

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y  
DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS  
PROPIEDADES DEL CONCRETO ANTIDESLAVE,  
TRUJILLO 2021

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autores:

Lizbeth Ramirez Alva

Robin Fernando Yupanqui Garcia

Asesor:

Ing. Alberto Rubén Vásquez Diaz

Trujillo - Perú

2021

## DEDICATORIA

*A Dios, por cada día darme salud y fuerzas para salir adelante y enfrentar los obstáculos de la vida social y profesional.*

*A mi madre, Leosmira Alva Mesía, por enseñarme a ser persona, hija y profesional, por ser mi ejemplo de vida y motivarme a cada día salir adelante.*

*A mis hermanas, Leslie, Magaly y Jheny, por su apoyo emocional y cariño, que este sea un ejemplo a seguir para que cada una cumpla con sus proyectos de vida y metas.*

*A mi mejor amigo, David Peralta Fernández, por hacerme cada día una mujer fuerte, por ayudarme a enfrentarme a mis miedos, por escucharme, aconsejarme y cuidarme desde el cielo.*

*A mi enamorado, Wessechewan Ramos Romero, por haberme acompañado en el transcurso de mi carrera y seguir apoyándome en mi profesión.*

*A mis amigos, de la Confirmación, de la EseJoven Trujillo y a los Jesuitas por guiarme a un camino lleno de amor y de espiritualidad ignaciana, y sobre todo por ser MAGIS en mi vida.*

**Ramírez Alva, Lizbeth**

*A Dios, por su infinita bondad y su gran amor de permitirme estar con vida, por darme salud, sabiduría y la fortaleza de seguir adelante; y por ser la luz que guía mi camino día a día.*

*A mi madre, Lucy Nerie Garcia Castillo, por su devoción y paciencia, por haberme educado los principios de respeto y honestidad, quien me brindó su confianza y me alentó siempre en todo para culminar con éxito mis estudios; y por ser a la vez, mi fuente de inspiración.*

*A mi padre, Samuel Yupanqui Cruzado, por haberme inculcado el valor del esfuerzo y sacrificio, quien, a pesar de las adversidades, me ha proporcionado todo y cada cosa que he necesitado; así también, por sus sabios consejos que compartió conmigo y me ayudaron a tomar decisiones correctas.*

*A mis hermanos, Anderson y Airthon, quienes me apoyaron en todo momento de mi vida, les dedico con mucho orgullo y cariño este logro tan anhelado, que sea ejemplo de motivación para que alcancen sus metas propuestas.*

***Yupanqui Garcia, Robin Fernando***

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme hecho llegar en donde estoy, por darme cada día una nueva oportunidad de vida, salud, por guiarme y darme fuerzas para poder lograr mis metas.

A mi madre, Leosmira Alva Mesía, que trabajó cada día para poder darme una profesión y motivarme a elegir esta carrera, por su confianza y paciencia permitiendo que pueda vencer cualquier obstáculo en mi vida.

A mis familiares, que también estuvieron pendientes de mi desarrollo como profesional apoyándome y que sea de ejemplo para que cada uno cumpla sus metas.

A mi compañero de tesis, Robin Fernando Yupanqui Garcia, por la paciencia y la motivación para poder terminar nuestra tesis y dar un paso más en nuestra vida profesional.

**Ramírez Alva, Lizbeth**

Agradezco a mi tío, Estay Robert Garcia Castillo, por incentivarne a elegir esta carrera y por haber impulsado en mí, el deseo de superación.

Al asesor Ing. Alberto Rubén Vásquez Diaz, por la dirección y orientación en el tema de esta investigación, por su valioso tiempo y dedicación en las asesorías; y por la donación de las muestras de microsíllice Sika Fume y del aditivo superplastificante Sika ViscoCrete SC-50.

A la plana docente de la carrera de Ingeniería Civil, quienes con sus enseñanzas forjaron en mi camino profesional. Del mismo modo, a mis amigos y compañeros con quienes compartimos gratos momentos de perseverancia en los estudios.

Al laboratorio Quality Control Express SAC, por brindarnos los espacios y equipos necesarios para el desarrollo de los ensayos. Asimismo, a los técnicos de laboratorio que nos han dado su incondicional apoyo.

