Euco Neoplast 8500 HP fue caracterizado por siete métodos de ensayo estipulados por el Grupo de Proyecto Europeo (GPE) lo cual así poder medir sus características de capacidad de llenado, viscosidad, capacidad de paso, resistencia a la segregación; para ellos se elaboró varias mezclas de concreto autocompactante; cabe resaltar que lo único que varía es la cantidad de aditivo; se optó por 0.60% de adición de aditivo Euco Neoplast 8500 HP lo cual tuvimos como respuesta: para la capacidad de paso se realizó

el ensayo de extensión de flujo dando un diámetro de 714 mm perteneciendo a la categoría de SF2 que está entre el rango de 660 a 750 mm; para evaluar su viscosidad se desarrolló el ensayo de  $T_{500}$  siendo un tiempo de 3s perteneciendo a la categoría de VS2 que es  $> 2s$ , además se realizó el ensayo de embudo V dando como respuesta un tiempo de 11.9s que pertenece a la categoría de VF2 que esta entre el rango de 9 a 25s; para determinar la capacidad de paso se llevó a cabo el ensayo de método de la caja en L ( 3 barras) obteniendo una relación de paso de  $PA = 0.81$  de clase PA2 (3 barras), además se adicione el ensayo de anillo japonés lo cual también nos da una data de diámetro de extensión de flujo de 693 mm, con relación a su capacidad de llenado hay una variación de 21 mm que de acuerdo a la Evaluación de bloqueo ASTM C1621 cuando esta entre el rango de 25 a 50 mm se considera un bloqueo mínimo a notable y mayor de 50mm bloqueo notable a extremo, para su diferencia de alturas de Altura interior con la Altura exterior es de 9,33mm, según EFNARC, 2002 resalta que la diferencia máxima de altura es de 10mm; para determinar la resistencia a la segregación se desarrolló el método de segregación por Tamiz GTM siendo de 0.8% porcentaje de retención según GTM, 2006 especifica por medio de una nota: que en casos especiales pueden especificarse otros valores objetivos en este caso el más favorable es el más cercano a 1 %, además se realizó el ensayo columna de segregación teniendo como porcentaje de segregación estática de 13% perteneciendo a SR2 este ensayo se realizó siguiendo la NTG 41017 h49.

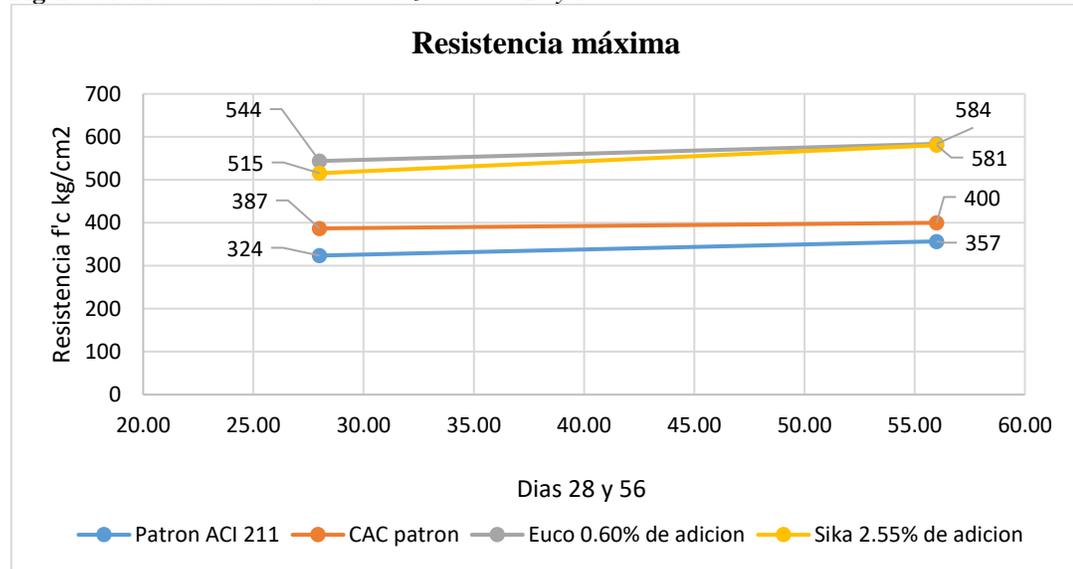
- Para el concreto autocompactante en su estado fresco con la adicionando del aditivo Sika ViscoCrete SC-60 fue caracterizado por siete métodos de ensayo estipulados por el Grupo de Proyecto Europeo (GPE) lo cual así poder medir sus características de capacidad de llenado, viscosidad, capacidad de paso, resistencia a la segregación; para ellos se elaboró varias mezclas de concreto autocompactante; cabe resaltar que lo único que varía es la cantidad de aditivo; se optó por 2.55% de adición de aditivo Sika ViscoCrete SC-60 lo cual tuvimos como resultado: para la capacidad de paso se realizó el ensayo de extensión de flujo dando un diámetro de 748 mm perteneciendo a la categoría de SF2 que está entre el rango de 660 a 750 mm; para evaluar su viscosidad se desarrolló el ensayo de  $T_{500}$  siendo un tiempo de 3.74s perteneciendo a la categoría

de VS2 que es  $> 2s$ , además se realizó el ensayo de embudo V dando como respuesta un tiempo de 9.27s que pertenece a la categoría de VF2 que esta entre el rango de 9 a 25s; para determinar la capacidad de paso se llevó a cabo el ensayo de método de la caja en L ( 3 barras) obteniendo una relación de paso de  $PA = 0.94$  de clase PA2 (3 barras), además se adicionó el ensayo de anillo japonés lo cual también nos da una data de diámetro de extensión de flujo de 713 mm, con relación a su capacidad de llenado hay una variación de 34 mm que de acuerdo a la Evaluación de bloqueo ASTM C1621 cuando esta entre el rango de 25 a 50 mm se considera un bloqueo mínimo a notable y mayor de 50mm bloqueo notable a extremo, para su diferencia de alturas de Altura interior con la Altura exterior es de 8.33mm, según EFNARC, 2002 resalta que la diferencia máxima de altura es de 10mm; para determinar la resistencia a la segregación se desarrolló el método de segregación por Tamiz GTM siendo de 1.1% porcentaje de retención según GTM, 2006 especifica por medio de una nota: que en casos especiales pueden especificarse otros valores objetivos en este caso el más favorable es el más cercano a 1%, además se realizó el ensayo columna de segregación teniendo como porcentaje de segregación estática de 11.9% perteneciendo a SR2 este ensayo se realizó siguiendo la NTG 41017 h49. El porqué de este comportamiento está dado por la reacción química del aditivo con el cemento, el efecto del aditivo sobre la mezcla brinda mayor trabajabilidad a al conjunto, esto provoca que los datos obtenidos en los ensayos se vean diferenciados entre sí.

- Para determinar la resistencia máxima alcanzada está relacionada con la con la cantidad de adición de superplastificante, es por ello que mediante la figura N°66 podemos observar la resistencia axial máxima alcanzada a los 28 y 56 días, el concreto convencional alcanza a sus 28 días una resistencia de  $f'c = 324 \text{ kg/cm}^2$  y sus 56 días  $f'c = 357 \text{ kg/cm}^2$ ; para el concreto autocompactante patrón alcanzando a sus 28 días una resistencia de  $f'c = 387 \text{ kg/cm}^2$  y sus 56 días  $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ ; el concreto autocompactante con 0.60% de adición de aditivo superplastificante Euco Neoplast 8500 HP respecto a la cantidad de cemento alcanza a sus 28 días una resistencia de  $f'c = 544 \text{ kg/cm}^2$  y sus 56 días  $f'c = 584 \text{ kg/cm}^2$ ; el concreto autocompactante con 2.55% de adición de aditivo superplastificante Sika ViscoCrete SC-60 respecto a la cantidad

de cemento alcanzando a sus 28 días una resistencia de  $f'c = 515 \text{ kg/cm}^2$  y sus 56 días  $f'c = 584 \text{ kg/cm}^2$

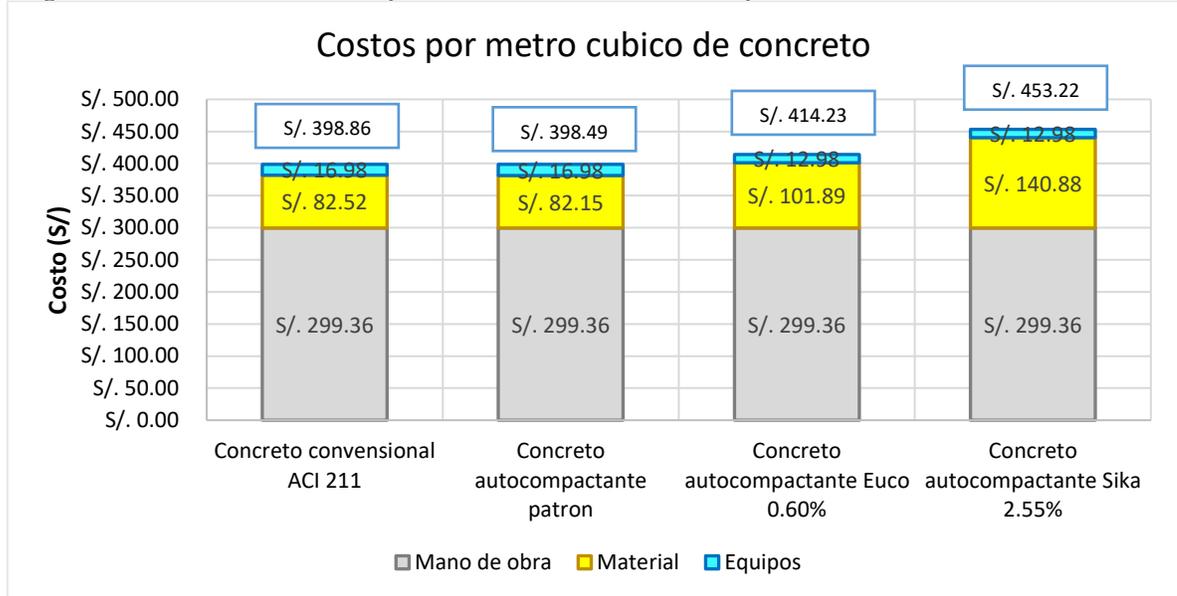
**Figura 64:** Resistencia máxima alcanzada a los 28 y 56 días



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- Se puede observar que para la elaboración de concreto autocompactante es un poco más caro que el concreto convencional; cabe resaltar que la cantidad de cemento, arena fina, confitillo 3/8" y la cantidad de agua se mantienen constantes; este aumento de precio es por el uso de aditivo superplastificante en relación a la cantidad de cemento, sin embargo, las ventajas que presenta este concreto autocompactante está enfocado en el rendimiento de obra debido a su mayor facilidad de vaciado por su acomodo de su propio peso, lo cual ya no es necesario de la mano de obra calificada para el uso de una máquina vibradora. El concreto autocompactante frente al concreto convencional manifiesta mejores resultados de acabados finales puesto que no necesita enlucidos como el concreto convencional, además una mejor adherencia al acero de refuerzo, menos porcentaje de absorción y sobre todo nos permite una mayor trabajabilidad lo cual brinda mayores rendimientos en obra.

Figura 65: Análisis de costo en la producción del concreto autocompactante



Fuente: Elaboración propia, 2019

## B. Conclusiones

- Se evaluó las características del agregado, de tal manera que el agregado fino, al tener una granulometría continua influye positivamente en las propiedades del concreto autocompactante, mientras que el agregado grueso (confitillo 3/8") por ser anguloso y de origen de chancado, brinda una mejor trabajabilidad y resistencia.
- Para la dosificación del concreto autocompactante se basó en el diseño del comité ACI 211, con una resistencia de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ; después se llevó a los parámetros estipulados por el Grupo de Proyecto Europeo (2006).
- Para realizar los ensayos del concreto autocompactante en su estado fresco se requiere de mucha energía al ser mezclado, puesto que este concreto inicia con una relación agua/cemento de 0.35 lo cual se realizó con un trompo mecánico y el tiempo de mezclado fue uniforme de 15 minutos para todas las mezclas elaboradas; cada ensayo realizado varia el tiempo según el Grupo de Proyecto Europeo, además cada equipo antes de ser utilizado tiene que ser humedecido.
- El rango de uso del aditivo Euco Neoplast 8500 HP según su ficha técnica muestra de 0.2% a 2.0%, en la práctica se llegó hasta 0.75% en el cual empieza a verse afectado de manera severa. Esto quiere decir que la cantidad de este aditivo debe ser lo más

exacto puesto que al no ser de así, habrá abundantes fallas en la elaboración del concreto autocompactante, puesto que tiene rápido tiempo de fraguado lo cual limita la trabajabilidad lo cual es perjudicial.

- El rango de uso del aditivo Sika ViscoCrete SC-60 según su ficha técnica muestra de 0.5% a 2.0%, en la práctica se llegó hasta 3.30% en el cual empieza a verse afectado de manera severa. Esto nos dice que este aditivo presenta un mayor rango de aplicación, puesto que algunos factores como el tiempo de mezclado o la materia prima utilizada puede reaccionar de mejor manera además tiene su tiempo de fraguado en consideración de Euco es mucho más lento lo cual nos brinda una mayor facilidad de trabajabilidad y por ende un mejor acabado superficial.
- El porcentaje óptimo de Euco fue de 0.60% y para Sika fue de 2.55% para cumplir con los requerimientos según el Grupo de Proyecto Europeo.
- Se determinó que con el 0.6% de aditivo Euco Neoplast 8500HP la Capacidad de Llenado expresado por la extensión de flujo fue de 741mm estando dentro de la categoría de SF2, mientras que con un 3.0% de aditivo Sika ViscoCrete SC-60 se satisfizo el comportamiento ideal con una extensión de flujo de 815mm lo cual está la categoría de SF3.
- Se determinó la Viscosidad por medio del ensayo embudo en V tiene un tiempo de 11.9segundos que está comprendido en la categoría de VF2 para el aditivo EUCO; mientras que para el aditivo Sika se obtuvo un tiempo de 6.94 segundos, que está dentro de la categoría VF1.
- Se determinó la Capacidad de Paso mediante el ensayo de la caja en L obteniendo una relación de alturas 0.81 lo cual pertenece a un PA2 para el aditivo EUCO.
- Se determinó la Resistencia la segregación con el ensayo de segregación por tamiz teniendo un 5.4% lo cual todos los parámetros medidos cumplen con lo estipulado por el GPE 2006, con respecto a su resistencia obtenida a los 56 días fue de  $f'c$  584kg/cm<sup>2</sup>,

esto para el caso del Aditivo Euco, mientras que para Sika, se tuvo un 14.1% lo cual todos los parámetros medidos cumplen con lo estipulado por el GPE 2006, con respecto a su resistencia obtenida a los 56 días fue de  $f'c$  620kg/cm<sup>2</sup>.

- Se logró determinar la curva de crecimiento de la resistencia a la compresión axial, en la cual se aprecia que este concreto autocompactante en relación con el concreto convencional alcanza una resistencia máxima de 620 kg/cm<sup>2</sup>; es por ello que se denomina concreto de alta resistencia y lo podemos aplicar en obras de gran envergadura a pesar que se diseñó para la utilización de viviendas multifamiliares.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARGOS. (2015). *Productores de cemento*. Informe anual de producción de cementos y ventas. Colombia. Recuperado de: ornada técnica. Tecnología avanzada del Hormigón. España. Recuperado de: [www.anfah.org](http://www.anfah.org). [2019, 12 de Mayo].
- ANFAH. (2016). ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES Y REDUCTORES DE AGUA. *Mecanismos de acción de los aditivos plastificantes y superplastificantes*. Jornada técnica. Tecnología avanzada del Hormigón. España. Recuperado de: [www.anfah.org](http://www.anfah.org). [2019, 20 de Mayo].
- Avalo, J. (2013). *Las normas técnicas de cemento y concreto en el Perú*. ASOCEM (Asociación de productores de Cemento). Recuperado de: [www.asocem.org.pe](http://www.asocem.org.pe). [2019, 5 de Junio].
- ASTM C1621.(2017). *Standart Test Method for Passing Ability of Self-Consolidating Concrete by J-Ring*. USA.
- ASTM C1611.(2018). *Standart Test Method for Slump Flow of Slef-Consolidating Concrete*. USA.
- Britez, C. (2016). Hormigón y hormigonado de cimentación con hormigón autocompactante y de elavadas prestaciones (70 Mpa). *Alconpat, Volumen 6*, páginas 28-40.
- Carbollosa, P. (2007). Diseño optimizado de un hormigón autocompactante reforzado con fibra de polipropileno con función estructural, para el empleo en obras de rehabilitación. *ACHE, Volumen 5*, páginas 1-10.
- Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción CMIC (2017). *Ranking Mundial de la Infraestructura*. Recuperado de: [www.cmic.org.mx](http://www.cmic.org.mx). [2019, 13 de Junio].
- Cámara Peruana de la Construcción. CAPECO (2018). *Informe económico de la construcción IEC N° 17*. [En línea]. Recuperado de: [www.excon.pe/iec/IEC21:0718.pdf](http://www.excon.pe/iec/IEC21:0718.pdf). [2019, 16 de Febrero].

- Cámara Peruana de la Construcción. CAPECO (2018). *Informe económico de la construcción IEC N° 21*. [En línea]. Recuperado de: [www.excon.pe/iec/IEC21:0718.pdf](http://www.excon.pe/iec/IEC21:0718.pdf). [2019, 14 de Febrero].
- Choquenaira, I. (2013). *Diseño de concreto autocompactante con agregado angular y subredondeado utilizando aditivos de las marcas Chema, Sika y Euco, en la ciudad de Arequipa-2013*, Tesis de Titulación, Universidad Católica Santa María, Perú.
- Diseño Y Control de Mezclas de Concreto. Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese y Jussara Tanesi. Editorial: PCA.
- EFNARC. (2002). *Especificaciones y directrices para el Hormigón autocompactable*. Federación Europea.
- FLAVIO ABANTO CASTILLO. (2009). *Tecnología del concreto*. Segunda edición.
- GPE (2006) Grupo de proeycto Europeo Directrices Europeas Para El Hormigón Autocompactante. (2006). *Especificaciones, producción y uso del cocnreto autocompactante*.
- IEDEP (2018) *Instituto de economía y desarrollo empresarial, camara de comerio Lima*.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI (2018). *Comportamiento de la economía peuana en el segundo trimestre del 2018*. [En línea]. Recuperado de: [www.inei.gob.pe](http://www.inei.gob.pe). [2019, 6 de Abril].
- Jonhson. R. (2007). *Estudio de la sensibilidad e influencia de la composición en las propiedades reológicas y mecánicas de los hormigones autocompactantes*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Martínez, J. (2016). Hormigón autocompactante sumergido en las cimentaciones marítimas del Puente de la Constitución de 1812 sobre la Bahía de Cádiz. ScienceDirect, Voumen 67. Recuperado de: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- Mayta, J. (2014). *Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo*. Tesis de Titulación, Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC (2016). *Manual de ensayo de Materiales*.

[En línea]. Recuperado de: [www.portal.mtc.gob.pe](http://www.portal.mtc.gob.pe).

National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA). *CIP 37-Concreto Autocompactante*

(CAC). [En línea]. Recuperado de: [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). [2019, 3 de Marzo].

NTP 334.009.(2011). *CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos*. Perú.

NTP 334.090.(2011). *CEMENTOS. Cementos Portland Adicionados .Requisitos*. Perú.

NTP 339.185.(2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Perú.

NTP 400.022.(2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino*. Perú.

NTP 400.021.(2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*. Perú.

NTP 400.017.(2011). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados*. Perú.

NTP 400.012. (2001). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Perú.

NTP 334.005. (2011). *CEMENTOS. Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del Cemento Portland*. Perú.

NTP 334.064. (2009). *CEMENTOS. Método de ensayo para determinar el calor de hidratación del Cemento Portland. Método por disolución*.Perú.

NTP 339.034. (2008). *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. Perú.

NEOPLAST 8500 HP. (2016). *Aditivo reductor de agua de alto rango y superplastificante sin retardo*. Química Suiza. Ficha Técnica. Perú.

- NTG 41017 h29. (2015). Método de ensayo. Segregación estática del concreto autocompactable utilizando la técnica de la columna. Guatemala.
- NTG 41017 h30. (2015). *Método de ensayo. Determinación de la habilidad de paso del concreto autocompactable (CAC) utilizando el método del Anillo-J.* Guatemala.
- NTP 400.050. (1999). *Manejo de residuos de la actividad de la construcción.* Lima: INDECOPI.
- Pineda, H. (2003). *Diseño de mezcla de concreto autocompactante*, Tesis de Titulación, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
- Prom Perú. (2015). *Informe especializado: El sector construcción en los países de Latinoamérica.* Recuperado de: [www.siicex.gob.pe](http://www.siicex.gob.pe). [2019, 30 de Junio].
- Raby, A. (2016). *Caracterización de hormigón autocompactante reforzado con fibras sintéticas para uso estructural*, Tesis de Titulación, Universidad de Chile, Chile.
- Rabanal, D. y Su, A. (2017). *Diseño de un concreto autocompactable*, Tesis de Titulación, Univerisidad Señor de Sipán, Perú.
- Rodríguez, G. (2017). Hormigón autocompactante con fibras para premoldeados Fibre reinforced self-compacting concrete for prescat. *ScienceDirect, Voumen* 69. Recuperado de: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- SIKA VISCOCRETE SC-60. (2016). Aditivo superplastificante de alto desempeño y retenedor de trabajabilidad para concreto. SIKA. Ficha Técnica. Perú.
- Sánchez, L. (2014). *Efecto del aditivo superplastificante Sika Viscocrete en la resistencia mecánica del concreto autocompactante.* Tesis de Titulación, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Soberón, I. (2015). *Diseño de mezclas de hormigón autocompactante utilizando agregado de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el Contón Ambato, provincia de Tungurahua.* Tesis de Titulación, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

Vargas, R. (2006). Diseño y evaluación de hormigones autocompactante. *Revista de Ingeniería de Construcción, Volumen 21, páginas 57-70.*

## ANEXOS

### A. Caracterización de los agregados

#### Análisis granulométrico de los agregados NTP 400.012 / ASTM C136

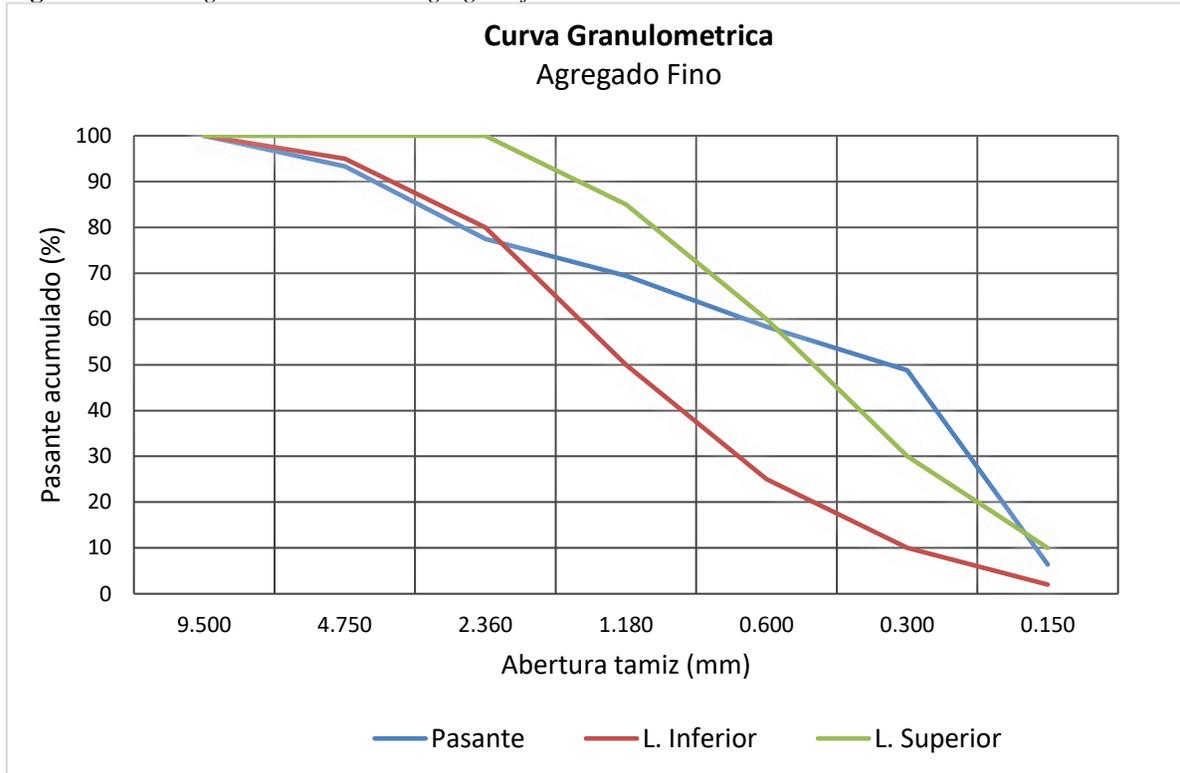
##### Agregado fino

**Tabla 67:** Análisis granulométrico del agregado fino

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO TAMIZ (g)	TAMIZ + MUESTRA (g)	PESO RETENIDO (g)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO (%)	
						RETENIDO	PASANTE
3/8"	9.500			0.00	0	0	100
N°4	4.750	190.01	256.80	66.79	7	7	93
N°8	2.360	171.58	329.94	158.36	16	23	77
N°16	1.180	127.98	208.59	80.61	8	31	69
N°30	0.600	124.19	235.61	111.42	11	42	58
N°50	0.300	123.31	218.61	95.30	10	51	49
N°100	0.150	115.05	538.90	423.85	42	94	6
N°200	0.075	246.83	307.21	60.38	6	100	0
FONDO		218.74	222.39	3.65	0	100	0
			PESO TOTAL	1000.36	100	M. FINURA	2.5

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 66:** Curva granulométrica del agregado fino



Fuente: Elaboración propia, 2019

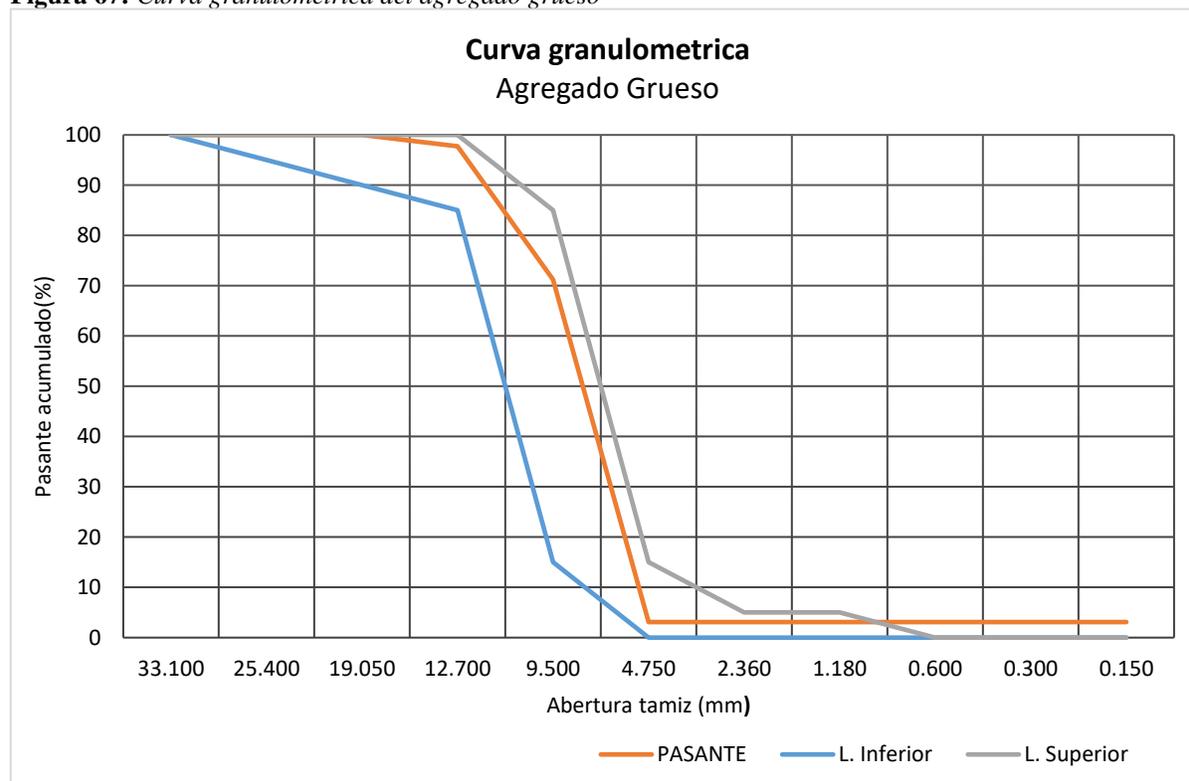
## Agregado grueso

**Tabla 68:** Análisis granulométrico del agregado grueso

TAMIZ	ABERTUR A (mm)	PESO TAMI Z (g.)	TAMIZ + MUESTRA (g.)	PESO RETENID O (g.)	PARCIAL RETENID O (%)	ACUMULADO (%)	
						RETENIDO	PASANT E
1 1/2"	33.100	0.00	0.00	0.00	0	0	100
1"	25.400	176.95	176.95	0.00	0	0	100
3/4"	19.050	170.91	170.91	0.00	0	0	100
1/2"	12.700	204.81	227.54	22.73	2	2	98
3/8"	9.500	186.25	451.77	265.52	27	29	71
Nº4	4.750	189.91	871.75	681.84	68	97	3
Nº8	2.360	0.00	0.00	0.00	0	97	3
Nº16	1.180	0.00	0.00	0.00	0	97	3
Nº30	0.600	0.00	0.00	0.00	0	97	3
Nº50	0.300	0.00	0.00	0.00	0	97	3
Nº100	0.150	0.00	0.00	0.00	0	97	3
Nº200	0.075	246.89	276.74	29.85	3	100	0
FOND O		218.80	219.92	1.12	0	100	0
			PESO TOTAL	1001.06	100	T.M.	1/2"
						T.M.N.	3/8"
						M. FINURA	6.1

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 67:** Curva granulométrica del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia, 2019

### Contenido de humedad del agregado NTP 339.185 / ASTM C566

#### Agregado fino

**Tabla 69:** Contenido de humedad del agregado fino

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de tara	g	11.14	11.12	11.13
Peso de la muestra natural	g	50.07	50.24	50.12
Peso de muestra seca + Tara	g	61.00	61.09	61.01
Contenido de humedad	%	0.4	0.5	0.5
Promedio	%	0.5		

Fuente: Elaboración propia, 2019

## Agregado grueso

**Tabla 70:** *Contenido de humedad del agregado grueso*

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de tara	g	11.12	11.17	11.05
Peso de la muestra natural	g	50.16	50.12	50.24
Peso de muestra seca + Tara	g	61.09	61.07	61.10
Contenido de humedad	%	0.4	0.4	0.4
Promedio	%		0.4	

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## Peso unitario de los agregados NTP 400.017 / ASTM C29

### Peso unitario seco suelto del agregado fino

**Tabla 71:** *Peso unitario seco suelto agregado fino*

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	0.986	0.986	0.986
Peso de molde + Agua	kg	8.33	8.32	8.328
Temperatura	°C	23.1	22.5	22.2
Densidad del agua	kg/m <sup>3</sup>	997.52	997.65	997.72
Volumen del molde	m <sup>3</sup>	0.00736	0.00735	0.00736
Peso de molde + Muestra	kg	13.503	13.463	13.51
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	kg/m <sup>3</sup>	1700	1697	1702
Promedio	kg/m <sup>3</sup>		1700	

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### Peso unitario seco suelto del agregado grueso

**Tabla 72:** *Peso unitario seco suelto del agregado grueso*

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	0.986	0.986	0.986
Peso de molde + Agua	kg	8.33	8.32	8.328
Temperatura	°C	23.1	22.5	22.2
Densidad del agua	kg/m <sup>3</sup>	997.52	997.65	997.72
Volumen del molde	m <sup>3</sup>	0.00736	0.00735	0.00736
Peso de molde + Muestra	kg	11.352	11.339	11.29
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	kg/m <sup>3</sup>	1408	1408	1400
Promedio	kg/m <sup>3</sup>		1406	

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### Peso unitario seco compactado del agregado fino

**Tabla 73:** *Peso unitario seco compactado del agregado fino*

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	0.986	0.986	0.986
Molde + agua	kg	8.33	8.32	8.328
Temperatura	°C	23.1	22.5	22.2
Densidad del agua	kg/m <sup>3</sup>	997.52	997.65	997.72
Volumen del molde	m <sup>3</sup>	0.007	0.007	0.007
Peso de molde + Muestra	kg	14.59	14.64	14.638
Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	kg/m <sup>3</sup>	1848	1857	1855
Promedio	kg/m <sup>3</sup>		1853	

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### Peso unitario seco compactado del agregado grueso

**Tabla 74:** *Peso unitario seco compactado del agregado grueso*

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	0.986	0.986	0.986
Molde + agua	kg	8.330	8.320	8.328
Temperatura	°C	23.1	22.5	22.2
Densidad del agua	kg/m <sup>3</sup>	997.52	997.65	997.72
Volumen del molde	m <sup>3</sup>	0.007	0.007	0.007
Peso de molde + Muestra	kg	12.407	12.418	12.423
Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	kg/m <sup>3</sup>	1551	1555	1554
Promedio	kg/m <sup>3</sup>		1554	

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## Peso específico y absorción de los agregados

### Peso específico y absorción del agregado fino NTP 400.022 / ASTM C128

**Tabla 75:** *Peso específico del agregado fino.*

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Volumen de agua en la fiola	cm <sup>3</sup>	500	500	500
Peso de la fiola (limpio y seco)	g	164.13	168.81	166.46
B = Peso de la fiola + Agua	g	662.04	667.19	665.09
Peso de la fiola + Peso muestra SSS	g	652.04	654.48	649.50
C = Peso de la fiola + Peso muestra SSS + Agua	g	969.83	973.01	969.14
Peso del agua (5-4)	g	317.79	318.53	319.64
Peso de recipiente	g	88.98	57.60	122.03
Recipiente + Muestra seca	g	564.70	531.90	594.13
A = Peso de la muestra secada al horno	g	475.72	474.3	472.10
S = Peso de la muestra SSS (4-2)	g	487.91	485.67	483.04
Peso específico de masa SSS	kg/m <sup>3</sup>	2709	2700	2699
Peso específico aparente	kg/m <sup>3</sup>	2833	2815	2809
Peso específico de masa	kg/m <sup>3</sup>	2641	2637	2638
Promedio peso específico de masa	kg/m <sup>3</sup>		2639	

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Tabla 76:** *Porcentaje de absorción del agregado fino*

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA		
		M-1	M-2	M-3
S = Peso de la muestra SSS (4-2)	g	487.91	485.67	483.04
A = Peso de la muestra secada al horno	g	475.72	474.3	472.1
Porcentaje de absorción (%)	%	2.6	2.4	2.3
Promedio	%		2.4	

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## Peso específico y absorción del agregado grueso NTP 400.021 / ASTM C127

**Tabla 77:** *Peso específico del agregado grueso*

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
B =Peso de la muestra SSS	g	500.59	500.63	500.21
C = Peso de la muestra SSS en el agua	g	306.00	312.00	309.00
Peso de bandeja	g	93.62	88.16	89.25
Peso de bandeja + Muestra seca	g	583.86	583.06	577.52
A = Peso de la muestra secada en el horno	g	490.24	494.90	488.27
Peso específico de masa SSS	kg/m <sup>3</sup>	2572.54	2654.03	2616.02
Peso específico aparente	kg/m <sup>3</sup>	2101.27	2151.04	2150.75
Peso específico de masa	kg/m <sup>3</sup>	2519	2624	2554
Promedio del peso específico de masa	kg/m <sup>3</sup>		2566	

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Tabla 78:** *Porcentaje de absorción del agregado grueso*

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA		
		M-1	M-2	M-3
B =Peso de la muestra SSS	kg	500.59	500.63	500.21
A = Peso de la muestra secada en el horno	kg	490.24	489.43	488.27
Porcentaje de absorción (%)	%	2.1	2.3	2.4
Promedio	%		2.3	

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### B. Diseño de mezcla de concreto autocompactante

Datos:

- Cemento Tipo I Pacasmayo
- $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- Slump 3 – 4"

Caracterización de los agregados:

- Las características de los agregados finos y gruesos aparecen en la tabla siguiente.

**Tabla 79:** Características de los agregados

Caracterización	Agregado Fino	Agregado Grueso
MF	2.4	6.1
TM	-	1/2"
TMN	-	3/8"
% Humedad	0.5	0.4
% Absorción	2.4	2.3
Peso específico de masa PeM (kg/m <sup>3</sup> )	2639	2566
Peso unitario seco suelto PUSS( kg/m <sup>3</sup> )	1700	1406
Peso unitario seco compactado PUSC (kg/m <sup>3</sup> )	1853	1554

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

Concreto convencional:

- En primera instancia optamos por el diseño de mezcla siguiendo los lineamientos ACI 211.

**Tabla 80:** Cantidades y proporciones de concreto convencional

Material	Unidad	Cantidad	%
Cemento Tipo I	kg/m <sup>3</sup>	483	21
Agua	l/m <sup>3</sup>	254	11
Agregado Fino	kg/m <sup>3</sup>	761	33
Agregado Grueso	kg/m <sup>3</sup>	780	34
R a/c = 0.53	Total =	2219	kg/m <sup>3</sup>

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

Concreto autocompactante:

- A partir del diseño ACI 211, se lleva a parámetros estipulados por el GPE 2006.

**Tabla 81:** *Cantidades y proporciones de concreto autocompactante*

Componentes / material	Cantidad por masa (kg/m <sup>3</sup> )	Cantidad por volumen (l/m <sup>3</sup> )	Rango típico por masa (kg/m <sup>3</sup> )	Rango típico por volumen (litros/m <sup>3</sup> )
Finos (kg/m <sup>3</sup> )	483	-	380 - 600	-
Pasta (L/m <sup>3</sup> )	-	327	-	300 - 380
Agua de diseño (L/m <sup>3</sup> )	180	170	150 - 210	150 - 210
Árido Grueso (kg/m <sup>3</sup> )	780	304	750 - 1000	270 - 360
Árido Fino (Arena)	761	AG	El volumen del árido fino es usualmente un 45 - 55% del peso total de los áridos en dosificaciones equilibradas	
		+ 1541		
		AF		
		45% 693		
		55% 847		
Relación agua / finos por volumen	1.10	-	-	0.85 - 1.10
TOTAL	2204			

## ANEXO N°01: FICHA TECNICA CEMENTO PORTLAND TIPO I

 <b>Pacasmayo</b>	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA CEMENTO TIPO I</b>	 <b>P-CC-EST-08</b> Versión 19 / 03 de setiembre de 2018 Página 1/1
	Control de Calidad	

**Descripción:** El Cemento Pórtland TIPO I es un producto que se obtiene mediante la pulverización conjunta de clinker, yeso y en ocasiones caliza en pequeñas proporciones. El clinker es un mineral artificial y esta compuesto esencialmente de silicatos de calcio producidos a partir de materiales calcáreos y correctores de sílice, alúmina y hierro en un proceso efectuado a temperaturas cercanas a los 1450°C. Este tipo de cemento sigue los requisitos de la Norma Técnica Peruana 334.009 y de la ASTM C 150. Es un cemento de uso general, para proyectos que no requieran propiedades especiales.

Ensayos	Requisitos			Normas de Referencia	Normas de Ensayo
<b>REQUERIMIENTOS QUIMICOS</b>					
<b>MgO</b>	Máximo	6.0	%	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C114 NTP 334.086
<b>SO<sub>3</sub></b>	Máximo	3.0	%	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C114 NTP 334.086
<b>Pérdida por Ignición</b>	Máximo	3.5	%	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C114 NTP 334.086
<b>Residuo insoluble</b>	Máximo	1.5	%	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C114 NTP 334.086
<b>REQUERIMIENTOS FISICOS</b>					
<b>Contenido de Aire</b>	Máximo	12	%	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C185 NTP 334.048
<b>Finura, Superficie Específica</b>	Mínimo	2,600	cm <sup>2</sup> /g	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C 204 NTP 334.002
<b>Expansión en autoclave</b>	Máximo	0.80	%	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C 151 NTP 334.004
<b>Resistencia a la Compresión</b>					
a) Resistencia compresión a 1 día (*)	Mínimo	12.0 (1,740)	MPa (psi)	n / a	ASTM C 109 NTP 334.051
b) Resistencia compresión a 3 días	Mínimo	12.0 (1,740)	MPa (psi)	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C 109 NTP 334.051
c) Resistencia compresión a 7 días	Mínimo	19.0 (2,760)	MPa (psi)	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C 109 NTP 334.051
d) Resistencia compresión a 28 días	Mínimo	28.0 (4,060)	MPa (psi)	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C 109 NTP 334.051
<b>Tiempo de Fraguado Vicat</b>					
a) Fraguado Inicial	Mínimo	45	minutos	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C 191 NTP 334.006
b) Fraguado Final	Máximo	375	minutos	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C 191 NTP 334.006
<b>REQUERIMIENTOS DE PESOS NETOS</b>					
<b>Peso unitario (Neto)</b>	Mínimo	41.65	kg	ASTM C 150 NTP 334.009	n / a
<b>Peso promedio por lotes ≥ 50 bolsas (Neto)</b>	Mínimo	42.50	kg	ASTM C 150 NTP 334.009	n / a

<b>Generado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Ing. Víctor Milla Analista de Aseguramiento de la Calidad	Ing. Gabriel Mansilla Superintendente de Aseguramiento de la Calidad e Investigación y Desarrollo	Ing. Hugo Villanueva Castillo Gerente Central de Operaciones

(\*) Requisito interno impuesto por la compañía.