Finalmente, a todas aquellas personas que de cierta forma respaldaron y contribuyeron en la realización de la presente investigación.

**Yupanqui Garcia, Robin Fernando**

## Tabla de contenidos

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO.....	4
ÍNDICE DE TABLAS .....	6
ÍNDICE DE FIGURAS .....	14
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	18
RESUMEN .....	20
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	22
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	60
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	96
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	113
REFERENCIAS.....	137
ANEXOS .....	197

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Hipótesis general</i> .....	27
<i>Tabla 2 Hipótesis específica N°01</i> .....	27
<i>Tabla 3 Hipótesis específica N°02</i> .....	28
<i>Tabla 4 Propiedades físicas de los agregados</i> .....	35
<i>Tabla 5 Principales compuestos químicos del cemento.</i> .....	36
<i>Tabla 6 Límites permisibles para el agua de mezcla y de curado.</i> .....	39
<i>Tabla 7 Clasificación de adiciones</i> .....	40
<i>Tabla 8 Características físicas del microsílíce.</i> .....	41
<i>Tabla 9 Composición química del cemento portland, ceniza volante y microsílíce</i> .....	41
<i>Tabla 10 Efectos del microsílíce sobre las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido</i> .....	43
<i>Tabla 11 Clasificación de los aditivos superplastificantes según sus principales compuestos químicos</i> .....	45
<i>Tabla 12 Efectos del aditivo PCE sobre las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido</i> .....	49
<i>Tabla 13 Propiedades del concreto antideslave en estado fresco</i> .....	51
<i>Tabla 14 Clases de escurrimiento</i> .....	51
<i>Tabla 15 Clases de capacidad de paso (Ensayo de la Caja en L)</i> .....	52
<i>Tabla 16 Clases de viscosidad</i> .....	52
<i>Tabla 17 Clases de resistencia a la segregación (Ensayo de segregación en tamiz)</i> .....	53
<i>Tabla 18 Requisitos generales para la autocompactabilidad</i> .....	53
<i>Tabla 19 Valores de índice de estabilidad visual (VSI)</i> .....	54
<i>Tabla 20 Valores permisibles de deslave</i> .....	55
<i>Tabla 21 Operacionalización de la variable dependiente</i> .....	60
<i>Tabla 22 Niveles de las variables de estudio</i> .....	61
<i>Tabla 23 Matriz de diseño experimental</i> .....	62
<i>Tabla 24 Valores de la distribución normal estandarizada</i> .....	63
<i>Tabla 25 Resistencia a la compresión de la adición óptima con diferentes relaciones de agua/cemento a 28 días</i> .....	64
<i>Tabla 26 Estimación de la desviación estándar</i> .....	64
<i>Tabla 27 Muestras para ensayos en estado endurecido</i> .....	65
<i>Tabla 28 Muestras para ensayos en estado fresco</i> .....	66