## ANEXO N°02: FICHA TECNICA SIKA VISCOCRETE SC-60



# HOJA TÉCNICA

## Sika® ViscoCrete® SC-60

Aditivo súper-plastificante de alto desempeño y retenedor de trabajabilidad para concreto.

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® ViscoCrete® SC-60 es un aditivo para concreto lanzado, concreto convencional y mortero específicamente desarrollado para incrementar el tiempo de trabajabilidad. Está diseñado para producir concretos que necesitan mantener la fluidez por varias horas.

No contiene cloruros.

### USOS

Sika® ViscoCrete® SC-60 puede usarse para:

- Transporte del concreto y mortero a lo largo de grandes distancias.
- Procesos constructivos que requieran mucho tiempo para la colocación y compactación del concreto.
- Para concretos y morteros a suministrarse en obras ubicadas en lugares remotos o de elevado congestionamiento de tránsito.
- Transporte y colocación del concreto y mortero en condiciones medio ambiental es muy rigurosas, baja humedad relativa, muy alta velocidad de viento y temperaturas extremas en el concreto.
- Para elevar la permanencia del concreto y mortero en tuberías y cañerías durante el bombeo.

### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

El Sika® ViscoCrete® SC-60 es un aditivo que basa su accionar en una combinación de efectos: eléctricos, de adsorción y de repulsión estática, de tal manera que las partículas sólidas son efectivamente dispersadas y un alto nivel de fluidificación puede mantenerse en el tiempo con menor contenido de agua.

- Es un reductor de agua de alto rango por lo que no es necesario utilizar fluidificantes adicionales.
- El uso de Sika ViscoCrete® SC-60 permite la producción de concretos y morteros de alto desempeño.
- Efectividad en concretos y morteros con un amplio rango de relaciones agua/cemento (a/c) y temperaturas.
- Provee concretos y morteros de mayor estabilidad y tiempo de trabajabilidad que aquellos elaborados con dispersantes y reductores de agua convencionales.
- Compatibilidad con otros aditivos Sika.
- Retiene la trabajabilidad por más tiempo manteniendo el desarrollo de las resistencias iniciales.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se puede aplicar a cementos de alta reactividad, los cuales pueden conducir a una elevada rigidez inicial.</li> <li>No es necesario recurrir a un acelerante para activar la hidratación ya que no modifica sustancialmente el desarrollo del fraguado (una vez que pasa el efecto de retención de trabajabilidad).</li> </ul>
<b>NORMAS</b>	<b>ESTÁNDARES</b> Cumple con la Norma ASTM C 494 Tipo F y ASTM C 1017.
<b>DATOS BÁSICOS</b>	
<b>FORMA</b>	<b>COLORES</b> Gris a gris oscuro <b>PRESENTACIÓN</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cilindro x 200 L</li> <li>Dispenser x 1,000 L</li> <li>Granel x 1 L</li> </ul>
<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL</b> 1 año en su envase original bien cerrado y bajo techo.
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<b>DENSIDAD</b> 1,09 +/- 0,01 Kg/L
<b>Información del Sistema</b>	
<b>DETALLES DE APLICACIÓN</b>	<b>CONSUMO / DOSIS</b> Para aplicaciones típicas 0.5% al 2.0% del peso del material cementante.
<b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b>	<b>MODO DE EMPLEO</b> Sika® ViscoCrete® SC-60 se añade en el agua de mezcla o sobre la masa del concreto. Para asegurar la máxima eficacia se recomienda ampliar el tiempo de mezclado medio minuto más por cada metro cúbico de concreto. Sika® ViscoCrete® SC-60 puede usarse en sinergia con otros aditivos Sika, se recomienda apoyarse en el equipo técnico Sika. No debe agregarse al cemento seco. <b>PRECAUCIONES</b> Limpie todas las herramientas y equipos de aplicación con agua inmediatamente después de su uso. Los datos técnicos indicados en esta hoja técnica están basados en ensayos de laboratorio. Los datos reales pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.
<b>BASES</b>	Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.
<b>RESTRICCIONES LOCALES</b>	Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

**INFORMACIÓN DE SEGURIDAD E  
HIGIENE**

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

**NOTAS LEGALES**

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe).

**PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sika® ViscoCrete® SC-60 :**

**1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS**



**2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL**



Sika Perú S.A.  
Concrete  
Centro Industrial "Las Praderas  
de Lurín S/N - Mz "B" Lote 5 y  
6, Lurín  
Lima  
Perú  
[www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)

Hoja Técnica  
Sika® ViscoCrete® SC-60  
10.03.16, Edición 1

Versión elaborada por: Sika Perú S.A.  
CG, Departamento Técnico  
Telf: 618-6060  
Fax: 618-6070  
Mail: [informacion@pe.sika.com](mailto:informacion@pe.sika.com)



## ANEXO N°03: FICHA TECNICA EUCO NEOPLAST 8500HP



una empresa  QUICORP



# NEOPLAST 8500 HP®

## ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO Y SUPERPLASTIFICANTE SIN RETARDO

### DESCRIPCIÓN

NEOPLAST 8500 HP es un aditivo para concreto especialmente desarrollado para incrementar el tiempo de trabajabilidad, reductor de agua de alto rango sin retardo y optimizador de cemento en mezclas de concreto, está diseñado para ser empleado en climas cálidos y fríos.

### APLICACIONES PRINCIPALES

- Concreto autocompactados.
- Concreto de baja relaciones agua/cemento.
- Concreto de alta resistencia.
- Concreto fluido de alto asentamiento.
- Concreto reforzado.

### BENEFICIOS

- Produce concreto fluidos sin retardo.
- Permite que el concreto o mortero sea transportado a largas distancias.
- Reduce más de 45% del agua de amasado.
- Reduce la segregación y exudación en el concreto plástico.
- Reduce las fisuras y permeabilidad en el concreto endurecido.

### INFORMACIÓN TÉCNICA

Densidad : 1.10 kg/L  
Color : Ámbar oscuro  
Apariencia : Líquido

### ESPECIFICACIONES /NORMA

El NEOPLAST 8500 HP cumple con la clasificación de la norma NTP 334.088 y ASTM C-494, Tipo F. (\*)

SUPERPLASTIFICANTE DE ALTO DESEMPEÑO



una empresa QUICORP



SUPERPLASTIFICANTE DE ALTO DESEMPEÑO

## NEOPLAST 8500 HP®

### ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO Y SUPERPLASTIFICANTE SIN RETARDO

#### INSTRUCCIONES DE USO

NEOPLAST 8500 HP se presenta listo para su uso y debe incorporarse a la mezcla cuando ésta se encuentra húmeda dentro del mezclador, ya sea en la planta o en la obra. Agregue NEOPLAST 8500 HP al agua restante del amasado de la mezcla o directamente. No debe entrar en contacto directo con el cemento seco.

Las variaciones en la pérdida de asentamiento y fraguado están en función a la cantidad usada del aditivo, característica del cemento y el diseño de mezcla elegido.

#### DOSIFICACIÓN

El NEOPLAST 8500 HP es recomendado usar a una dosificación 0.2– 2.0% por peso del cemento. Se recomienda hacer ensayos previos para establecer la dosis según los requerimientos establecidos en obra.

#### PRESENTACIÓN

- Tanques 1100 kg
- Cilindro 180 kg
- Balde 20 kg

#### PRECAUCIONES / RESTRICCIONES

- Se debe proteger el NEOPLAST 8500 HP contra el congelamiento. Nunca agite con aire.
- Los cambios en los tipos de cemento, agregados y temperatura modifican el desempeño de los aditivos en la mezcla de concreto, variando resultados en el concreto fresco y endurecido.
- No es compatible con los aditivos base naftalenos.
- Se debe consultar con nuestros Asesores Técnicos cada vez que se tenga dudas respecto al uso del producto. De esta manera, podrá definir la solución que ofrezca un mejor costo-beneficio a nuestro cliente.
- EL producto debe almacenarse en su envase original, bien cerrado, bajo techo, en un lugar fresco y seco.  
(\* ) NEOPLAST 8500 HP clasifica la norma en la dosis de 0.5%.

#### MANEJO Y ALMACENAMIENTO

NEOPLAST 8500 HP debe almacenarse en su envase original herméticamente cerrado y bajo techo.

Vida útil de almacenamiento: 12 meses.

**ANEXO N°04: DIRECTRICES EUROPEAS PARA CONCRETO  
AUTOCOMPACTANTE, GPE 2006**



**Directrices Europeas  
para  
el Hormigón Autocompactante  
Especificaciones, Producción y Uso**



**Febrero 2006**

**ANEXO N°05: ESPECIFICACIONES Y DIRECTRICES CONCRETO  
AUTOCOMPACTANTE – EFNARC 2002**

---



**EFNARC**  
*"achieving the highest standards"*

Especificaciones y directrices  
para el  
**Hormigón autocompactable - HAC**

**Febrero de 2002**

EFNARC, Association House, 99 West Street, Farnham, Surrey GU9 7EN, UK

Tel.: +44 (0)12525 739147 Fax: +44 (0)1252 739140 [www.efnarc.org](http://www.efnarc.org)

**ANEXO N°06: NTG 41017, CAPACIDAD DE PASO DEL CONCRETO  
AUTOCOMPACTANTE UTILIZANDO EL METODO DEL ANILLO J**

**NORMA  
TÉCNICA  
GUATEMALTECA**

**NTG 41017 h30**

---

**Título**

Método de ensayo. Determinación de la habilidad de paso del concreto autocompactable (CAC) utilizando el método del Anillo-J.

**Correspondencia**

Esta norma es esencialmente equivalente a la norma ASTM C1621/C1621M-14 en la cual está basada, incluye la designación propia de las normas guatemaltecas.

---

**Observaciones**

Aprobada: 2015-11-08



Comisión Guatemalteca de Normas  
Ministerio de Economía

Calzada Atanasio Tzul 27-32 zona 12  
Tel (502) 2447 2600  
Info-coguanor@dsnc.gt  
<http://www.mineco.gob.gt>

Referencia  
ICS 91.100.30

**ANEXO N°07: NTG 41017, RESISTENCIA A LA SEGREGACION DEL  
CONCRETO AUTOCOMPACTANTE UTILIZANDO LA COLUMNA DE  
SEGREGACION**

NORMA  
TÉCNICA  
GUATEMALTECA

NTG 41017 h29

---

Titulo

Método de ensayo. Segregación estática del concreto autocompactable utilizando la técnica de la columna.

Correspondencia

Esta norma es esencialmente equivalente a la norma ASTM C1610/C1610M-14 en la cual está basada, incluye la designación propia de las normas guatemaltecas.

---

Observaciones

Aprobada: 2015-11-06



Comisión Guatemalteca de Normas  
Ministerio de Economía

Calzada Atanasio Tzul 27-32 zona 12  
Tel (502) 2447 2600  
Info-coguanor@dsnc.gt  
<http://www.mineco.gob.gt>

Referencia  
ICS 91.100.30

## ANEXO N°08: DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, MEDIANTE LOS LINEAMIENTOS DEL GPE 2006

Para esta investigación se elaboró un concreto autocompactante, para ello primero se procedió a seguir los parámetros dados por el ACI 211; una vez obtenido el diseño de concreto convencional se traslada este mismo a los lineamientos que nos proporciona el Grupo de Proyecto Europeo, 2006.

**Paso 1:** Se selecciona la resistencia de diseño  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

**Tabla 82:** Factor de seguridad  $f'cr$

$f'c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	$f'cr \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
<210	$f'cr + 70$
210 a 350	$f'cr + 84$
>350	$f'cr + 98$

**Fuente:** Elaboración propia ACI (2017)

$$210 \text{ kg/cm}^2 \leq f'c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'cr = f'c + 84 \text{ kg/cm}^2 = 280 \text{ kg/cm}^2 + 84 \text{ kg/cm}^2 = 364 \text{ kg/cm}^2$$

**Paso 2:** Obtenido el  $f'cr$  se determina la relación a/c

**Tabla 83:** Relación agua/cemento

Resistencia a la compresión a 28 días (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento (por peso)
	Concreto sin aire incorporado
450	0.38
400	0.43
350	0.48
300	0.55
250	0.62
200	0.70
150	0.80

**Fuente:** Elaboración propia ACI (2017)

$$R_{a/c} = \left[ \left( \frac{400-364}{400-350} \right) \times (0.43 - 0.48) \right] - 0.43 = 0.466$$

**Paso 3:** Se selecciona el asentamiento requerido de acuerdo a los valores brindados por el ACI 211.

**Tabla 84:** *Slump requerido para el tipo de estructura*

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

**Fuente:** Elaboración propia ACI (2017)

**Paso 4:** Una vez seleccionado el Slump Max de 3" y con el Tamaño Máximo Nominal (TMN) 3/8" se procede a elegir la cantidad de agua y el porcentaje de aire atrapado.

**Tabla 85:** *Cantidad aproximada de agua L/m<sup>3</sup>*

Agua en L/m <sup>3</sup> para los diferentes TMN de agregado grueso y consistencia indicada								
Slump (pulg)	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
De 1 a 2	205	200	185	180	160	155	145	125
De 3 a 4	225	215	200	195	175	170	160	140
De 6 a 7	240	230	210	205	185	180	170	-
% Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

**Fuente:** Elaboración propia ACI (2017)

$$TMN = 3/8"$$

$$Asentamiento = 3" a 4"$$

$$Agua = 225lt/m^3$$

$$Aire atrapado = 3\%$$

**Paso 5:** Calculo de la cantidad de cemento.

$$\text{Peso del cemento} = \frac{\text{Cantidad de agua}}{\text{relacion a/c}} = \frac{225}{0.466} = 482.3 \text{ kg}$$

$$\text{Volumen}_{\text{cemento}} = \frac{\text{cantidad de cemento}}{\gamma. \text{espf. del cemento}} = \frac{482.3 \text{ kg}}{3.11 \times 1000 \text{ kg/m}^3} = 0.155 \text{ m}^3$$

**Paso 6:** Se procede a calcular el volumen en  $\text{m}^3$  de agregado grueso según el módulo de finura del agregado fino MF 2.4 y el Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso es de 3/8".

**Tabla 86:** *Volumen del agregado grueso*

TMN Agregado Grueso	Volumen de agregado grueso en seco, por unidad de volumen de concreto para diferentes módulos de finura de la arena			
Pulg.	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.8	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

**Fuente:** Elaboración propia ACI (2017)

$$\text{factor} = 0.5$$

$$\text{PUSC AG} = 1554 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{PeM AG} = 2566 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Cantidad del AG} = \text{PUSC AG} \times \text{factor}$$

$$\text{Cantidad del AG} = 1554 \text{ kg/m}^3 \times 0.5$$

$$\text{Cantidad del AG} = 776.77 \text{ kg}$$

$$Volumen_{Agregado\ Grueso} = \frac{\text{Cantidad del AG}}{\text{peso espf. del AG}} = \frac{776.77\text{kg}}{2566\text{ kg/m}^3} = 0.303\text{ m}^3$$

**Paso 7:** Calculo de la cantidad y volumen del agregado fino

$$Volumen_{Agregado\ Fino} = 1 - \sum (V_{AG} + V_C + V_{agua} + V_{aire})$$

$$Volumen_{Agregado\ Fino} = 1 - (0.303\text{m}^3 + 0.155\text{m}^3 + 0.225\text{m}^3 + 0.030\text{m}^3) = 0.287\text{m}^3$$

$$PeM\ AF = 2639\text{ kg/m}^3$$

$$\text{Cantidad del AF} = \text{peso espf. del AF} \times Volumen_{Agregado\ Fino}$$

$$\text{Cantidad del AF} = 2639\text{ kg/m}^3 \times 0.287\text{ m}^3 = 757.23\text{ kg}$$

**Paso 8:** Se corrige el peso de los agregados por humedad (%W)

$$\text{Correccion por humedad} = \text{Peso Seco} \times (\%W/100 + 1)$$

$$\text{Agregado Grueso} = 776.77 \times (0.4/100 + 1) = 779.9\text{ kg}$$

$$\text{Agregado Fino} = 757.23 \times (0.5/100 + 1) = 760.9\text{ kg}$$

**Paso 9:** Se corrige el agua de amasado por humedad(%W) y absorción (%A)

$$\text{Adición de agua} = (\%A - \%W)/100) \times \text{Peso seco}$$

$$\text{Adición de agua AG} = \frac{(2.3 - 0.4)}{100} \times 776.77 = 14.61\text{ lt}$$

$$\text{Adición de agua AF} = \frac{(2.4 - 0.5)}{100} \times 757.23 = 14.73\text{ lt}$$

$$\text{Aporte de agua} = 225 + (14.61 + 14.73)$$

$$\text{Aporte de agua} = 254.03\text{ lt}$$

**Paso 10:** Valores corregidos para diseño de mezcla de un concreto convencional.

**Tabla 87:** *Cantidades de un concreto convencional*

Material	Unidad	Cantidad	%
Cemento Tipo I	kg/m <sup>3</sup>	483	21
Agua	l/m <sup>3</sup>	254	11
Agregado Fino	kg/m <sup>3</sup>	761	33
Agregado Grueso	kg/m <sup>3</sup>	780	34
R a/c = 0.53	Total =	2219	kg/m <sup>3</sup>

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Tabla 88:** *Proporciones en diferentes unidades de medida de un concreto convencional (1m<sup>3</sup>=35.31ft<sup>3</sup>)*

Material	PUS kg/m <sup>3</sup>	Cantidad kg/m <sup>3</sup>	1 balde 20 L (kg)	N° bolsa y baldes	Para 28 L 1 trompo (kg)	Para 28 L. 1 trompo volumen	Volumen (m <sup>3</sup> )	1bolsa de cemento m <sup>3</sup>	Volumen (ft <sup>3</sup> )	1bolsa de cemento ft <sup>3</sup>
Cemento	3110	483		11.36	13.524	0.32	0.155	1.000	5.484	1.000
Agregado Grueso	1406	780	28.11	27.75	21.840	0.78	0.555	3.573	19.595	3.573
Agregado Fino	1700	761	34.00	22.39	21.308	0.63	0.448	2.883	15.809	2.883
Agua	1000	254	20.00	12.72	7.122	0.36	0.254	1.638	8.981	1.638

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Paso 11:** Por último, el diseño ACI 211 se lleva a los lineamientos del Grupo de Proyecto Europeo para obtener diseño de mezcla de un concreto autocompactante.

**Tabla 89:** Cantidades y proporciones de concreto autocompactante

Componentes / material	Cantidad por masa (kg/m <sup>3</sup> )	Cantidad por volumen (l/m <sup>3</sup> )	Rango típico por masa (kg/m <sup>3</sup> )	Rango típico por volumen (litros/m <sup>3</sup> )
Finos (kg/m <sup>3</sup> )	483	-	380 - 600	-
Pasta (L/m <sup>3</sup> )	-	327	-	300 - 380
Agua de diseño (L/m <sup>3</sup> )	180	170	150 - 210	150 - 210
Árido Grueso (kg/m <sup>3</sup> )	780	304	750 - 1000	270 - 360
Árido Fino (Arena)	761	AG	El volumen del árido fino es usualmente un 45 - 55% del peso total de los áridos en dosificaciones equilibradas	
		+ 1541		
		AF		
		45% 693		
		55% 847		
Relación agua / finos por volumen	1.10	-	-	0.85 - 1.10
TOTAL	2204			

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

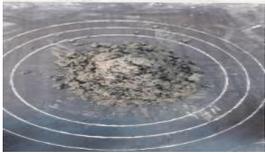
**Tabla 90:** Proporciones en diferentes unidades de medida de un concreto autocompactante ( $1m^3=35.31ft^3$ )

Material	PUS kg/m <sup>3</sup>	Cantidad kg/m <sup>3</sup>	1 balde 20 L (kg)	N° bolsa y baldes	Para 28 L 1 trompo (kg)	Para 28 L. 1 trompo volumen	Volumen (m <sup>3</sup> )	1bolsa de cemento m <sup>3</sup>	Volumen (ft <sup>3</sup> )	1bolsa de cemento ft <sup>3</sup>
Cemento	3110	483		11.36	13.524	0.32	0.155	1.000	5.484	1.000
Agregado Grueso	1406	780	28.11	27.75	21.840	0.78	0.555	3.573	19.595	3.573
Agregado Fino	1700	761	34.00	22.39	21.308	0.63	0.448	2.883	15.809	2.883
Agua	1000	180	20.00	9.00	5.040	0.25	0.180	1.159	6.356	1.159

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## ANEXO N° 09: ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EUCO CAPACIDAD DE LLENADO - EXTENSION DE FLUJO

### CAPACIDAD DE LLENADO EUCO - ENSAYO DEL ESCURRIMIENTO (mm)

Identificación	M1		M2		M3		Asentamiento promedio (mm)	Halo (mm)	Observación	Clase	Anexo
	d1	d2	d1	d2	d1	d2					
<b>0.15</b>	300	295	310	280	305	290	292	No presenta	No es trabajable, no cae SLUM 0.3"	-	
	d3	d4	d3	d4	d3	d4					
	290	285	270	290	290	300					
	293	288	296								
<b>0.30</b>	d1	d2	d1	d2	d1	d2	309	No Presenta	No es trabajable, no cae SLUM 2"	-	
	305	310	320	310	315	300					
	d3	d4	d3	d4	d3	d4					
	295	315	300	310	310	320					
	306	310	311								
<b>0.45</b>	d1	d2	d1	d2	d1	d2	575	No presenta	Trabajable (VSI 0)	SF1	
	573	570	585	575	585	575					
	d3	d4	d3	d4	d3	d4					
	580	566	576	570	570	573					
	572	577	576								
<b>0.60</b>	d1	d2	d1	d2	d1	d2	714	No presenta	Trabajable (VSI 1)	SF2	
	704	715	713	705	720	727					
	d3	d4	d3	d4	d3	d4					
	720	710	710	699	715	728					
	712	707	723								
<b>0.75</b>	d1	d2	d1	d2	d1	d2	792	25	Se seca rápido se endurece (VSI 3)	SF3	
	805	785	790	793	788	800		20			
	d3	d4	d3	d4	d3	d4		25			
	795	790	785	800	790	785		23.3			
	794	792	791								
<b>0.90</b>	d1	d2	d1	d2	d1	d2	800	45	Se seca rápido se endurece (VSI 3)	SF3	
	805	810	793	808	798	805		40			
	d3	d4	d3	d4	d3	d4		45			
	798	790	802	810	790	785		43.3			
	801	803	795								

## ANEXO N° 10: ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EUCO VISCOSIDAD - T500 y EMBUDO V

### VISCOCIDAD EUCO - T500 (s)

Identificación Adición (%)	T500(s)			Promedio (s)	Clase
	M-1	M-2	M-3		
0.15	-	-	-	-	-
0.30	-	-	-	-	-
0.45	3.9	3.7	4.0	3.9	VS2
0.60	2.9	3.0	3.0	3.0	VS2
0.75	2.4	2.2	2.6	2.4	VS2
0.90	1.9	2.0	1.9	1.9	VS2

### VISCOCIDAD EUCO - ENSAYO DEL ENVUDO EN V

Identificación Adición (%)	Tiempo de flujo (s)			Promedio (s)	Clase
	M-1	M-2	M-3		
0.15	-	-	-	-	-
0.30	-	-	-	-	-
0.45	17.3	18.2	17.8	17.8	VF2
0.60	11.5	11.7	12.6	11.9	VF2
0.75	10.7	9.5	9.2	9.8	VF2
0.90	6.6	6.3	7.4	6.8	VF1

## ANEXO N° 11: ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EUCO CAPACIDAD DE PASO – CAJA L

### CAPACIDAD DE PASO EUCO - METODO DE LA CAJA EN L ( 3 BARRAS)

Identificación Adición (%)	T20 (s)	T40 (s)	H1 (cm)	H2 (cm)	PA=H2/H1	PA	Clase
0.15	M-1	-	-	-	-		
	M-2	-	-	-	-		
	M-3	-	-	-	-		
	Promedio	-	-	-	-		
0.30	M-1	-	-	-	-		
	M-2	-	-	-	-		
	M-3	-	-	-	-		
	Promedio	-	-	-	-		
0.45	M-1	2.81	9.88	21.22	3.45	0.16	
	M-2	3.47	10.34	18.45	4.80	0.26	0.21
	M-3	2.55	9.21	20.30	4.25	0.21	PA 2
	Promedio	2.94	9.81	19.99	4.17	0.21	
0.60	M-1	1.98	5.52	11.70	9.00	0.77	
	M-2	1.72	4.87	11.35	9.30	0.82	0.81
	M-3	2.13	5.86	11.20	9.40	0.84	PA 2
	Promedio	1.94	5.42	11.42	9.23	0.81	
0.75	M-1	1.35	1.88	9.85	9.30	0.94	
	M-2	0.98	1.55	9.80	9.40	0.96	0.95
	M-3	1.12	1.67	9.90	9.40	0.95	PA 2
	Promedio	1.15	1.70	9.85	9.37	0.95	
0.90	M-1	0.81	1.68	9.45	9.40	0.99	
	M-2	0.71	1.68	9.60	9.40	0.98	0.98
	M-3	0.65	1.55	9.70	9.50	0.98	PA 2
	Promedio	0.72	1.64	9.58	9.43	0.98	

## ANEXO N° 12: ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EUCO CAPACIDAD DE PASO – ANILLO JAPONES

<u>CAPACIDAD DE PASO EUCO - ENSAYO DE ANILLO JAPONES</u>							<u>CAPACIDAD DE LLENADO EUCO - ENSAYO DEL ESCURRIMIENTO (mm)</u>			
Identificación	M-1		M-2		M-3		Promedio (mm)	Promedio (mm)	Variación con flujo anillo J	Evaluación de bloqueo (ASTM C1621)
Adición (%)	d1	d2	d1	d2	d1	d2				
0.15	290	285	290	285	290	290	288	292	4	No visible
	288		288		290					
0.30	305	300	300	315	310	295	304	309	5	No visible
	303		308		303					
0.45	560	570	555	560	555	560	560	575	15	No visible
	565		558		558					
0.60	690	695	690	700	695	690	693	714	21	No visible
	693		695		693					
0.75	750	755	740	755	760	755	753	792	40	Mínimo a notable
	753		748		758					
0.90	750	760	770	750	760	755	758	800	42	Mínimo a notable
	755		760		758					

## ANEXO N° 13: ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EUCO RESIETENCIA A LA SEGREGACION – TAMIZ GTM

### RESISTENCIA A LA SEGREGACION - SEGREGACION EN TAMIZ

Identificación		Bandeja (kg)	Segregación (kg)	Malla (kg)	Muestra (kg)	Wps (kg)	Wp (kg)	Wc (kg)	SR	SR %	CLASE
Adición (%)	Muestra										
0.15	M -1	0.922	0.000	3.290	4.800	4.212	4.212	9.012	0.0	-	-
	M -2	0.922	0.000	3.290	4.800	4.212	4.212	9.012	0.0		
	M -3	0.922	0.000	3.290	4.800	4.212	4.212	9.012	0.0		
	Promedio										
0.30	M -1	0.922	0.000	3.290	4.800	4.212	4.212	9.012	0.0	-	-
	M -2	0.922	0.000	3.290	4.800	4.212	4.212	9.012	0.0		
	M -3	0.922	0.000	3.290	4.800	4.212	4.212	9.012	0.0		
	Promedio										
0.45	M -1	0.922	0.295	3.290	4.800	1.217	0.922	7.795	0.7	0.7	SR2
	M -2	0.922	0.260	3.290	4.800	1.182	0.922	7.830	0.6		
	M -3	0.922	0.275	3.290	4.800	1.197	0.922	7.815	0.7		
	Promedio										
0.60	M -1	0.922	0.416	3.290	4.800	1.34	0.922	7.67	0.8	0.8	SR2
	M -2	0.922	0.402	3.290	4.800	1.32	0.922	7.69	0.8		
	M -3	0.922	0.433	3.290	4.800	1.36	0.922	7.66	0.8		
	Promedio										
0.75	M -1	0.922	0.745	3.290	4.800	1.67	0.92	7.345	1.1	1.1	SR2
	M -2	0.922	0.782	3.290	4.800	1.70	0.92	7.308	1.1		
	M -3	0.922	0.734	3.290	4.800	1.66	0.92	7.356	1.1		
	Promedio										
0.90	M -1	0.922	1.110	3.290	4.800	2.03	0.92	6.98	1.4	1.3	SR2
	M -2	0.922	0.985	3.290	4.800	1.91	0.92	7.11	1.3		
	M -3	0.922	0.974	3.290	4.800	1.90	0.92	7.12	1.3		
	Promedio										

**ANEXO N° 14: ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE  
EUCO RESIETENCIA SEGREGACION – COLUMNA DE SEGREGACION**

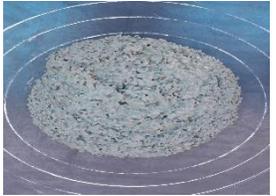
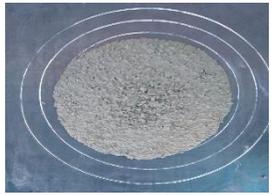
**RESISTENCIA A LA SEGREGACION - COLUMNA DE SEGREGACION**

Identificación		CAB masa inferior de la columna	CAT masa superior de la columna	Porcentaje de segregación (%)	SR2 ≤ 15	15 < SR1 ≤ 20	Clase
Adición (%)	Muestra						
0.00	M-1	-	-	-	15.00	20.00	-
0.15	M -1	-	-	-	15.000	20.000	-
0.30	M -1	-	-	-	15.000	20.000	-
0.45	M -1	3.375	3.322	1.6	15.000	20.000	SR2
0.60	M -1	3.431	3.012	13.0	15.000	20.000	SR2
0.75	M -1	3.597	2.962	19.4	15.000	20.000	SR1
0.90	M -1	3.680	2.789	27.5	15.000	20.000	SR1

## ANEXO N° 15: ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE SIKA CAPACIDAD DE LLENADO - EXTENSION DE FLUJO

### CAPACIDAD DE LLENADO SIKA - ENSAYO DE ESCURRIMIENTO

Identificación Adición (%)	M1		M2		M3		Promedio (mm)	Halo (mm)	Observación	Clase	Anexo
	d1	d2	d1	d2	d1	d2					
0.15	300	305	310	280	290	300	295	No presenta	No es trabajable, no cae	-	
	d3	d4	d3	d4	d3	d4					
	295	300	270	300	285	300					
	300		290		294						
0.30	d1	d2	d1	d2	d1	d2	320	No presenta	No es trabajable, no cae	-	
	310	320	320	325	320	325					
	d3	d4	d3	d4	d3	d4					
	330	315	330	310	330	310					
	319		321		321						
0.45	d1	d2	d1	d2	d1	d2	329	No presenta	No es trabajable, no cae SLUM 0.55"	-	
	338	320	330	325	335	328					
	d3	d4	d3	d4	d3	d4					
	330	325	330	335	333	317					
	328		330		328						
0.60	d1	d2	d1	d2	d1	d2	335	No presenta	No es trabajable, no cae SLUM 0.6"	-	
	340	335	335	345	337	325					
	d3	d4	d3	d4	d3	d4					
	330	325	335	340	340	335					
	333		339		334						
0.75	d1	d2	d1	d2	d1	d2	345	No presenta	No es trabajable, no cae SLUM 0.75"	-	
	340	345	345	340	337	345					
	d3	d4	d3	d4	d3	d4					
	349	355	343	345	345	350					
	347		343								
0.90	d1	d2	d1	d2	d1	d2	354	No presenta	No es trabajable, no cae SLUM 1.2"	-	
	355	360	350	370	340	360					
	d3	d4	d3	d4	d3	d4					
	350	355	358	350	355	350					
	355		357		351						
1.05	d1	d2	d1	d2	d1	d2	370			-	

	370	369	364	380	370	367						
	d3	d4	d3	d4	d3	d4		No presenta	No es trabajable, no cae SLUM 2"			
	355	375	375	365	370	377						
	367	371	371	371	371	377						
	d1	d2	d1	d2	d1	d2						
1.20	370	398	390	393	370	387	390	No presenta	No es trabajable, no cae SLUM 2.6"	-		
	d3	d4	d3	d4	d3	d4						
	410	400	375	390	415	380						
	395	387	388	388	388	380						
	d1	d2	d1	d2	d1	d2						
1.35	412	419	400	405	405	415	407	No presenta	No es trabajable, no cae SLUM 5.5" (VSI 0)	-		
	d3	d4	d3	d4	d3	d4						
	400	405	415	405	418	390						
	409	406	407	407	407	390						
	d1	d2	d1	d2	d1	d2						
1.50	500	480	455	440	410	400	452	No presenta	Trabajable <550 (VSI 0)	-		
	d3	d4	d3	d4	d3	d4						
	490	495	457	455	425	415						
	491	452	413	413	413	415						
	d1	d2	d1	d2	d1	d2						
1.65	552	545	550	560	560	548	552	No presenta	Trabajable (VSI 0)	SF1		
	d3	d4	d3	d4	d3	d4						
	535	565	545	570	540	555						
	549	556	551	551	551	555						
	d1	d2	d1	d2	d1	d2						
1.80	593	585	604	595	600	610	598	No presenta	Trabajable (VSI 0)	SF1		
	d3	d4	d3	d4	d3	d4						
	595	590	598	608	595	605						
	591	601	603	603	603	605						
	d1	d2	d1	d2	d1	d2						
1.95	650	640	640	630	655	645	643	No presenta	Trabajable (VSI 0)	SF1		
	d3	d4	d3	d4	d3	d4						
	650	655	620	635	640	650						
	649	631	648	648	648	650						
	d1	d2	d1	d2	d1	d2						
2.10	700	680	680	660	690	680	685	No presenta	Trabajable (VSI 0)	SF2		
	d3	d4	d3	d4	d3	d4						

	675	690	695	670	700	695						
	686		676		691							
	d1	d2	d1	d2	d1	d2						
	700	708	704	700	700	710						
<b>2.25</b>	d3	d4	d3	d4	d3	d4	707	No presenta	Trabajable (VSI 0)	SF2		
	715	705	708	705	705	720						
	707		704		709							
	d1	d2	d1	d2	d1	d2						
	720	730	720	720	720	727						
<b>2.40</b>	d3	d4	d3	d4	d3	d4	722	No presenta	Trabajable (VSI 0)	SF2		
	723	725	725	710	715	725						
	725		719		722							
	d1	d2	d1	d2	d1	d2						
	755	750	760	740	753	740						
<b>2.55</b>	d3	d4	d3	d4	d3	d4	748	No presenta	Trabajable (VSI 1)	SF2		
	750	745	748	745	740	745						
	750		748		745							
	d1	d2	d1	d2	d1	d2						
	785	773	775	750	785	793						
<b>2.70</b>	d3	d4	d3	d4	d3	d4	772	No presenta	Trabajable (VSI 1)	SF3		
	770	760	755	770	768	780						
	772		763		782							
	d1	d2	d1	d2	d1	d2						
	795	790	800	780	795	805						
<b>2.85</b>	d3	d4	d3	d4	d3	d4	797	No presenta	Trabajable (VSI 1)	SF3		
	805	785	805	790	808	800						
	794		794		802							
	d1	d2	d1	d2	d1	d2						
	817	813	816	820	820	810		7				
<b>3.00</b>	d3	d4	d3	d4	d3	d4	815	5	Trabajable (VSI 2)	SF3		
	810	805	810	815	825	818		8				
	811		815		818			6.7				
	d1	d2	d1	d2	d1	d2						
	835	840	845	845	850	845		10				
<b>3.15</b>	d3	d4	d3	d4	d3	d4	840	14	Trabajable (VSI 3)	SF3		
	835	825	843	835	840	840		15				
	834		842		844			13.0				

<b>3.30</b>	d1	d2	d1	d2	d1	d2	852	18	Trabajable (VSI 3)	Mayor que SF3 850 mm	
	850	860	848	855	850	845		23			
	d3	d4	d3	d4	d3	d4		19			
	855	845	850	860	857	850		20.0			
	853	853	851								
<b>3.45</b>	d1	d2	d1	d2	d1	d2	863	25	Trabajable (VSI 3)	Mayor que SF3 850 mm	
	865	860	865	850	859	864		30			
	d3	d4	d3	d4	d3	d4		27			
	870	868	870	860	865	865		27.3			
	866	861	863								
<b>3.60</b>	d1	d2	d1	d2	d1	d2	869	30	Trabajable (VSI 3)	Mayor que SF3 850 mm	
	875	870	870	865	867	860		33			
	d3	d4	d3	d4	d3	d4		35			
	865	880	865	873	870	865		32.7			
	873	868	866								

## ANEXO N° 16: ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE SIKA VISCOSIDAD - T500 y EMBUDO V

### VISCOSIDAD SIKA - T500

Identificación	T500(s)				Clase
	Adición (%)	M-1	M-2	M-3	
0.15	-	-	-	-	-
0.30	-	-	-	-	-
0.45	-	-	-	-	-
0.60	-	-	-	-	-
0.75	-	-	-	-	-
0.90	-	-	-	-	-
1.05	-	-	-	-	-
1.20	-	-	-	-	-
1.35	-	-	-	-	-
1.50	13.50	13.20	13.30	13.33	VS2
1.65	10.40	10.23	9.90	10.18	VS2
1.80	7.57	8.56	9.80	8.64	VS2
1.95	5.90	6.93	7.14	6.66	VS2
2.10	4.86	4.38	5.66	4.97	VS2
2.25	4.50	4.40	3.90	4.27	VS2
2.40	3.90	3.80	4.20	3.97	VS2
2.55	3.60	3.90	3.72	3.74	VS2
2.70	3.30	3.52	3.50	3.44	VS2
2.85	3.20	3.40	2.68	3.09	VS2
3.00	2.58	2.93	3.16	2.89	VS2
3.15	2.60	2.80	2.57	2.66	VS2
3.30	2.54	2.59	2.48	2.54	VS2
3.45	2.23	2.10	2.13	2.15	VS2
3.60	1.98	1.96	1.90	1.95	VS1

VISCOCIDAD SIKA - ENSAYO DEL ENVUDO EN V

Identificación Adición (%)	Tiempo de flujo (s)				Clase
	M-1	M-2	M-3	Promedio (s)	
0.15	-	-	-	-	-
0.30	-	-	-	-	-
0.45	-	-	-	-	-
0.60	-	-	-	-	-
0.75	-	-	-	-	-
0.90	-	-	-	-	-
1.05	-	-	-	-	-
1.20	-	-	-	-	-
1.35	-	-	-	-	-
1.50	29.0	31.0	30.5	30.17	VF2
1.65	21.3	20.3	21.4	21.01	VF2
1.80	17.2	16.9	18.1	17.41	VF2
1.95	14.4	13.5	15.3	14.40	VF2
2.10	12.2	12.9	13.6	12.92	VF2
2.25	11.3	10.8	12.8	11.62	VF2
2.40	10.0	10.5	10.9	10.47	VF2
2.55	8.8	9.3	9.7	9.27	VF2
2.70	8.0	8.5	8.9	8.48	VF2
2.85	7.4	8.0	7.7	7.71	VF1
3.00	6.9	7.1	6.8	6.94	VF1
3.15	6.2	6.5	7.4	6.68	VF1
3.30	5.5	5.1	6.2	5.61	VF1
3.45	4.7	4.5	5.0	4.73	VF1
3.60	4.4	4.3	4.0	4.23	VF1

## ANEXO N° 17: ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE SIKA CAPACIDAD DE PASO – CAJA L

CAPACIDAD DE PASO SIKA - METODO DE LA CAJA EN L ( 3 BARRAS)