<i>Tabla 29</i> Formato para el análisis granulométrico del agregado fino .....	70
<i>Tabla 30</i> Formato para el análisis granulométrico del agregado grueso .....	71
<i>Tabla 31</i> Formato para el contenido de humedad de los agregados .....	72
<i>Tabla 32</i> Formato para el peso unitario suelto y compactado de los agregados.....	73
<i>Tabla 33</i> Formato para el peso específico y absorción del agregado grueso.....	75
<i>Tabla 34</i> Formato para el peso específico y absorción del agregado fino .....	77
<i>Tabla 35</i> Objetivo del flujo de asentamiento.....	78
<i>Tabla 36</i> Parámetros de proporción de mezcla .....	78
<i>Tabla 37</i> Rangos sugeridos de contenido de material cementicio .....	79
<i>Tabla 38</i> Contenido de aire atrapado .....	79
<i>Tabla 39</i> Formato para volúmenes absolutos de la pasta y agregados por m <sup>3</sup> según el diseño .....	80
<i>Tabla 40</i> Formato para los pesos corregidos por humedad por m <sup>3</sup> .....	82
<i>Tabla 41</i> Formato para proporciones en peso y volumen por bolsa de cemento.....	83
<i>Tabla 42</i> Formato de resultados para el ensayo de temperatura.....	84
<i>Tabla 43</i> Formato de resultados para el ensayo de peso unitario del concreto.....	86
<i>Tabla 44</i> Formato de resultados para el ensayo de escurrimiento .....	87
<i>Tabla 45</i> Formato de resultados para el ensayo de caja en L.....	88
<i>Tabla 46</i> Formato de resultados para el ensayo de embudo en V.....	89
<i>Tabla 47</i> Formato de resultados para el ensayo de índice de estabilidad visual.....	90
<i>Tabla 48</i> Formato de resultados para el ensayo de pérdida de finos .....	91
<i>Tabla 49</i> Formato para descripción del comportamiento del concreto antideslave por el método tremie.....	92
<i>Tabla 50</i> Formato de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión.....	94
<i>Tabla 51</i> Caracterización del agregado fino.....	96
<i>Tabla 52</i> Caracterización del agregado grueso.....	96
<i>Tabla 53</i> Diseño de mezcla de concreto antideslave: 5% Microsílice + 0.85% Aditivo Superplastificante .....	97
<i>Tabla 54</i> Diseño de mezcla de concreto antideslave: 5% Microsílice + 1.00% Aditivo Superplastificante .....	97
<i>Tabla 55</i> Diseño de mezcla de concreto antideslave: 5% Microsílice + 1.15% Aditivo Superplastificante .....	97
<i>Tabla 56</i> Diseño de mezcla de concreto antideslave: 10% Microsílice + 1.15% Aditivo Superplastificante .....	98
<i>Tabla 57</i> Diseño de mezcla de concreto antideslave: 10% Microsílice + 1.25% Aditivo Superplastificante .....	98
<i>Tabla 58</i> Diseño de mezcla de concreto antideslave: 10% Microsílice + 1.35% Aditivo Superplastificante .....	98