Identificacion Adicion (%)	T20 (s)	T40 (s)	H1 (cm)	H2 (cm)	PA=H2/H1	PA	Clase
0.15	M-1	-	-	-	-	-	-
0.15	M-2	-	-	-	-	-	-
0.15	M-3	-	-	-	-	-	-
0.15	Promedio	-	-	-	-	-	-
0.30	M-1	-	-	-	-	-	-
0.30	M-2	-	-	-	-	-	-
0.30	M-3	-	-	-	-	-	-
0.30	Promedio	-	-	-	-	-	-
0.45	M-1	-	-	-	-	-	-
0.45	M-2	-	-	-	-	-	-
0.45	M-3	-	-	-	-	-	-
0.45	Promedio	-	-	-	-	-	-
0.60	M-1	-	-	-	-	-	-
0.60	M-2	-	-	-	-	-	-
0.60	M-3	-	-	-	-	-	-
0.60	Promedio	-	-	-	-	-	-
0.75	M-1	-	-	-	-	-	-
0.75	M-2	-	-	-	-	-	-
0.75	M-3	-	-	-	-	-	-
0.75	Promedio	-	-	-	-	-	-
0.90	M-1	-	-	-	-	-	-
0.90	M-2	-	-	-	-	-	-
0.90	M-3	-	-	-	-	-	-
0.90	Promedio	-	-	-	-	-	-
1.05	M-1	-	-	-	-	-	-
1.05	M-2	-	-	-	-	-	-
1.05	M-3	-	-	-	-	-	-
1.05	Promedio	-	-	-	-	-	-
1.20	M-1	-	-	-	-	-	-
1.20	M-2	-	-	-	-	-	-
1.20	M-3	-	-	-	-	-	-
1.20	Promedio	-	-	-	-	-	-
1.35	M-1	-	-	-	-	-	-
1.35	M-2	-	-	-	-	-	-
1.35	M-3	-	-	-	-	-	-
1.35	Promedio	-	-	-	-	-	-
1.50	M-1	8.45	17.89	19.45	No llega	-	-
1.50	M-2	9.11	15.99	20.25	No llega	-	-
1.50	M-3	8.12	16.48	21.25	No llega	-	-
1.50	Promedio	8.56	16.79	20.32	-	-	-
1.65	M-1	7.81	13.71	16.50	3.50	0.21	-
1.65	M-2	8.11	15.12	17.50	5.20	0.30	-
1.65	M-3	7.67	14.78	16.90	4.50	0.27	-
1.65	Promedio	7.86	14.54	16.97	4.40	0.26	0.26
1.80	M-1	2.34	6.34	12.50	8.30	0.66	-
1.80	M-2	1.93	5.12	13.00	8.40	0.65	-
1.80	M-3	2.20	6.12	12.70	8.20	0.65	-
1.80	Promedio	2.16	5.86	12.73	8.30	0.65	0.65
1.95	M-1	1.86	4.36	10.80	8.95	0.83	-
1.95	M-2	1.75	4.12	11.30	9.00	0.80	-
1.95	M-3	1.94	5.01	11.50	8.80	0.77	-
1.95	Promedio	1.85	4.50	11.20	8.92	0.80	0.80
2.10	M-1	1.60	3.80	10.25	8.80	0.86	-
2.10	M-2	1.65	4.02	10.20	8.90	0.87	-
2.10	M-3	1.68	4.23	10.30	8.70	0.84	-
2.10	Promedio	1.64	4.02	10.25	8.80	0.86	0.86
2.25	M-1	1.57	3.36	10.10	9.00	0.89	-
2.25	M-2	1.47	3.01	10.20	9.10	0.89	-
2.25	M-3	1.55	3.25	10.00	9.00	0.90	-
2.25	Promedio	1.53	3.21	10.10	9.03	0.89	0.89
2.40	M-1	1.52	3.17	10.00	9.10	0.91	-
2.40	M-2	1.45	3.00	10.00	9.10	0.91	-

	M-3	1.40	2.98	10.00	9.10	0.91		
	Promedio	1.46	3.05	10.00	9.10	0.91		
2.55	M-1	1.41	3.01	9.80	9.10	0.93	0.94	PA 2
	M-2	1.50	3.45	9.70	9.20	0.95		
	M-3	1.34	2.78	9.80	9.10	0.93		
	Promedio	1.42	3.08	9.77	9.13	0.94		
	M-1	1.34	2.48	9.65	9.00	0.93		
2.70	M-2	1.41	3.09	9.70	9.30	0.96	0.95	PA 2
	M-3	1.19	2.29	9.70	9.20	0.95		
	Promedio	1.31	2.62	9.68	9.17	0.95		
	M-1	1.23	2.35	9.80	9.30	0.95		
	M-2	1.15	2.30	9.70	9.30	0.96		
2.85	M-3	1.25	2.44	9.80	9.40	0.96	0.96	PA 2
	Promedio	1.21	2.36	9.77	9.33	0.96		
	M-1	1.23	2.32	9.45	9.40	0.99		
	M-2	1.13	2.23	9.60	9.40	0.98		
	M-3	1.05	2.01	9.70	9.50	0.98		
3.00	Promedio	1.14	2.19	9.58	9.43	0.98	0.98	PA 2
	M-1	0.95	2.18	9.80	9.50	0.97		
	M-2	0.91	2.16	9.70	9.60	0.99		
	M-3	0.88	2.11	9.90	9.80	0.99		
	Promedio	0.91	2.15	9.80	9.63	0.98		
3.15	M-1	0.81	1.54	9.65	9.60	0.99	0.99	PA 2
	M-2	0.85	1.75	9.70	9.60	0.99		
	M-3	0.81	1.58	9.70	9.70	1.00		
	Promedio	0.82	1.62	9.68	9.63	0.99		
	M-1	0.76	1.50	9.55	9.60	1.01		
3.30	M-2	0.81	1.38	9.60	9.55	0.99	1.00	PA 2
	M-3	0.72	1.42	9.60	9.60	1.00		
	Promedio	0.76	1.43	9.58	9.58	1.00		
	M-1	0.71	1.41	9.55	9.55	1.00		
	M-2	0.78	1.53	9.60	9.65	1.01		
3.45	M-3	0.75	1.49	9.60	9.60	1.00	1.00	PA 2
	Promedio	0.75	1.48	9.58	9.60	1.00		

## ANEXO N° 18: ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE SIKA CAPACIDAD DE PASO – ANILLO JAPONES

Identificación	CAPACIDAD DE PASO SIKA - ENSAYO DE ANILLO JAPONES						Promedio (mm)	CAPACIDAD DE LENADO SIKA - ENSAYO DEL ESCURRIMIENTO (mm)		
	M-1		M-2		M-3			Promedio	Variación con flujo anillo J	Evaluación de bloqueo (ASTM C1621)
Adición (%)	d1	d2	d1	d2	d1	d2				
0.15	285	295	290	300	285	290	291	295	4	No visible
	290		295		288					
0.30	310	320	320	315	315	320	317	320	4	No visible
	315		318		318					
0.45	320	325	325	325	325	330	325	329	4	No visible
	323		325		328					
0.60	330	325	330	330	340	335	332	335	4	No visible
	328		330		338					
0.75	330	340	340	350	345	340	341	345	4	No visible
	335		345		343					
0.90	345	350	343	357	345	355	349	354	5	No visible
	348		350		350					
1.05	375	360	370	365	355	365	365	370	5	No visible
	368		368		360					
1.20	375	385	380	390	395	385	385	390	5	No visible
	380		385		390					
1.35	405	395	400	405	405	400	402	407	6	No visible
	400		403		403					
1.50	440	445	435	435	440	445	440	452	12	No visible
	443		435		443					
1.65	535	530	540	535	545	535	537	552	15	No visible
	533		538		540					
1.80	585	590	580	565	575	585	580	598	18	No visible
	588		573		580					
1.95	605	625	610	615	635	630	620	643	23	No visible
	615		613		633					
2.10	655	645	660	670	665	655	658	685	26	Mínimo a notable
	650		665		660					
2.25	675	670	665	680	695	675	677	707	30	Mínimo a notable
	673		673		685					
2.40	685	695	695	700	690	680	691	722	31	Mínimo a notable
	690		698		685					
2.55	705	720	715	710	705	725	713	748	34	

	713	713	715							Mínimo a notable
2.70	725	730	740	730	740	745	735	772	37	Mínimo a notable
	728	735	743							
2.85	755	760	765	760	755	745	757	797	40	Mínimo a notable
	758	763	750							
3.00	755	760	775	785	775	770	770	815	45	Mínimo a notable
	758	780	773							
3.15	795	805	785	795	795	775	792	840	48	Mínimo a notable
	800	790	785							
3.30	805	800	805	800	795	810	803	852	50	Mínimo a notable
	803	803	803							
3.45	805	810	805	800	805	810	806	863	58	Notable a extremo
	808	803	808							
3.60	810	800	815	805	810	805	808	869	61	Notable a extremo
	805	810	808							

## ANEXO N° 19: ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE SIKA RESISTENCIA A LA SEGREGACION – TAMIZ GTM

### RESISTENCIA A LA SEGREGACION - SEGREGACION EN TAMIZ

Identificación		Bandeja (kg)	Segregación (kg)	Malla (kg)	Muestra (kg)	Wps (kg)	Wp (kg)	Wc (kg)	SR	SR %	CLASE
Adición (%)	Muestra										
0.15	M -1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M -2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M -3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Promedio								-		
0.30	M -1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M -2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M -3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Promedio								-		
0.45	M -1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M -2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M -3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Promedio								-		
0.60	M -1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M -2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M -3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Promedio								-		
0.75	M -1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M -2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M -3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Promedio								-		
0.90	M -1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M -2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M -3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Promedio								-		
1.15	M -1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M -2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M -3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Promedio								-		
1.05	M -1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M -2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M -3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Promedio								-		
1.20	M -1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M -2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M -3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Promedio								-		
1.35	M -1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



	M -2	-	-	-	-	-	-	-	-		
	M -3	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Promedio								-		
<b>1.50</b>	M -1	0.922	0.134	3.29	4.800	1.056	0.922	7.956	0.53	0.5	SR2
	M -2	0.922	0.155	3.29	4.800	1.077	0.922	7.935	0.55		
	M -3	0.922	0.126	3.29	4.800	1.048	0.922	7.964	0.52		
	Promedio								0.53		
<b>1.65</b>	M -1	0.922	0.203	3.29	4.800	1.125	0.922	7.887	0.59	0.6	SR2
	M -2	0.922	0.194	3.29	5.800	1.116	0.922	8.896	0.64		
	M -3	0.922	0.186	3.29	6.800	1.108	0.922	9.904	0.68		
	Promedio								0.64		
<b>1.80</b>	M -1	0.922	0.305	3.29	4.800	1.227	0.922	7.785	0.69	0.7	SR2
	M -2	0.922	0.328	3.29	4.800	1.250	0.922	7.762	0.71		
	M -3	0.922	0.297	3.29	4.800	1.219	0.922	7.793	0.68		
	Promedio								0.69		
<b>1.95</b>	M -1	0.922	0.412	3.29	4.800	1.334	0.922	7.678	0.79	0.8	SR2
	M -2	0.922	0.420	3.29	5.800	1.342	0.922	8.670	0.86		
	M -3	0.922	0.396	3.29	6.800	1.318	0.922	9.694	0.88		
	Promedio								0.84		
<b>2.10</b>	M -1	0.922	0.475	3.29	4.800	1.397	0.922	7.615	0.84	0.9	SR2
	M -2	0.922	0.491	3.29	4.800	1.413	0.922	7.599	0.86		
	M -3	0.922	0.480	3.29	4.800	1.402	0.922	7.610	0.85		
	Promedio								0.85		
<b>2.25</b>	M -1	0.922	0.634	3.29	4.800	1.556	0.922	7.456	0.99	1.0	SR2
	M -2	0.922	0.621	3.29	5.800	1.543	0.922	8.469	1.05		
	M -3	0.922	0.635	3.29	6.800	1.557	0.922	9.455	1.11		
	Promedio								1.05		
<b>2.40</b>	M -1	0.922	0.653	3.29	4.800	1.575	0.922	7.437	1.01	1.0	SR2
	M -2	0.922	0.681	3.29	4.800	1.603	0.922	7.409	1.03		
	M -3	0.922	0.685	3.29	4.800	1.607	0.922	7.405	1.04		
	Promedio								1.03		
<b>2.55</b>	M -1	0.922	0.743	3.29	4.800	1.665	0.922	7.347	1.09	1.1	SR2
	M -2	0.922	0.734	3.29	4.800	1.656	0.922	7.356	1.08		
	M -3	0.922	0.720	3.29	4.800	1.642	0.922	7.370	1.07		
	Promedio								1.08		
<b>2.70</b>	M -1	0.922	0.844	3.29	4.800	1.766	0.922	7.246	1.18	1.2	SR2
	M -2	0.922	0.865	3.29	4.800	1.787	0.922	7.225	1.20		
	M -3	0.922	0.890	3.29	4.800	1.812	0.922	7.200	1.23		
	Promedio								1.21		
<b>2.85</b>	M -1	0.922	0.943	3.29	4.800	1.865	0.922	7.147	1.28	1.3	SR2
	M -2	0.922	0.955	3.29	4.800	1.877	0.922	7.135	1.29		
	M -3	0.922	0.903	3.29	4.800	1.825	0.922	7.187	1.24		
	Promedio								1.27		
<b>3.00</b>	M -1	0.922	1.124	3.29	4.800	2.046	0.922	6.966	1.44	1.3	SR2



	M -2	0.922	0.924	3.29	4.800	1.846	0.922	7.166	1.26		
	M -3	0.922	0.957	3.29	4.800	1.879	0.922	7.133	1.29		
	Promedio								1.33		
<b>3.15</b>	M -1	0.922	1.189	3.29	4.800	2.111	0.922	6.901	1.50	1.4	SR1
	M -2	0.922	0.987	3.29	4.800	1.909	0.922	7.103	1.32		
	M -3	0.922	1.174	3.29	4.800	2.096	0.922	6.916	1.49		
	Promedio								1.43		
<b>3.30</b>	M -1	0.922	1.234	3.29	4.800	2.156	0.922	6.856	1.54	1.5	SR1
	M -2	0.922	1.166	3.29	4.800	2.088	0.922	6.924	1.48		
	M -3	0.922	1.312	3.29	4.800	2.234	0.922	6.778	1.61		
	Promedio								1.54		
<b>3.45</b>	M -1	0.922	1.501	3.29	4.800	2.423	0.922	6.589	1.78	1.8	SR1
	M -2	0.922	1.425	3.29	4.800	2.347	0.922	6.665	1.72		
	M -3	0.922	1.472	3.29	4.800	2.394	0.922	6.618	1.76		
	Promedio								1.75		
<b>3.60</b>	M -1	0.922	1.561	3.29	4.800	2.483	0.922	6.529	1.84	1.8	SR1
	M -2	0.922	1.524	3.29	4.800	2.446	0.922	6.566	1.80		
	M -3	0.922	1.584	3.29	4.800	2.506	0.922	6.506	1.86		
	Promedio								1.83		

## ANEXO N° 20: ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE SIKA RESISTENCIA A LA SEGREGACION – COLUMNA DE SEGREGACION

### RESISTENCIA A LA SEGREGACION - COLUMNA DE SEGREGACION

Identificación		CAB masa inferior de la columna	CAT masa superior de la columna	Porcentaje de segregación (%)	SR2 ≤ 15	15 < SR1 ≤ 20	Clase
Adición (%)	Muestra						
0.00	M-1	-	-	-	15.00	20.00	-
0.15	M -1	-	-	-	15.00	20.00	-
0.30	M -1	-	-	-	15.00	20.00	-
0.45	M -1	-	-	-	15.00	20.00	-
0.60	M -1	-	-	-	15.00	20.00	-
0.75	M -1	-	-	-	15.00	20.00	-
0.90	M -1	-	-	-	15.00	20.00	-
1.05	M -1	-	-	-	15.00	20.00	-
1.20	M -1	-	-	-	15.00	20.00	-
1.35	M -1	-	-	-	15.00	20.00	-
1.50	M -1	3.36	3.36	0.0	15.00	20.00	SR1
1.65	M -1	3.37	3.36	0.3	15.00	20.00	SR1
1.80	M -1	3.38	3.35	0.7	15.00	20.00	SR1
1.95	M -1	3.40	3.31	2.5	15.00	20.00	SR1
2.10	M -1	3.43	3.29	4.0	15.00	20.00	SR1
2.25	M -1	3.45	3.23	6.5	15.00	20.00	SR1
2.40	M -1	3.49	3.19	8.7	15.00	20.00	SR1
2.55	M -1	3.52	3.13	11.9	15.00	20.00	SR1
2.70	M -1	3.56	3.10	13.8	15.00	20.00	SR1
2.85	M -1	3.59	3.07	15.9	15.00	20.00	SR1
3.00	M -1	3.61	3.00	18.6	15.00	20.00	SR1
3.15	M -1	3.65	2.95	21.3	15.00	20.00	SR1
3.30	M -1	3.71	2.91	24.3	15.00	20.00	SR1
3.45	M -1	3.80	2.88	27.7	15.00	20.00	SR1
3.60	M -1	3.89	2.84	31.2	15.00	20.00	SR1

## ANEXO N° 21: PROCEDIMIENTO DE ANALISIS DE DATOS

### PROBLEMA

¿De qué manera influye los tipos, porcentaje de superplastificante de categoría F sobre la capacidad de llenado, capacidad de paso, viscosidad, resistencia a la segregación y resistencia a la compresión de un concreto autocompactante?

### HIPOTESIS

H1: A medida que se incrementa la dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 mejorara sus propiedades físicas y mecánicas de un concreto autocompactante.

H0: La dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 no influye sobre sus propiedades físicas y mecánicas de un concreto autocompactante.

### DATOS PREVIOS:

- Hipótesis nula  $\rightarrow H_0$
- Hipótesis Alterna  $\rightarrow H_1$

### Grados de Libertad (G.L)

G.L de las variables independientes

- Tipos de Aditivos (A)  
 $G.L = a - 1$   
 $G.L = 2 - 1$   
 $G.L = 1$
- Porcentaje de Aditivo (B)  
 $G.L = b - 1$   
 $G.L = 25 - 1$   
 $G.L = 24$

G.L de las variables conjugadas (A x B)

- $G.L = (a - 1) \times (b - 1)$

$$G.L = (2 - 1) \times (25 - 1)$$

$$G.L = 24$$

- G.L = del error

$$G.L = a \times b \times (n - 1)$$

$$G.L = 2 \times 25 \times (3 - 1)$$

$$G.L = 100$$

### **Nivel de significancia**

- En ingeniería se trabaja con un 95% de confianza ( $\alpha=0.05$ )

### **Criterio de rechazo**

- Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) si  $F_0 > F_{\alpha, v_1, v_2}$ , donde:
- $F_0$  se obtiene experimentalmente.
- $F_{\alpha, v_1, v_2}$  se obtiene de tablas (Tablas N°...)
- Asimismo,  $v_1 = a - 1$ ,  $v_2 = a(n - 1)$ , donde “a” es el número de niveles, y “n” el número de réplicas.

Tabla 91: Puntos porcentuales de la desviación  $F_{0,05}$ ,  $V_1, V_2$

$V_2 \backslash V_1$	Grados de libertad del numerador ( $V_1$ )																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	inf.
2	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3
3	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50
4	10.73	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
5	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
6	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
7	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
8	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
9	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
10	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
11	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
12	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.52	2.49	2.45	2.40
13	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
14	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
15	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
16	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
17	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
18	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
19	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
20	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
21	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
22	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
23	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
24	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
25	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
26	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
27	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
28	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
29	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
30	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
40	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
60	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
120	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
Inf.	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.55	1.43	1.35	1.25
Inf.	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.85	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

Fuente: UPN, 2019

**Calculo de F teórico:**

- Grados de Libertad de A = 1
- Grados de Libertad de B = 24
- Grados de Libertad de A x B = 24
- Grados de Libertad de Error = 100

<b>FTEORICO</b>	<b>Valor</b>
<b>A</b>	3.95
<b>B</b>	1.64
<b>A x B</b>	1.64

## CALCULO DE LA F EXPERIMENTAL PARA LOS VALORES DE FLUJO DE ASENTAMIENTO POR EL CONO DE ABRAMS Y T<sub>500</sub>

### FLUJO DE ASENTAMIENTO

**Tabla 92:** Resultados de la capacidad de paso, extensión de flujo

Cantidad de aditivo (%)	Marca de aditivo			803.00	601.00
	Euco	Sika			
0.00	293.00	300.00	1.95	795.00	603.00
	288.00	290.00		801.00	649.00
	296.00	294.00		803.00	631.00
	293.00	300.00		795.00	648.00
0.15	293.00	300.00	2.10	801.00	686.00
	288.00	290.00		803.00	676.00
	296.00	294.00		795.00	691.00
0.30	306.00	319.00	2.25	801.00	707.00
	310.00	321.00		803.00	704.00
	311.00	321.00		795.00	709.00
0.45	572.00	328.00	2.40	801.00	725.00
	577.00	330.00		803.00	719.00
	576.00	328.00		795.00	722.00
0.60	712.00	333.00	2.55	801.00	750.00
	707.00	339.00		803.00	748.00
	723.00	334.00		795.00	745.00
0.75	794.00	347.00	2.70	801.00	772.00
	792.00	343.00		803.00	763.00
	791.00	344.00		795.00	782.00
0.90	801.00	355.00	2.85	801.00	794.00
	803.00	357.00		803.00	794.00
	795.00	351.00		795.00	802.00
1.05	801.00	367.00	3.00	801.00	811.00
	803.00	371.00		803.00	815.00
	795.00	371.00		795.00	818.00
1.20	801.00	395.00	3.15	801.00	834.00
	803.00	387.00		803.00	842.00
	795.00	388.00		795.00	844.00
1.35	801.00	409.00	3.30	801.00	853.00
	803.00	406.00		803.00	853.00
	795.00	407.00		795.00	851.00
1.50	801.00	491.00	3.45	801.00	866.00
	803.00	452.00		803.00	861.00
	795.00	413.00		795.00	863.00
1.65	801.00	549.00	3.60	801.00	873.00
	803.00	556.00		803.00	868.00
	795.00	551.00		795.00	867.00
1.80	801.00	591.00			

Fuente: Elaboración propia, 2019

## Análisis de varianza

**Tabla 93:** Estimación de  $Y_j$  y  $Y_i$  para los datos de extensión de flujo

Cantidad de aditivo (%)	Marca de aditivo		YJ
	Euco	Sika	
0.00	877.0	884.0	1761.0
0.15	877.0	884.0	1761.0
0.30	927.0	961.0	1888.0
0.45	1725.0	986.0	2711.0
0.60	2142.0	1006.0	3148.0
0.75	2377.0	1034.0	3411.0
0.90	2399.0	1063.0	3462.0
1.05	2399.0	1109.0	3508.0
1.20	2399.0	1170.0	3569.0
1.35	2399.0	1222.0	3621.0
1.50	2399.0	1356.0	3755.0
1.65	2399.0	1656.0	4055.0
1.80	2399.0	1795.0	4194.0
1.95	2399.0	1928.0	4327.0
2.10	2399.0	2053.0	4452.0
2.25	2399.0	2120.0	4519.0
2.40	2399.0	2166.0	4565.0
2.55	2399.0	2243.0	4642.0
2.70	2399.0	2317.0	4716.0
2.85	2399.0	2390.0	4789.0
3.00	2399.0	2444.0	4843.0
3.15	2399.0	2520.0	4919.0
3.30	2399.0	2557.0	4956.0
3.45	2399.0	2590.0	4989.0
3.60	2399.0	2608.0	5007.0
YI	54506.0	43062.0	97568.0

Fuente: Elaboración propia, 2019

### SUMA DE CUADRADOS

- Suma de cuadrados para el factor A.

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{Y_i^2}{bxn} - \frac{Y_T^2}{axbn}$$

$$SS_A = \frac{(54506^2 + 43062^2)}{25 \times 3} - \frac{97568^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_A = \frac{4,825,239,880}{25 \times 3} - \frac{9,519,514,624}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_A = 873,100.91$$

- **Suma de cuadrados para el factor B.**

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y_j^2}{axn} - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

$$SS_B = \frac{(1761^2 + 1761^2 + 1888^2 + \dots + 4989^2 + 5007^2)}{2 \times 3} - \frac{97568^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_B = \frac{405,635,204}{25 \times 3} - \frac{9,519,514,624}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_B = 4,142,436.51$$

- **Suma de cuadrados subtotales.**

$$SS_{SUBTOTAL} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n \frac{Y_{ijk}^2}{n} - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = \frac{(877^2 + 884^2 + 877^2 + \dots + 2399^2 + 2608^2)}{3} - \frac{97568^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = \frac{209,126,412}{3} - \frac{9,519,514,624}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = 6,245,373.17$$

- **Suma de cuadrados de la interacción de factores (AxB)**

$$SS_{AxB} = SS_{SUBTOTAL} - SS_A - SS_B$$

$$SS_{AxB} = 6,245,373.17 - 873,100.91 - 4,142,436.51$$

$$SS_{AxB} = 1,229,835.76$$

- **Suma de cuadrados totales.**

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

$$SS_T = (293^2 + 300^2 + \dots + 795^2 + 867^2) - \frac{97568^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_T = 69,713,758 - \frac{9,519,514,624}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_T = 6,250,327.17$$

- **Suma de cuadrados del error.**

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB}$$

$$SS_E = 6,250,327.17 - 873,100.91 - 4,142,436.51 - 1,229,835.76$$

$$SS_E = 4,954$$

**MEDIA DE CUADRADOS**

- **Media de los cuadrados del factor A.**

$$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$$

$$MS_A = \frac{873,100.91}{2 - 1}$$

$$MS_A = 873,100.91$$

- **Media de los cuadrados del factor B.**

$$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$$

$$MS_B = \frac{4,142,436.51}{25 - 1}$$

$$MS_B = 172,601.52$$

- **Media de la interacción de AxB**

$$MS_{AxB} = \frac{SS_{AxB}}{(a - 1) \times (b - 1)}$$

$$MS_{AxB} = \frac{1,229,835.76}{(2 - 1) \times (25 - 1)}$$

$$MS_{AxB} = 51,243.16$$

- **Media de los cuadrados del error.**

$$MS_E = \frac{SS_E}{(axb)x(n-1)}$$

$$MS_E = \frac{4,954}{(2 * 25)x(3-1)}$$

$$MS_E = 49.54$$

### **F<sub>0</sub> EXPERIMENTAL**

- **Cálculo del F<sub>0</sub> (A).**

$$F_0(A) = \frac{MS_A}{MS_E}$$

$$F_0(A) = \frac{873,100.91}{49.54}$$

$$F_0(A) = 17,624.16$$

- **Cálculo del F<sub>0</sub> (B).**

$$F_0(B) = \frac{MS_B}{MS_E}$$

$$F_0(B) = \frac{172,601.52}{49.54}$$

$$F_0(B) = 3,484.08$$

- **Cálculo del F<sub>0</sub> (AxB).**

$$F_0(AxB) = \frac{MS_{AxB}}{MS_E}$$

$$F_0(AxB) = \frac{51,243.16}{49.54}$$

$$F_0(AxB) = 243.14$$

**Tabla 94:** Resumen del análisis ANOVA para la extensión de flujo

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F Experimental	F Teórico
A	1	873,100.91	873,100.91	17,624.16	3.95
B	24	4,142,436.51	172,601.52	3,484.08	1.64
A x B	24	1,229,835.76	51,243.16	1,034.38	1.64
Error	100	4,954.00	49.54	-	-

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- Como el  $F_{\text{experimental}} > F_{\text{teórico}}$
- Se acepta  $H_1$ : A medida que se incrementa la dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 aumenta la extensión de flujo de un concreto autocompactante.
- Se rechaza  $H_0$ : La dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 no influye sobre su extensión de flujo de un concreto autocompactante.

## CALCULO DE LA F EXPERIMENTAL PARA LOS VALORES DE ENSAYO DE T<sub>500</sub>(s)

**Tabla 95:** Resultados de la viscosidad, T<sub>500</sub> (s)

Cantidad de aditivo (%)	Marca de aditivo			
	Euco	Sika		
0.00	3.90	13.50	1.95	2.00
	3.70	13.20		2.13
	4.00	13.30		2.20
0.15	3.90	13.50	2.10	2.00
	3.70	13.20		2.13
	4.00	13.30		2.20
0.30	3.90	13.50	2.25	2.00
	3.70	13.20		2.13
	4.00	13.30		2.20
0.45	3.90	13.50	2.40	2.00
	3.70	13.20		2.13
	4.00	13.30		2.20
0.60	2.90	13.50	2.55	2.00
	3.00	13.20		2.13
	3.00	13.30		2.20
0.75	2.40	13.50	2.70	2.00
	2.20	13.20		2.13
	2.60	13.30		2.20
0.90	2.20	13.50	2.85	2.00
	2.00	13.20		2.13
	2.13	13.30		2.20
1.05	2.20	13.50	3.00	2.00
	2.00	13.20		2.13
	2.13	13.30		2.20
1.20	2.20	13.50	3.15	2.00
	2.00	13.20		2.13
	2.13	13.30		2.20
1.35	2.20	13.50	3.30	2.00
	2.00	13.20		2.13
	2.13	13.30		2.20
1.50	2.20	13.50	3.45	2.00
	2.00	13.20		2.13
	2.13	13.30		2.20
1.65	2.20	10.40	3.60	2.00
	2.00	10.23		2.13
	2.13	9.90		2.20
1.80	2.20	7.57		1.90

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## Análisis de varianza

**Tabla 96:** Estimación de  $Y_j$  y  $Y_i$  para los datos de  $T_{500}(s)$

Cantidad de aditivo (%)	Marca de aditivo		YJ
	Euco	Sika	
0.00	11.60	40.00	51.60
0.15	11.60	40.00	51.60
0.30	11.60	40.00	51.60
0.45	11.60	40.00	51.60
0.60	8.90	40.00	48.90
0.75	7.20	40.00	47.20
0.90	6.33	40.00	46.33
1.05	6.33	40.00	46.33
1.20	6.33	40.00	46.33
1.35	6.33	40.00	46.33
1.50	6.33	40.00	46.33
1.65	6.33	30.53	36.86
1.80	6.33	25.93	32.26
1.95	6.33	19.97	26.30
2.10	6.33	14.90	21.23
2.25	6.33	12.80	19.13
2.40	6.33	11.90	18.23
2.55	6.33	11.22	17.55
2.70	6.33	10.32	16.65
2.85	6.33	9.28	15.61
3.00	6.33	8.67	15.00
3.15	6.33	7.97	14.30
3.30	6.33	7.61	13.94
3.45	6.33	6.46	12.79
3.60	6.33	5.84	12.17
YI	182.77	623.40	806.17

Fuente: Elaboración propia, 2019

### SUMA DE CUADRADOS

- Suma de cuadrados para el factor A.

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{Y_i^2}{bxn} - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

$$SS_A = \frac{(182.77^2 + 623.4^2)}{25 \times 3} - \frac{806.17^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_A = \frac{422,032.43}{25 \times 3} - \frac{649,910.07}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_A = 1,294.37$$

- **Suma de cuadrados para el factor B.**

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y_j^2}{axn} - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

$$SS_B = \frac{(51.6^2 + 51.6^2 + \dots + 13.94^2 + 12.79^2 + 12.17^2)}{2 \times 3} - \frac{806.17^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_B = \frac{32,006.10}{25 \times 3} - \frac{649,910.07}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_B = 1,001.62$$

- **Suma de cuadrados subtotales.**

$$SS_{SUBTOTAL} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n \frac{Y_{ijk}^2}{n} - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = \frac{(11.6^2 + 40^2 + 11.6^2 + \dots + 6.33^2 + 5.84^2)}{3} - \frac{806.17^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = \frac{22,152.25}{3} - \frac{649,910.07}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = 3,051.35$$

- **Suma de cuadrados de la interacción de factores (AxB)**

$$SS_{AxB} = SS_{SUBTOTAL} - SS_A - SS_B$$

$$SS_{AxB} = 3,051.35 - 1,294.37 - 1,001.62$$

$$SS_{AxB} = 755.37$$

- **Suma de cuadrados totales.**

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

$$SS_T = (3.9^2 + 13.5^2 + \dots + 2.13^2 + 1.9^2) - \frac{806.17^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_T = 7,390.47 - \frac{649,910.07}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_T = 3,057.74$$

- **Suma de cuadrados del error.**

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB}$$

$$SS_E = 3,057.74 - 1,294.37 - 1,001.62 - 755.37$$

$$SS_E = 6.39$$

### MEDIA DE CUADRADOS

- **Media de los cuadrados del factor A.**

$$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$$

$$MS_A = \frac{1,294.37}{2 - 1}$$

$$MS_A = 1,294.37$$

- **Media de los cuadrados del factor B.**

$$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$$

$$MS_B = \frac{1,001.62}{25 - 1}$$

$$MS_B = 41.73$$

- **Media de la interacción de AxB**

$$MS_{AxB} = \frac{SS_{AxB}}{(a - 1) \times (b - 1)}$$

$$MS_{AxB} = \frac{755.37}{(2 - 1) \times (25 - 1)}$$

$$MS_{AxB} = 31.47$$

- **Media de los cuadrados del error.**

$$MS_E = \frac{SS_E}{(axb)x(n-1)}$$

$$MS_E = \frac{6.39}{(2 * 25)x(3-1)}$$

$$MS_E = 0.06$$

### F<sub>0</sub> EXPERIMENTAL

- **Cálculo del F<sub>0</sub> (A).**

$$F_0(A) = \frac{MS_A}{MS_E}$$

$$F_0(A) = \frac{1,294.371}{0.06}$$

$$F_0(A) = 20,266.26$$

- **Cálculo del F<sub>0</sub> (B).**

$$F_0(B) = \frac{MS_B}{MS_E}$$

$$F_0(B) = \frac{41.73}{0.06}$$

$$F_0(B) = 653.44$$

- **Cálculo del F<sub>0</sub> (AxB).**

$$F_0(AxB) = \frac{MS_{AxB}}{MS_E}$$

$$F_0(AxB) = \frac{31.47}{0.06}$$

$$F_0(AxB) = 492.79$$

**Tabla 97:** Resumen del análisis ANOVA para los resultados de  $T_{500}(s)$

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F Experimental	F Teórico
A	1	1,294.37	1,294.37	20,266.26	3.95
B	24	1,001.62	41.73	653.44	1.64
A x B	24	755.37	31.47	492.79	1.64
Error	100	6.39	0.06	-	-

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- Como el  $F_{experimental} > F_{teórico}$
- Se acepta  $H_1$ : A medida que se incrementa la dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 mejora su viscosidad un concreto autocompactante.
- Se rechaza  $H_0$ : La dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 no influye sobre su viscosidad de un concreto autocompactante.

## CÁLCULO DE LA F EXPERIMENTAL PARA LOS VALORES DE ENSAYO DE EMBUDO V

**Tabla 98:** Resultados de la viscosidad, embudo V

Cantidad de aditivo (%)	Marca de aditivo			
	Euco	Sika		
0.00	17.34	29.00	1.95	6.33
	18.21	31.00		7.40
	17.80	30.50		6.64
0.15	17.34	29.00	2.10	16.90
	18.21	31.00		18.10
	17.80	30.50		14.43
0.30	17.34	29.00	2.25	13.46
	18.21	31.00		7.40
	17.80	30.50		15.30
0.45	17.34	29.00	2.40	12.22
	18.21	31.00		6.64
	17.80	30.50		6.33
0.60	11.50	29.00	2.55	11.30
	11.74	31.00		6.33
	12.60	30.50		10.76
0.75	10.65	29.00	2.70	7.40
	9.54	31.00		6.64
	9.22	30.50		10.00
0.90	6.64	29.00	2.85	6.33
	6.33	31.00		10.50
	7.40	30.50		10.90
1.05	6.64	29.00	3.00	8.80
	6.33	31.00		6.33
	7.40	30.50		9.31
1.20	6.64	29.00	3.15	9.70
	6.33	31.00		6.64
	7.40	30.50		8.00
1.35	6.64	29.00	3.30	8.00
	6.33	31.00		6.33
	7.40	30.50		7.44
1.50	6.64	29.00	3.45	8.90
	6.33	31.00		6.64
	7.40	30.50		7.44
1.65	6.64	21.34	3.60	6.90
	6.33	20.30		6.33
	7.40	21.40		7.11
1.80	6.64	17.23		6.80

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## Análisis de varianza

**Tabla 99:** Estimación de  $Y_j$  y  $Y_i$  para los datos de embudo V

Cantidad de aditivo (%)	Marca de aditivo		YJ
	Euco	Sika	
0.00	53.35	90.50	143.85
0.15	53.35	90.50	143.85
0.30	53.35	90.50	143.85
0.45	53.35	90.50	143.85
0.60	35.84	90.50	126.34
0.75	29.41	90.50	119.91
0.90	20.37	90.50	110.87
1.05	20.37	90.50	110.87
1.20	20.37	90.50	110.87
1.35	20.37	90.50	110.87
1.50	20.37	90.50	110.87
1.65	20.37	63.04	83.41
1.80	20.37	52.23	72.60
1.95	20.37	43.19	63.56
2.10	20.37	38.75	59.12
2.25	20.37	34.86	55.23
2.40	20.37	31.40	51.77
2.55	20.37	27.81	48.18
2.70	20.37	25.43	45.80
2.85	20.37	23.14	43.51
3.00	20.37	20.81	41.18
3.15	20.37	20.05	40.42
3.30	20.37	16.84	37.21
3.45	20.37	14.20	34.57
3.60	20.37	12.70	33.07
YI	665.68	1419.95	2085.63

Fuente: Elaboración propia, 2019

### SUMA DE CUADRADOS

- Suma de cuadrados para el factor A.

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{Y_i^2}{bxn} - \frac{Y_T^2}{axbn}$$

$$SS_A = \frac{(665.68^2 + 1419.95^2)}{25 \times 3} - \frac{2085.63^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_A = \frac{2,459,387.86}{25 \times 3} - \frac{4,349,852.50}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_A = 3,792.82$$

- **Suma de cuadrados para el factor B.**

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y_j^2}{axn} - \frac{Y_T^2}{axb \times n}$$

$$SS_B = \frac{(143.85^2 + 143.85^2 + \dots + 37.21^2 + 34.57^2 + 33.07^2)}{2 \times 3} - \frac{2085.63^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_B = \frac{213,380.74}{25 \times 3} - \frac{4,349,852.50}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_B = 6,564.44$$

- **Suma de cuadrados subtotaes.**

$$SS_{SUBTOTAL} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n \frac{Y_{ijk}^2}{n} - \frac{Y_T^2}{axb \times n}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = \frac{(53.35^2 + 90.50^2 + 53.35^2 + \dots + 20.37^2 + 12.70^2)}{3} - \frac{2085.63^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = \frac{127,218.14}{3} - \frac{4,349,852.50}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = 13,407.03$$

- **Suma de cuadrados de la interacción de factores (AxB)**

$$SS_{AxB} = SS_{SUBTOTAL} - SS_A - SS_B$$

$$SS_{AxB} = 13,407.03 - 3,792.82 - 6,564.44$$

$$SS_{AxB} = 3,049.77$$

- **Suma de cuadrados totales.**

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_T^2}{axb \times n}$$

$$SS_T = (17.34^2 + 29.00^2 + \dots + 7.40^2 + 4.00^2) - \frac{2085.63^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_T = 42,454.21 - \frac{4,349,852.50}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_T = 13,455.20$$

- **Suma de cuadrados del error.**

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB}$$

$$SS_E = 13,455.20 - 3,792.82 - 6,564.44 - 3,049.77$$

$$SS_E = 48.17$$

### MEDIA DE CUADRADOS

- **Media de los cuadrados del factor A.**

$$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$$

$$MS_A = \frac{3,792.82}{2 - 1}$$

$$MS_A = 3,792.82$$

- **Media de los cuadrados del factor B.**

$$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$$

$$MS_B = \frac{6,564.44}{25 - 1}$$

$$MS_B = 273.52$$

- **Media de la interacción de AxB**

$$MS_{AxB} = \frac{SS_{AxB}}{(a - 1) \times (b - 1)}$$

$$MS_{AxB} = \frac{3,049.77}{(2 - 1) \times (25 - 1)}$$

$$MS_{AxB} = 127.07$$

- **Media de los cuadrados del error.**

$$MS_E = \frac{SS_E}{(axb)x(n-1)}$$

$$MS_E = \frac{48.17}{(2 * 25)x(3 - 1)}$$

$$MS_E = 0.48$$

### F<sub>0</sub> EXPERIMENTAL

- **Cálculo del F<sub>0</sub> (A).**

$$F_0(A) = \frac{MS_A}{MS_E}$$

$$F_0(A) = \frac{3,792.82}{0.48}$$

$$F_0(A) = 20,266.26$$

- **Cálculo del F<sub>0</sub> (B).**

$$F_0(B) = \frac{MS_B}{MS_E}$$

$$F_0(B) = \frac{273.52}{0.48}$$

$$F_0(B) = 653.44$$

- **Cálculo del F<sub>0</sub> (AxB).**

$$F_0(AxB) = \frac{MS_{AxB}}{MS_E}$$

$$F_0(AxB) = \frac{127.07}{0.48}$$

$$F_0(AxB) = 263.83$$

**Tabla 100:** Resumen del análisis ANOVA para los resultados de embudo V

<i>Fuente de variación</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Media de cuadrados</i>	<i>F Experimental</i>	<i>F Teórico</i>
<i>A</i>	<i>1</i>	<i>1,294.37</i>	<i>1,294.37</i>	<i>20,266.26</i>	<i>3.95</i>
<i>B</i>	<i>24</i>	<i>1,001.62</i>	<i>41.73</i>	<i>653.44</i>	<i>1.64</i>
<i>A x B</i>	<i>24</i>	<i>755.37</i>	<i>31.47</i>	<i>492.79</i>	<i>1.64</i>
<i>Error</i>	<i>100</i>	<i>6.39</i>	<i>0.06</i>	<i>-</i>	<i>-</i>

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- Como el  $F_{experimental} > F_{teórico}$
- Se acepta  $H_1$ : A medida que se incrementa la dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 mejora su viscosidad un concreto autocompactante.
- Se rechaza  $H_0$ : La dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 no influye sobre su viscosidad de un concreto autocompactante.