<b>Tabla 59</b>	<i>Diseño de mezcla de concreto antideslave: 15% Microsílice + 1.25% Aditivo Superplastificante</i>	99
<b>Tabla 60</b>	<i>Diseño de mezcla de concreto antideslave: 15% Microsílice + 1.50% Aditivo Superplastificante</i>	99
<b>Tabla 61</b>	<i>Diseño de mezcla de concreto antideslave: 15% Microsílice + 1.75% Aditivo Superplastificante</i>	99
<b>Tabla 62</b>	<i>Ensayo de temperatura: 5% Microsílice + (0.85, 1.00, 1.15) % Aditivo Superplastificante</i>	100
<b>Tabla 63</b>	<i>Ensayo de temperatura: 10% Microsílice + (1.15, 1.25, 1.35) % Aditivo Superplastificante</i>	100
<b>Tabla 64</b>	<i>Ensayo de temperatura: 15% Microsílice + (1.25, 1.50, 1.75) % Aditivo Superplastificante</i>	100
<b>Tabla 65</b>	<i>Ensayo de peso unitario: 5% Microsílice + (0.85, 1.00, 1.15) % Aditivo Superplastificante</i>	101
<b>Tabla 66</b>	<i>Ensayo de peso unitario: 10% Microsílice + (1.15, 1.25, 1.35) % Aditivo Superplastificante</i>	101
<b>Tabla 67</b>	<i>Ensayo de peso unitario: 15% Microsílice + (1.25, 1.50, 1.75) % Aditivo Superplastificante</i>	101
<b>Tabla 68</b>	<i>Ensayo de escurrimiento: 5% Microsílice + (0.85, 1.00, 1.15) % Aditivo Superplastificante</i>	102
<b>Tabla 69</b>	<i>Ensayo de escurrimiento: 10% Microsílice + (1.15, 1.25, 1.35) % Aditivo Superplastificante</i>	102
<b>Tabla 70</b>	<i>Ensayo de escurrimiento: 15% Microsílice + (1.25, 1.50, 1.75) % Aditivo Superplastificante</i>	102
<b>Tabla 71</b>	<i>Ensayo de Caja en L: 5% Microsílice + (0.85, 1.00, 1.15) % Aditivo Superplastificante</i>	103
<b>Tabla 72</b>	<i>Ensayo de Caja en L: 10% Microsílice + (1.15, 1.25, 1.35) % Aditivo Superplastificante</i>	103
<b>Tabla 73</b>	<i>Ensayo de Caja en L: 15% Microsílice + (1.25, 1.50, 1.75) % Aditivo Superplastificante</i>	103
<b>Tabla 74</b>	<i>Ensayo del Embudo en V: 5% Microsílice + (0.85, 1.00, 1.15) % Aditivo Superplastificante</i>	104
<b>Tabla 75</b>	<i>Ensayo del Embudo en V: 10% Microsílice + (1.15, 1.25, 1.35) % Aditivo Superplastificante</i>	104
<b>Tabla 76</b>	<i>Ensayo del Embudo en V: 15% Microsílice + (1.25, 1.50, 1.75) % Aditivo Superplastificante</i>	104
<b>Tabla 77</b>	<i>Ensayo del Índice de Estabilidad Visual: 5% Microsílice + 0.85 % Aditivo Superplastificante</i>	105
<b>Tabla 78</b>	<i>Ensayo del Índice de Estabilidad Visual: 5% Microsílice + 1.00 % Aditivo Superplastificante</i>	105
<b>Tabla 79</b>	<i>Ensayo del Índice de Estabilidad Visual: 5% Microsílice + 1.15 % Aditivo Superplastificante</i>	105
<b>Tabla 80</b>	<i>Ensayo del Índice de Estabilidad Visual: 10% Microsílice + 1.15 % Aditivo Superplastificante</i>	106
<b>Tabla 81</b>	<i>Ensayo del Índice de Estabilidad Visual: 10% Microsílice + 1.25 % Aditivo Superplastificante</i>	106
<b>Tabla 82</b>	<i>Ensayo del Índice de Estabilidad Visual: 10% Microsílice + 1.35 % Aditivo Superplastificante</i>	106
<b>Tabla 83</b>	<i>Ensayo del Índice de Estabilidad Visual: 15% Microsílice + 1.25 % Aditivo Superplastificante</i>	107
<b>Tabla 84</b>	<i>Ensayo del Índice de Estabilidad Visual: 15% Microsílice + 1.50 % Aditivo Superplastificante</i>	107
<b>Tabla 85</b>	<i>Ensayo del Índice de Estabilidad Visual: 15% Microsílice + 1.75 % Aditivo Superplastificante</i>	107
<b>Tabla 86</b>	<i>Ensayo de pérdida de finos: 5% Microsílice + (0.85, 1.00, 1.15) % Aditivo Superplastificante</i>	108
<b>Tabla 87</b>	<i>Ensayo de pérdida de finos: 10% Microsílice + (1.15, 1.25, 1.35) % Aditivo Superplastificante</i>	108
<b>Tabla 88</b>	<i>Ensayo de pérdida de finos: 15% Microsílice + (1.25, 1.50, 1.75) % Aditivo Superplastificante</i>	108