## CALCULO DE LA F EXPERIMENTAL PARA LOS VALORES DE ENSAYO DE CAJA L

**Tabla 101:** Resultados de capacidad de paso, caja L

Cantidad de aditivo (%)	Marca de aditivo			
	Euco	Sika		
0.00	0.16	0.21	1.95	0.98
	0.26	0.30		0.98
	0.21	0.27		0.99
0.15	0.16	0.21	2.10	0.83
	0.26	0.30		0.98
	0.21	0.27		0.98
0.30	0.16	0.21	2.25	0.86
	0.26	0.30		0.98
	0.21	0.27		0.99
0.45	0.16	0.21	2.40	0.89
	0.26	0.30		0.98
	0.21	0.27		0.98
0.60	0.77	0.21	2.55	0.91
	0.82	0.30		0.98
	0.84	0.27		0.99
0.75	0.94	0.21	2.70	0.93
	0.96	0.30		0.98
	0.95	0.27		0.98
0.90	0.99	0.21	2.85	0.95
	0.98	0.30		0.98
	0.98	0.27		0.98
1.05	0.99	0.21	3.00	0.96
	0.98	0.30		0.98
	0.98	0.27		0.99
1.20	0.99	0.21	3.15	0.99
	0.98	0.30		0.98
	0.98	0.27		0.98
1.35	0.99	0.21	3.30	0.99
	0.98	0.30		0.98
	0.98	0.27		0.98
1.50	0.99	0.21	3.45	1.00
	0.98	0.30		0.99
	0.98	0.27		0.98
1.65	0.99	0.21	3.60	1.00
	0.98	0.30		0.98
	0.98	0.27		0.98
1.80	0.99	0.66		1.00

Fuente: Elaboración propia, 2019

## Análisis de varianza

**Tabla 102:** Estimación de  $Y_j$  y  $Y_i$  para los datos de caja L

Cantidad de aditivo (%)	Marca de aditivo		YJ
	Euco	Sika	
0.00	0.63	0.78	1.41
0.15	0.63	0.78	1.41
0.30	0.63	0.78	1.41
0.45	0.63	0.78	1.41
0.60	2.43	0.78	3.20
0.75	2.85	0.78	3.63
0.90	2.95	0.78	3.73
1.05	2.95	0.78	3.73
1.20	2.95	0.78	3.73
1.35	2.95	0.78	3.73
1.50	2.95	0.78	3.73
1.65	2.95	0.78	3.73
1.80	2.95	1.96	4.91
1.95	2.95	2.39	5.34
2.10	2.95	2.58	5.53
2.25	2.95	2.68	5.64
2.40	2.95	2.73	5.68
2.55	2.95	2.81	5.76
2.70	2.95	2.84	5.79
2.85	2.95	2.87	5.82
3.00	2.95	2.95	5.91
3.15	2.95	2.95	5.90
3.30	2.95	2.98	5.94
3.45	2.95	3.00	5.95
3.60	2.95	3.01	5.96
YI	63.92	45.05	108.97

Fuente: Elaboración propia, 2019

### SUMA DE CUADRADOS

- Suma de cuadrados para el factor A.

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{Y_i^2}{bxn} - \frac{Y_T^2}{axbn}$$

$$SS_A = \frac{(63.92^2 + 45.05^2)}{25 \times 3} - \frac{108.97^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_A = \frac{6,115.04}{25 \times 3} - \frac{11,873.82}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_A = 2.3751$$

- **Suma de cuadrados para el factor B.**

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y_j^2}{axn} - \frac{Y_T^2}{axb \times n}$$

$$SS_B = \frac{(1.41^2 + 1.41^2 + \dots + 5.94^2 + 5.95^2 + 5.96^2)}{2 \times 3} - \frac{108.97^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_B = \frac{538.59}{25 \times 3} - \frac{11,873.82}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_B = 10.6069$$

- **Suma de cuadrados subtotales.**

$$SS_{SUBTOTAL} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n \frac{Y_{ijk}^2}{n} - \frac{Y_T^2}{axb \times n}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = \frac{(0.63^2 + 0.78^2 + 0.63^2 + \dots + 2.95^2 + 3.01^2)}{3} - \frac{2085.63^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = \frac{287.90}{3} - \frac{11,873.82}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = 16.8081$$

- **Suma de cuadrados de la interacción de factores (AxB)**

$$SS_{AxB} = SS_{SUBTOTAL} - SS_A - SS_B$$

$$SS_{AxB} = 16.8081 - 2.3751 - 10.6069$$

$$SS_{AxB} = 3.8261$$

- **Suma de cuadrados totales.**

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_T^2}{axb \times n}$$

$$SS_T = (0.16^2 + 0.21^2 + \dots + 0.98^2 + 1.00^2) - \frac{2085.63^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_T = 96.04 - \frac{11,873.82}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_T = 16.8813$$

- **Suma de cuadrados del error.**

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB}$$

$$SS_E = 16.8813 - 2.3751 - 10.6069 - 3.8261$$

$$SS_E = 0.0732$$

### MEDIA DE CUADRADOS

- **Media de los cuadrados del factor A.**

$$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$$

$$MS_A = \frac{2.3751}{2 - 1}$$

$$MS_A = 2.3751$$

- **Media de los cuadrados del factor B.**

$$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$$

$$MS_B = \frac{10.6069}{25 - 1}$$

$$MS_B = 0.442$$

- **Media de la interacción de AxB**

$$MS_{AxB} = \frac{SS_{AxB}}{(a - 1) \times (b - 1)}$$

$$MS_{AxB} = \frac{3.8261}{(2 - 1) \times (25 - 1)}$$

$$MS_{AxB} = 0.1594$$

- **Media de los cuadrados del error.**

$$MS_E = \frac{SS_E}{(axb)x(n-1)}$$

$$MS_E = \frac{0.0732}{(2 * 25)x(3 - 1)}$$

$$MS_E = 0.0007$$

### F<sub>0</sub> EXPERIMENTAL

- **Cálculo del F<sub>0</sub> (A).**

$$F_0(A) = \frac{MS_A}{MS_E}$$

$$F_0(A) = \frac{2.3751}{0.0007}$$

$$F_0(A) = 3,246.49$$

- **Cálculo del F<sub>0</sub> (B).**

$$F_0(B) = \frac{MS_B}{MS_E}$$

$$F_0(B) = \frac{0.442}{0.0007}$$

$$F_0(B) = 604.09$$

- **Cálculo del F<sub>0</sub> (AxB).**

$$F_0(AxB) = \frac{MS_{AxB}}{MS_E}$$

$$F_0(AxB) = \frac{0.1594}{0.0007}$$

$$F_0(AxB) = 217.91$$

**Tabla 103:** Resumen del análisis ANOVA para los resultados de caja L

<i>Fuente de variación</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Media de cuadrados</i>	<i>F Experimental</i>	<i>F Teórico</i>
<i>A</i>	<i>1</i>	<i>2.38</i>	<i>2.38</i>	<i>3,246.49</i>	<i>3.95</i>
<i>B</i>	<i>24</i>	<i>10.61</i>	<i>0.44</i>	<i>604.09</i>	<i>1.64</i>
<i>A x B</i>	<i>24</i>	<i>3.83</i>	<i>0.16</i>	<i>217.91</i>	<i>1.64</i>
<i>Error</i>	<i>100</i>	<i>0.07</i>	<i>0.00</i>	<i>-</i>	<i>-</i>

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- Como el  $F_{\text{experimental}} > F_{\text{teórico}}$
- Se acepta  $H_1$ : A medida que se incrementa la dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 mejora su capacidad de paso un concreto autocompactante.
- Se rechaza  $H_0$ : La dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 no influye sobre su capacidad de paso de un concreto autocompactante.

## CALCULO DE LA F EXPERIMENTAL PARA LOS VALORES DE ENSAYO DE ANILLO JAPONES

**Tabla 104:** Resultados de la capacidad de paso, anillo japonés

Cantidad de aditivo (%)	Marca de aditivo			6.50	13.00
	Euco	Sika			
0.00	17.50	16.00	1.95	7.70	13.00
	16.00	16.00		7.60	11.00
	16.00	16.00		6.50	9.50
0.15	16.00	16.00	2.10	7.70	11.50
	17.50	16.00		7.60	10.50
	16.00	16.00		6.50	10.50
0.30	16.00	16.00	2.25	7.70	10.00
	17.50	16.00		7.60	8.50
	16.00	16.00		6.50	9.50
0.45	16.00	16.00	2.40	7.70	10.00
	17.50	16.00		7.60	8.00
	16.00	16.00		6.50	9.00
0.60	9.00	16.00	2.55	7.70	8.50
	9.00	16.00		7.60	8.50
	10.00	16.00		6.50	9.00
0.75	7.50	16.00	2.70	7.70	7.50
	8.50	16.00		7.60	8.50
	7.50	16.00		6.50	8.00
0.90	7.60	16.00	2.85	7.70	7.00
	6.50	16.00		7.60	7.50
	7.70	16.00		6.50	7.50
1.05	7.60	16.00	3.00	7.70	8.50
	6.50	16.00		7.60	7.50
	7.70	16.00		6.50	5.50
1.20	7.60	16.00	3.15	7.70	7.00
	6.50	16.00		7.60	6.00
	7.70	16.00		6.50	5.50
1.35	7.60	16.00	3.30	7.70	6.50
	6.50	16.00		7.60	5.00
	7.70	16.00		6.50	5.50
1.50	7.60	16.00	3.45	7.70	6.50
	6.50	16.00		7.60	5.00
	7.70	16.00		6.50	5.50
1.65	7.60	17.00	3.60	7.70	3.50
	6.50	16.00		7.60	5.00
	7.70	14.50		6.50	4.50
1.80	7.60	15.00		7.70	3.00

Fuente: Elaboración propia, 2019

## Análisis de varianza

**Tabla 105:** Estimación de  $Y_j$  y  $Y_i$  para los datos de anillo japonés

Cantidad de aditivo (%)	Marca de aditivo		YJ
	Euco	Sika	
0.00	49.50	48.00	97.50
0.15	49.50	48.00	97.50
0.30	49.50	48.00	97.50
0.45	49.50	48.00	97.50
0.60	28.00	48.00	76.00
0.75	23.50	48.00	71.50
0.90	21.80	48.00	69.80
1.05	21.80	48.00	69.80
1.20	21.80	48.00	69.80
1.35	21.80	48.00	69.80
1.50	21.80	48.00	69.80
1.65	21.80	47.50	69.30
1.80	21.80	41.00	62.80
1.95	21.80	32.00	53.80
2.10	21.80	31.00	52.80
2.25	21.80	28.00	49.80
2.40	21.80	25.50	47.30
2.55	21.80	25.00	46.80
2.70	21.80	24.00	45.80
2.85	21.80	23.00	44.80
3.00	21.80	20.00	41.80
3.15	21.80	18.50	40.30
3.30	21.80	17.00	38.80
3.45	21.80	14.00	35.80
3.60	21.80	12.50	34.30
YI	663.70	887.00	1550.70

Fuente: Elaboración propia, 2019

### SUMA DE CUADRADOS

- Suma de cuadrados para el factor A.

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{Y_i^2}{bxn} - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

$$SS_A = \frac{(663.70^2 + 887.00^2)}{25 \times 3} - \frac{1550.7^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_A = \frac{1,277,266.69}{25 \times 3} - \frac{2,404,670.49}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_A = 332.42$$

- **Suma de cuadrados para el factor B.**

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y_j^2}{axn} - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

$$SS_B = \frac{(97.5^2 + 97.5^2 + \dots + 38.8^2 + 35.8^2 + 34.3^2)}{2 \times 3} - \frac{1550.7^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_B = \frac{106,049.21}{25 \times 3} - \frac{2,404,670.49}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_B = 1,643.73$$

- **Suma de cuadrados subtotales.**

$$SS_{SUBTOTAL} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n \frac{Y_{ijk}^2}{n} - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = \frac{(49.5^2 + 48.00^2 + 49.50^2 + \dots + 21.8^2 + 12.5^2)}{3} - \frac{1550.7^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = \frac{55,980.81}{3} - \frac{2,404,670.49}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = 2,629.13$$

- **Suma de cuadrados de la interacción de factores (AxB)**

$$SS_{AxB} = SS_{SUBTOTAL} - SS_A - SS_B$$

$$SS_{AxB} = 2,629.13 - 332.42 - 1,643.73$$

$$SS_{AxB} = 652.98$$

- **Suma de cuadrados totales.**

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

$$SS_T = (17.5^2 + 16.0^2 + \dots + 7.70^2 + 3.00^2) - \frac{1550.7^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_T = 18,705.95 - \frac{2,404,670.49}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_T = 2,674.81$$

- **Suma de cuadrados del error.**

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB}$$

$$SS_E = 2,674.81 - 332.42 - 1,643.73 - 652.98$$

$$SS_E = 45.68$$

### MEDIA DE CUADRADOS

- **Media de los cuadrados del factor A.**

$$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$$

$$MS_A = \frac{332.42}{2 - 1}$$

$$MS_A = 332.42$$

- **Media de los cuadrados del factor B.**

$$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$$

$$MS_B = \frac{1,643.73}{25 - 1}$$

$$MS_B = 68.49$$

- **Media de la interacción de AxB**

$$MS_{AxB} = \frac{SS_{AxB}}{(a - 1) \times (b - 1)}$$

$$MS_{AxB} = \frac{652.98}{(2 - 1) \times (25 - 1)}$$

$$MS_{AxB} = 27.21$$

- **Media de los cuadrados del error.**

$$MS_E = \frac{SS_E}{(axb)x(n-1)}$$

$$MS_E = \frac{45.68}{(2 * 25)x(3 - 1)}$$

$$MS_E = 0.46$$

### F<sub>0</sub> EXPERIMENTAL

- **Cálculo del F<sub>0</sub> (A).**

$$F_0(A) = \frac{MS_A}{MS_E}$$

$$F_0(A) = \frac{332.42}{0.46}$$

$$F_0(A) = 727.71$$

- **Cálculo del F<sub>0</sub> (B).**

$$F_0(B) = \frac{MS_B}{MS_E}$$

$$F_0(B) = \frac{68.49}{0.46}$$

$$F_0(B) = 149.93$$

- **Cálculo del F<sub>0</sub> (AxB).**

$$F_0(AxB) = \frac{MS_{AxB}}{MS_E}$$

$$F_0(AxB) = \frac{27.21}{0.46}$$

$$F_0(AxB) = 59.56$$

**Tabla 106:** Resumen del análisis ANOVA para los resultados de anillo japonés

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F Experimental	F Teórico
A	1	332.42	332.42	727.71	3.95
B	24	1,643.73	68.49	149.93	1.64
A x B	24	652.98	27.21	59.56	1.64
Error	100	45.68	0.46	-	-

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- Como el  $F_{\text{experimental}} > F_{\text{teórico}}$
- Se acepta  $H_1$ : A medida que se incrementa la dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 mejora su capacidad de paso un concreto autocompactante.
- Se rechaza  $H_0$ : La dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 no influye sobre su capacidad de paso de un concreto autocompactante.

## CALCULO DE LA F EXPERIMENTAL PARA LOS VALORES DE ENSAYO DE SEGREGACION POR TAMIZ GTM

**Tabla 107:** Resultados de resistencia a la segregación, tamiz GTM

Cantidad de aditivo (%)	Marca de aditivo			13.86	4.23
	Euco	Sika			
0.00	3.78	1.68	1.95	13.69	3.81
	3.32	1.95		15.90	5.37
	3.52	1.58		13.86	4.84
0.15	3.78	1.68	2.10	13.69	4.09
	3.32	1.95		15.90	6.24
	3.52	1.58		13.86	6.46
0.30	3.78	1.68	2.25	13.69	6.31
	3.32	1.95		15.90	8.50
	3.52	1.58		13.86	7.33
0.45	3.78	1.68	2.40	13.69	6.72
	3.32	1.95		15.90	8.78
	3.52	1.58		13.86	9.19
0.60	5.42	1.68	2.55	13.69	9.25
	5.23	1.95		15.90	10.11
	5.65	1.58		13.86	9.98
0.75	10.14	1.68	2.70	13.69	9.77
	10.70	1.95		15.90	11.65
	9.98	1.58		13.86	11.97
0.90	15.90	1.68	2.85	13.69	12.36
	13.86	1.95		15.90	13.19
	13.69	1.58		13.86	13.38
1.05	15.90	1.68	3.00	13.69	12.56
	13.86	1.95		15.90	16.14
	13.69	1.58		13.86	12.89
1.20	15.90	1.68	3.15	13.69	13.42
	13.86	1.95		15.90	17.23
	13.69	1.58		13.86	13.90
1.35	15.90	1.68	3.30	13.69	16.98
	13.86	1.95		15.90	18.00
	13.69	1.58		13.86	16.84
1.50	15.90	1.68	3.45	13.69	19.36
	13.86	1.95		15.90	22.78
	13.69	1.58		13.86	21.38
1.65	15.90	2.57	3.60	13.69	22.24
	13.86	2.18		15.90	23.91
	13.69	1.88		13.86	23.21
1.80	15.90	3.92		13.69	24.35

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## Análisis de varianza

**Tabla 108:** Estimación de  $Y_j$  y  $Y_i$  para los datos de segregación por tamiz GTM

Cantidad de aditivo (%)	Marca de aditivo		YJ
	Euco	Sika	
0.00	10.62	5.22	15.84
0.15	10.62	5.22	15.84
0.30	10.62	5.22	15.84
0.45	10.62	5.22	15.84
0.60	16.30	5.22	21.52
0.75	30.82	5.22	36.04
0.90	43.45	5.22	48.67
1.05	43.45	5.22	48.67
1.20	43.45	5.22	48.67
1.35	43.45	5.22	48.67
1.50	43.45	5.22	48.67
1.65	43.45	6.63	50.09
1.80	43.45	11.95	55.41
1.95	43.45	14.30	57.75
2.10	43.45	19.01	62.46
2.25	43.45	22.55	66.01
2.40	43.45	27.22	70.68
2.55	43.45	29.86	73.31
2.70	43.45	35.98	79.43
2.85	43.45	39.14	82.60
3.00	43.45	42.45	85.90
3.15	43.45	48.10	91.55
3.30	43.45	54.20	97.65
3.45	43.45	66.40	109.86
3.60	43.45	71.47	114.92
YI	915.24	546.68	1461.92

Fuente: Elaboración propia, 2019

### SUMA DE CUADRADOS

- Suma de cuadrados para el factor A.