<b>Tabla 89</b> Método tremie: 5% Microsílice + (0.85, 1.00, 1.15) % Aditivo Superplastificante .....	109
<b>Tabla 90</b> Método tremie: 10% Microsílice + (1.15, 1.25, 1.35) % Aditivo Superplastificante .....	109
<b>Tabla 91</b> Método tremie: 15% Microsílice + (1.25, 1.50, 1.75) % Aditivo Superplastificante .....	109
<b>Tabla 92</b> Ensayo de resistencia a la compresión: 5% Microsílice + 0.85 % Aditivo Superplastificante .....	110
<b>Tabla 93</b> Ensayo de resistencia a la compresión: 5% Microsílice + 1.00 % Aditivo Superplastificante .....	110
<b>Tabla 94</b> Ensayo de resistencia a la compresión: 5% Microsílice + 1.15 % Aditivo Superplastificante .....	110
<b>Tabla 95</b> Ensayo de resistencia a la compresión: 10% Microsílice + 1.15 % Aditivo Superplastificante .....	111
<b>Tabla 96</b> Ensayo de resistencia a la compresión: 10% Microsílice + 1.25 % Aditivo Superplastificante .....	111
<b>Tabla 97</b> Ensayo de resistencia a la compresión: 10% Microsílice + 1.35 % Aditivo Superplastificante .....	111
<b>Tabla 98</b> Ensayo de resistencia a la compresión: 15% Microsílice + 1.25 % Aditivo Superplastificante .....	112
<b>Tabla 99</b> Ensayo de resistencia a la compresión: 15% Microsílice + 1.50 % Aditivo Superplastificante .....	112
<b>Tabla 100</b> Ensayo de resistencia a la compresión: 15% Microsílice + 1.75 % Aditivo Superplastificante.....	112
<b>Tabla 101</b> Comparación de proporciones promedio de mezclas de concreto antideslave.....	116
<b>Tabla 102</b> Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para extensión de flujo (df).....	147
<b>Tabla 103</b> Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para extensión de flujo (df).....	148
<b>Tabla 104</b> Prueba de análisis de varianza – ANOVA para extensión de flujo (df).....	149
<b>Tabla 105</b> Prueba de análisis de Post Hoc de Anova – Tukey para extensión de flujo (df) .....	150
<b>Tabla 106</b> Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para tiempo de flujo (T50).....	151
<b>Tabla 107</b> Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para tiempo de flujo (T50).....	152
<b>Tabla 108</b> Prueba de análisis de varianza – ANOVA para tiempo de flujo (T50).....	153
<b>Tabla 109</b> Prueba de análisis de Post Hoc de Anova – Tukey para tiempo de flujo (T50) .....	154
<b>Tabla 110</b> Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para ensayo de caja en L.....	155
<b>Tabla 111</b> Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para ensayo de caja en L.....	156
<b>Tabla 112</b> Prueba de análisis de Post Hoc de Anova – Tukey para ensayo de caja en L.....	157
<b>Tabla 113</b> Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para ensayo de embudo en V.....	158
<b>Tabla 114</b> Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para ensayo de embudo en V.....	159
<b>Tabla 115</b> Prueba de análisis de varianza – Anova para ensayo de embudo en V.....	160
<b>Tabla 116</b> Prueba de análisis de Post Hoc de Anova – Tukey para ensayo de embudo en V.....	161
<b>Tabla 117</b> Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para ensayo de pérdida de finos.....	162
<b>Tabla 118</b> Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para ensayo de pérdida de finos.....	163

<b>Tabla 119</b> Prueba de análisis de varianza – Anova para ensayo de pérdida de finos .....	164
<b>Tabla 120</b> Prueba de análisis de Post Hoc de Anova – Tukey para ensayo de pérdida de finos .....	165
<b>Tabla 121</b> Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días .....	166
<b>Tabla 122</b> Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días ....	170
<b>Tabla 123</b> Prueba de análisis de Post Hoc de Anova – Tukey para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días .....	171
<b>Tabla 124</b> Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días .....	172
<b>Tabla 125</b> Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días .....	176
<b>Tabla 126</b> Prueba de análisis de varianza – Anova para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días ....	177
<b>Tabla 127</b> Prueba de análisis de Post Hoc de Anova – Tukey para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días .....	178
<b>Tabla 128</b> Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días .....	179
<b>Tabla 129</b> Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días .....	183
<b>Tabla 130</b> Prueba de análisis de varianza – Anova para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días ....	184
<b>Tabla 131</b> Prueba de análisis de Post Hoc de Anova – Tukey para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días .....	185
<b>Tabla 132</b> Resumen de la caracterización de los agregados .....	186
<b>Tabla 133</b> Resumen de la caracterización de los materiales .....	186
<b>Tabla 134</b> Cantidad de material cementicio, cemento y microsíllice por m <sup>3</sup> .....	187
<b>Tabla 135</b> Cantidad de agua de diseño por m <sup>3</sup> .....	187
<b>Tabla 136</b> Cantidad de aditivo superplastificante por m <sup>3</sup> .....	187
<b>Tabla 137</b> Volumen Absoluto: 5% Microsíllice + 0.85% Aditivo Superplastificante .....	188
<b>Tabla 138</b> Volumen Absoluto: 5% Microsíllice + 1.00% Aditivo Superplastificante .....	188
<b>Tabla 139</b> Volumen Absoluto: 5% Microsíllice + 1.15% Aditivo Superplastificante .....	188
<b>Tabla 140</b> Volumen Absoluto: 10% Microsíllice + 1.15% Aditivo Superplastificante .....	188
<b>Tabla 141</b> Volumen Absoluto: 10% Microsíllice + 1.25% Aditivo Superplastificante .....	189
<b>Tabla 142</b> Volumen Absoluto: 10% Microsíllice + 1.35% Aditivo Superplastificante .....	189
<b>Tabla 143</b> Volumen Absoluto: 15% Microsíllice + 1.25% Aditivo Superplastificante .....	189
<b>Tabla 144</b> Volumen Absoluto: 15% Microsíllice + 1.50% Aditivo Superplastificante .....	189
<b>Tabla 145</b> Volumen Absoluto: 15% Microsíllice + 1.75% Aditivo Superplastificante .....	190