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{Y_i^2}{bxn} - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

$$SS_A = \frac{(915.24^2 + 546.68^2)}{25 \times 3} - \frac{1461.92^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_A = \frac{1,136,518.21}{25 \times 3} - \frac{2,137,198.26}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_A = 905.59$$

- **Suma de cuadrados para el factor B.**

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y_j^2}{axn} - \frac{Y_T^2}{axb \times n}$$

$$SS_B = \frac{(15.84^2 + 15.84^2 + \dots + 97.65^2 + 109.86^2 + 114.92^2)}{2 \times 3} - \frac{1461.92^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_B = \frac{105,856.72}{25 \times 3} - \frac{2,137,198.26}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_B = 3,394.80$$

- **Suma de cuadrados subtotales.**

$$SS_{SUBTOTAL} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n \frac{Y_{ijk}^2}{n} - \frac{Y_T^2}{axb \times n}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = \frac{(10.62^2 + 5.22^2 + 10.62^2 + \dots + 43.45^2 + 71.47^2)}{3} - \frac{1461.92^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = \frac{60,132.84}{3} - \frac{2,137,198.26}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = 5,796.29$$

- **Suma de cuadrados de la interacción de factores (AxB)**

$$SS_{AxB} = SS_{SUBTOTAL} - SS_A - SS_B$$

$$SS_{AxB} = 5,796.29 - 905.59 - 3,394.80$$

$$SS_{AxB} = 1,495.29$$

- **Suma de cuadrados totales.**

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_T^2}{axb \times n}$$

$$SS_T = (3.78^2 + 1.68^2 + \dots + 13.69^2 + 24.35^2) - \frac{2085.63^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_T = 20,124.94 - \frac{2,137,198.26}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_T = 5,876.95$$

- **Suma de cuadrados del error.**

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB}$$

$$SS_E = 5,876.95 - 905.59 - 3,394.80 - 1,495.29$$

$$SS_E = 80.65$$

### MEDIA DE CUADRADOS

- **Media de los cuadrados del factor A.**

$$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$$

$$MS_A = \frac{905.59}{2 - 1}$$

$$MS_A = 905.59$$

- **Media de los cuadrados del factor B.**

$$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$$

$$MS_B = \frac{3,394.80}{25 - 1}$$

$$MS_B = 141.45$$

- **Media de la interacción de AxB**

$$MS_{AxB} = \frac{SS_{AxB}}{(a - 1) \times (b - 1)}$$

$$MS_{AxB} = \frac{1,495.29}{(2 - 1) \times (25 - 1)}$$

$$MS_{AxB} = 62.33$$

- **Media de los cuadrados del error.**

$$MS_E = \frac{SS_E}{(axb)x(n-1)}$$

$$MS_E = \frac{80.65}{(2 * 25)x(3-1)}$$

$$MS_E = 0.81$$

### F<sub>0</sub> EXPERIMENTAL

- **Cálculo del F<sub>0</sub> (A).**

$$F_0(A) = \frac{MS_A}{MS_E}$$

$$F_0(A) = \frac{905.59}{0.81}$$

$$F_0(A) = 1,122.8$$

- **Cálculo del F<sub>0</sub> (B).**

$$F_0(B) = \frac{MS_B}{MS_E}$$

$$F_0(B) = \frac{141.45}{0.81}$$

$$F_0(B) = 175.38$$

- **Cálculo del F<sub>0</sub> (AxB).**

$$F_0(AxB) = \frac{MS_{AxB}}{MS_E}$$

$$F_0(AxB) = \frac{62.33}{0.81}$$

$$F_0(AxB) = 77.28$$

**Tabla 109:** Resumen del análisis ANOVA para los resultados de tamiz GTM

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F Experimental	F Teórico
A	1	905.59	905.59	1,122.80	3.95
B	24	3,394.80	141.45	175.38	1.64
A x B	24	1,495.91	62.33	77.28	1.64
Error	100	80.65	0.81	-	-

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- Como el  $F_{\text{experimental}} > F_{\text{teórico}}$
- Se acepta  $H_1$ : A medida que se incrementa la dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 aumenta la resistencia de segregación de un concreto autocompactante.
- Se rechaza  $H_0$ : La dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 no a la resistencia de segregación de paso de un concreto autocompactante.

**CALCULO DE LA F EXPERIMENTAL PARA VALORES A COMPRESIÓN:**
**Tabla 110:** Resultados a la compresión axial

Cantidad de aditivo (%)	Marca de aditivo				
	Euco	Sika			
0.00	404.35	404.35	1.95	508.33	526.89
	400.20	400.20		505.35	544.55
	395.40	395.40		502.88	539.23
0.15	490.68	415.65	2.10	508.33	545.85
	492.24	405.65		505.35	556.49
	485.87	409.68		502.88	558.31
0.30	517.68	415.78	2.25	508.33	546.37
	501.32	413.57		505.35	557.92
	526.12	419.02		502.88	558.44
0.45	541.30	421.49	2.40	508.33	558.05
	536.37	423.05		505.35	562.20
	535.59	428.50		502.88	571.29
0.60	574.92	444.60	2.55	508.33	574.14
	590.76	442.91		505.35	565.71
	585.57	439.66		502.88	579.86
0.75	551.95	454.07	2.70	508.33	576.09
	531.70	462.51		505.35	585.83
	563.50	460.69		502.88	585.83
0.90	502.88	467.57	2.85	508.33	591.67
	508.33	465.49		508.33	597.25
	505.35	475.23		505.35	586.22
1.05	502.88	480.55	3.00	502.88	601.27
	508.33	474.97		508.33	604.78
	505.35	481.72		505.35	609.71
1.20	502.88	493.53	3.15	502.88	621.01
	508.33	491.59		508.33	624.77
	505.35	498.86		505.35	614.26
1.35	502.88	504.83	3.30	502.88	601.40
	508.33	506.64		508.33	594.01
	505.35	509.50		505.35	608.80
1.50	502.88	516.38	3.45	502.88	590.76
	508.33	513.13		508.33	591.67
	505.35	508.59		505.35	587.90
1.65	502.88	526.12	3.60	502.88	563.76
	508.33	519.50		508.33	551.56
	505.35	520.01		505.35	583.62
1.80	502.88	533.90		502.88	539.88
				508.33	560.90
				505.35	556.10

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## Análisis de varianza

**Tabla 111:** Estimación de  $Y_j$  y  $Y_i$  para los datos de resistencia a la compresión axial

Cantidad de aditivo (%)	Marca de aditivo		YJ
	Euco	Sika	
0.00	1200.0	1200.0	2399.9
0.15	1468.8	1231.0	2699.8
0.30	1545.1	1248.4	2793.5
0.45	1613.3	1273.0	2886.3
0.60	1751.3	1327.2	3078.4
0.75	1647.1	1377.3	3024.4
0.90	1516.6	1408.3	2924.9
1.05	1516.6	1437.2	2953.8
1.20	1516.6	1484.0	3000.5
1.35	1516.6	1521.0	3037.5
1.50	1516.6	1538.1	3054.7
1.65	1516.6	1565.6	3082.2
1.80	1516.6	1605.3	3121.9
1.95	1516.6	1641.6	3158.1
2.10	1516.6	1662.6	3179.2
2.25	1516.6	1678.7	3195.2
2.40	1516.6	1711.1	3227.7
2.55	1516.6	1741.8	3258.3
2.70	1516.6	1775.1	3291.7
2.85	1516.6	1815.8	3332.3
3.00	1516.6	1860.0	3376.6
3.15	1516.6	1804.2	3320.8
3.30	1516.6	1770.3	3286.9
3.45	1516.6	1698.9	3215.5
3.60	1516.6	1656.9	3173.4
YI	38040.1	39033.4	77073.5

Fuente: Elaboración propia, 2019

### SUMA DE CUADRADOS

- Suma de cuadrados para el factor A.

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{Y_i^2}{bxn} - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

$$SS_A = \frac{(38040.1^2 + 39033.4^2)}{25 \times 3} - \frac{77073.5^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_A = \frac{2,970,657,475.26}{25 \times 3} - \frac{5,940,328,309.93}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_A = 6,577.60$$

- **Suma de cuadrados para el factor B.**

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y_j^2}{axn} - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

$$SS_B = \frac{(2399.9^2 + 2699.8^2 + 2793.5^2 + \dots + 3215.5^2 + 3173.4^2)}{2 \times 3} - \frac{77073.5^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_B = \frac{238,800,384.30}{25 \times 3} - \frac{5,940,328,309.93}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_B = 197,875.32$$

- **Suma de cuadrados subtotales.**

$$SS_{SUBTOTAL} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n \frac{Y_{ijk}^2}{n} - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = \frac{(1200^2 + 1200^2 + 1468.8^2 + \dots + 1516.6^2 + 1656.9^2)}{3} - \frac{77073.5^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = \frac{119,984,785.00}{3} - \frac{5,940,328,309.93}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = 392,739.60$$

- **Suma de cuadrados de la interacción de factores (AxB)**

$$SS_{AxB} = SS_{SUBTOTAL} - SS_A - SS_B$$

$$SS_{AxB} = 392,739.60 - 6,577.60 - 197,875.32$$

$$SS_{AxB} = 188,286.68$$

- **Suma de cuadrados totales.**

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

$$SS_T = (404.35^2 + 404.35^2 + \dots + 505.35^2 + 556.10^2) - \frac{77073.5^2}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_T = 39,998,154.92 - \frac{5,940,328,309.93}{2 \times 25 \times 3}$$

$$SS_T = 395,966.19$$

- **Suma de cuadrados del error.**

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB}$$

$$SS_E = 395,966.19 - 6,577.60 - 197,875.32 - 188,286.68$$

$$SS_E = 3,226.58$$

### MEDIA DE CUADRADOS

- **Media de los cuadrados del factor A.**

$$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$$

$$MS_A = \frac{6,577.6}{2 - 1}$$

$$MS_A = 6,577.60$$

- **Media de los cuadrados del factor B.**

$$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$$

$$MS_B = \frac{197,875.32}{25 - 1}$$

$$MS_B = 8,244.80$$

- **Media de la interacción de AxB**

$$MS_{AxB} = \frac{SS_{AxB}}{(a - 1) \times (b - 1)}$$

$$MS_{AxB} = \frac{188,286.68}{(2 - 1) \times (25 - 1)}$$

$$MS_{AxB} = 7,845.28$$

- **Media de los cuadrados del error.**

$$MS_E = \frac{SS_E}{(axb)x(n-1)}$$

$$MS_E = \frac{3,226.58}{(2 * 25)x(3 - 1)}$$

$$MS_E = 32.27$$

### F<sub>0</sub> EXPERIMENTAL

- **Cálculo del F<sub>0</sub> (A).**

$$F_0(A) = \frac{MS_A}{MS_E}$$

$$F_0(A) = \frac{6,577.60}{32.27}$$

$$F_0(A) = 203.86$$

- **Cálculo del F<sub>0</sub> (B).**

$$F_0(B) = \frac{MS_B}{MS_E}$$

$$F_0(B) = \frac{8,244.80}{32.27}$$

$$F_0(B) = 255.53$$

- **Cálculo del F<sub>0</sub> (AxB).**

$$F_0(AxB) = \frac{MS_{AxB}}{MS_E}$$

$$F_0(AxB) = \frac{7,845.28}{32.27}$$

$$F_0(AxB) = 243.14$$

**Tabla 112:** Resumen del análisis ANOVA para los resultados de compresión axial

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F Experimental	F Teórico
A	1	6,577.60	6,577.60	203.86	3.95
B	24	197,875.32	8,244.80	255.53	1.64
A x B	24	188,286.68	7,845.28	243.14	1.64
Error	100	3,226.58	32.27	-	-

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- Como el  $F_{\text{experimental}} > F_{\text{teórico}}$
- Se acepta  $H_1$ : A medida que se incrementa la dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 aumenta la resistencia a compresión de un concreto autocompactante.
- Se rechaza  $H_0$ : La dosis de superplastificante Euco Neoplast 8500HP y Sika Viscocrete SC-60 no influye sobre su resistencia a la compresión de un concreto autocompactante.

**ANEXO N° 22: ANALISIS DE PRECIOS**

<b>TABLA DE SALARIOS Y BENEFICIOS SOCIALES</b>									
<b>Expediente N° 173-2019-MTPE/2/14-NC</b>									
<b>(Del 01.06.2019 al 31.05.2020)</b>									
<b>OPERARIO</b>					<b>Indemnizac.</b>		<b>vacaciones</b>		
Jornal	70.30	*	6	días	421.80	diario	10.55	7.03	
Jornal Dominical	11.72	*	6	días	70.30	semanal	63.27	42.18	
BUC 32 %	22.50	*	6	días	134.98				
Bonif. Por Movilidad	8.00	*	6	días	48.00				
					-----	<b>Fiest. Patri.</b>		<b>Fiest. Navid.</b>	
Total Salarios					675.08	diario	13.39	18.75	
Descuento ONP 13%					81.52	mensual	401.71	562.40	
Descuento CONAF. 2%					9.84	Total	2812.00	2812.00	
Pago Neto Semanal					583.71	Ley N° 30334, Exonera a las gratif. del descuento del SNP o SPP.			
El 9% correspondiente a EsSalud se paga al trabajador									
<b>OFICIAL</b>					<b>Indemnizac.</b>		<b>vacaciones</b>		
Jornal	55.40	*	6	días	332.40	diario	8.31	5.54	
Jornal Dominical	9.23	*	6	días	55.40	semanal	49.86	33.24	
BUC 30 %	16.62	*	6	días	99.72				
Bonif. Por Movilidad	8.00	*	6	días	48.00				
					-----	<b>Fiest. Patri.</b>		<b>Fiest. Navid.</b>	
Total Salarios					535.52	diario	10.55	14.77	
Descuento ONP 13%					63.38	mensual	316.57	443.20	
Descuento CONAF. 2%					7.76	Total	2216.00	2216.00	
Pago Neto Semanal					464.39	Ley N° 30334, Exonera a las gratif. del descuento del SNP o SPP.			
El 9% correspondiente a EsSalud se paga al trabajador									
<b>PEON</b>					<b>Indemnizac.</b>		<b>vacaciones</b>		
Jornal	49.70	*	6	días	298.20	diario	7.46	4.97	
Jornal Dominical	8.28	*	6	días	49.70	semanal	44.73	29.82	
BUC 30 %	14.91	*	6	días	89.46				
Bonif. Por Movilidad	8.00	*	6	días	48.00				
					-----	<b>Fiest. Patri.</b>		<b>Fiest. Navid.</b>	
Total Salarios					485.36	diario	9.47	13.25	
Descuento ONP 13%					56.86	mensual	284.00	397.60	
Descuento CONAF. 2%					6.96	Total	1988.00	1988.00	
Pago Neto Semanal					421.55	Ley N° 30334, Exonera a las gratif. del Descuento del SNP o SPP.			
El 9% correspondiente a EsSalud se paga al trabajador									

Para calcular el costo de producción de un concreto autocompactante adicionado con aditivo superplastificante se han analizado la mano de obra, materiales y equipos; los precios de los materiales fueron obtenidos por las empresas donde se adquirieron. Las cuadrillas con los rendimientos fueron obtenidas de la revista CAPECO y CONAFOVICER.

El análisis de precios se realizó para utilizarlos en muros y placas de concreto armado mediante una alta densidad de acero, se utilizaron dos adiciones de superplastificante Euco y Sika respectivamente.

**Figura 68:** Rendimiento de concreto para muros

4.00		CONCRETO ARMADO						
4.01	Zapatas	M3	25,00	0,2	2	2	8	1 mezcladora (9-11p3) 1 vibrador transporte canaletas
4.02	Vigas de cimentación	M3	20,00	0,2	2	2	8	1 mezcladora (9-11p3)
	Curado	M3	80,00	0,1	—	—	1	(9-11p3) 1 vibrador transporte en boogie
4.03	Losas de cimentación.	M3	22,00	0,2	2	2	8	1mezcladora (9-11p3) 1 vibrador transp. En boogie
	Curado	M3	88,0	0.1	—	—	1	
4.04	Muros de sostenimiento (0.20m. o más)	M3	10,0	0.2	2	2	10	1 mezcladora (9-11p3) 1 vibrador 1 wincha
	Curado	M3	30,0	0.1	—	—	1	

**Fuente:** CAPECO, 2018

**Figura 69:** Análisis de costo del concreto convencional

CONCRETO CONVENCIONAL ACI 211						
PARTIDA	CONCRETO $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$	RENDIMIENTO :			10 $M^3/DIA$	
UNIDAD	$M^3$				PRECIO TOTAL:	<b>S/. 398.86</b>
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	
<b>MANO DE OBRA</b>						<b>S/. 299.36</b>
Operario	hh	1.00	0.80	70.30	56.24	
Oficial	hh	1.00	0.80	55.40	44.32	
Peón	hh	5.00	4.00	49.70	198.8	
<b>MATERIALES</b>						<b>S/. 82.52</b>
Agregado fino	m3		0.761	40.00	30.44	
Confitillo 3/8"	m3		0.78	50.00	39.00	
Cemento Portland Tipo I	bol		0.483	24.46	11.81	
Agua puesta en obra	m3		0.254	5.00	1.27	
<b>EQUIPOS</b>						<b>S/. 16.98</b>
Mezcladora de concreto tambor 23 HP 11 P3	hm	1.00	0.40	10.00	4.00	
Vibrador de concreto 4HP 2.40"	hm	1.00	0.40	10.00	4.00	
Herramientas manuales	%MO		3.00		8.98	

Fuente: Elaboración Propia, 2019

**Figura 70:** Análisis de costo del concreto autocompactante patrón

CONCRETO AUTOCOMPACTANTE PATRON 0% DE ADICION						
PARTIDA	CONCRETO $f_c = 387 \text{ kg/cm}^2$	RENDIMIENTO :			10 $M^3/DIA$	
UNIDAD	$M^3$				PRECIO TOTAL:	<b>S/. 398.49</b>
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	
<b>MANO DE OBRA</b>						<b>S/. 299.36</b>
Operario	hh	1.00	0.80	70.30	56.24	
Oficial	hh	1.00	0.80	55.40	44.32	
Peón	hh	5.00	4.00	49.70	198.8	
<b>MATERIALES</b>						<b>S/. 82.15</b>
Agregado fino	m3		0.761	40.00	30.44	
Confitillo 3/8"	m3		0.78	50.00	39.00	
Cemento portland Tipo I	bol		0.483	24.46	11.81	
Agua puesta en obra	m3		0.18	5.00	0.90	
<b>EQUIPOS</b>						<b>S/. 16.98</b>
Mezcladora de concreto tambor 23 HP 11 P3	hm	1.00	0.40	10.00	4.00	
Vibradora de concreto 4HP 2.40"	hm	1.00	0.40	10.00	4.00	
Herramientas manuales	%MO		3.00		8.98	

Fuente: Elaboración Propia, 2019

**Figura 71:** Análisis de costo del concreto autocompactante euco

CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EUCO 0.60%						
PARTIDA	CONCRETO $f_c = 544 \text{ kg/cm}^2$	RENDIMIENTO :			10 $M^3/DIA$	
UNIDAD	$M^3$				PRECIO TOTAL:	S/. 414.23
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	
<b>MANO DE OBRA</b>						S/. 299.36
Operario	hh	1.00	0.80	70.30	56.24	
Oficial	hh	1.00	0.80	55.40	44.32	
Peón	hh	5.00	4.00	49.70	198.8	
<b>MATERIALES</b>						S/. 101.89
Agregado fino	m3		0.761	40.00	30.44	
Confitillo 3/8"	m3		0.78	50.00	39.00	
Cemento portland Tipo I	bol		0.483	24.46	11.81	
Aditivo EucoNeoplast 8500 HP	kg		0.12	164.50	19.74	
Agua puesta en obra	m3		0.18	5.00	0.90	
<b>EQUIPOS</b>						S/. 12.98
Mezcladora de concreto tambor 23 HP 11 P3	hm	1.00	0.40	10.00	4.00	
Herramientas manuales	%MO		3.00		8.98	

Fuente: Elaboración Propia, 2019

**Figura 72:** Análisis de costos del concreto autocompactante sika

CONCRETO AUTOCOMPACTANTE SIKA 2.55%						
PARTIDA	CONCRETO $f_c = 515 \text{ kg/cm}^2$	RENDIMIENTO :			10 $M^3/DIA$	
UNIDAD	$M^3$				PRECIO TOTAL:	S/. 453.22
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	
<b>MANO DE OBRA</b>						S/. 299.36
Operario	hh	1.00	0.80	70.30	56.24	
Oficial	hh	1.00	0.80	55.40	44.32	
Peón	hh	5.00	4.00	49.70	198.8	
<b>MATERIALES</b>						S/. 140.88
Agregado fino	m3		0.761	40.00	30.44	
Confitillo 3/8"	m3		0.78	50.00	39.00	
Cemento portland Tipo I	bol		0.483	24.46	11.81	
Aditivo Sika Viscocrete SC-60	kg		0.51	115.15	58.73	
Agua puesta en obra	m3		0.18	5.00	0.90	
<b>EQUIPOS</b>						S/. 12.98
Mezcladora de concreto tambor 23 HP 11 P3	hm	1.00	0.40	10.00	4.00	
Herramientas manuales	%MO		3.00		8.98	

Fuente: Elaboración Propia, 2019

## ANEXO N° 23: PANEL FOTOGRAFICO

**Figura 73:** Ensayo de extensión de flujo por cono de Abrams y T<sub>500</sub>



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

**Figura 74:** Ensayo de anillo japonés



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

**Figura 75:** Ensayo de embudo V



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

**Figura 76:** Ensayo de caja L



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

**Figura 77:** Ensayo de Tamiz GTM



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

**Figura 78:** Ensayo de Tamiz GTM



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

**Figura 79:** Probetas patrón concreto convencional ACI 211



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

**Figura 80:** Probetas patrón concreto autocompactante



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

**Figura 81:** *Especímenes ensayados a la compresión axial*



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019