<b>Tabla 146</b> Análisis granulométrico de Fuller .....	190
<b>Tabla 147</b> Volumen Abs. de los agregados por m <sup>3</sup> .....	191
<b>Tabla 148</b> Pesos secos del contenido de agregado grueso y fino por m <sup>3</sup> .....	191
<b>Tabla 149</b> Materiales corregidos por humedad: 5% Microsílice + (0.85, 1.00, 1.15) % Aditivo Superplastificante .....	192
<b>Tabla 150</b> Materiales corregidos por humedad: 10% Microsílice + (1.15, 1.25, 1.35) % Aditivo Superplastificante .....	192
<b>Tabla 151</b> Materiales corregidos por humedad: 15% Microsílice + (1.25, 1.50, 1.75) % Aditivo Superplastificante .....	193
<b>Tabla 152</b> Proporción en peso y volumen: 5% Microsílice + (0.85, 1.00, 1.15) % Aditivo Superplastificante. ....	193
<b>Tabla 153</b> Proporción en peso y volumen: 10% Microsílice + (1.15, 1.25, 1.35) % Aditivo Superplastificante .....	194
<b>Tabla 154</b> Proporción en peso y volumen: 15% Microsílice + (1.25, 1.50, 1.75) % Aditivo Superplastificante .....	194
<b>Tabla 155</b> Rendimientos promedio de mano de obra. ....	195
<b>Tabla 156</b> Costo unitario por m <sup>3</sup> para un concreto antideslave con 15% Microsílice + 1.25% Aditivo Superplastificante .....	195
<b>Tabla 157</b> Costo unitario por m <sup>3</sup> para un concreto convencional. ....	196
<b>Tabla 158</b> Análisis granulométrico del agregado fino.....	197
<b>Tabla 159</b> Análisis granulométrico del agregado grueso .....	198
<b>Tabla 160</b> Contenido de humedad del agregado fino.....	199
<b>Tabla 161</b> Contenido de humedad del agregado grueso.....	199
<b>Tabla 162</b> Peso unitario suelto y compactado del agregado fino .....	199
<b>Tabla 163</b> Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.....	200
<b>Tabla 164</b> Peso específico y absorción del agregado fino .....	200
<b>Tabla 165</b> Peso específico y absorción del agregado grueso.....	201
<b>Tabla 166</b> Peso unitario del concreto: 5% Microsílice + 0.85% Aditivo Superplastificante .....	202
<b>Tabla 167</b> Peso unitario del concreto: 5% Microsílice + 1.00% Aditivo Superplastificante .....	202
<b>Tabla 168</b> Peso unitario del concreto: 5% Microsílice + 1.15% Aditivo Superplastificante .....	202
<b>Tabla 169</b> Peso unitario del concreto: 10% Microsílice + 1.15% Aditivo Superplastificante .....	203
<b>Tabla 170</b> Peso unitario del concreto: 10% Microsílice + 1.25% Aditivo Superplastificante .....	203
<b>Tabla 171</b> Peso unitario del concreto: 10% Microsílice + 1.35% Aditivo Superplastificante .....	203
<b>Tabla 172</b> Peso unitario del concreto: 15% Microsílice + 1.25% Aditivo Superplastificante .....	204

<b>Tabla 173</b> <i>Peso unitario del concreto: 15% Microsilíce + 1.50% Aditivo Superplastificante</i> .....	204
<b>Tabla 174</b> <i>Peso unitario del concreto: 15% Microsilíce + 1.75% Aditivo Superplastificante</i> .....	204
<b>Tabla 175</b> <i>Pérdida de finos: 5% Microsilíce + 0.85% Aditivo Superplastificante</i> .....	205
<b>Tabla 176</b> <i>Pérdida de finos: 5% Microsilíce + 1.00% Aditivo Superplastificante</i> .....	205
<b>Tabla 177</b> <i>Pérdida de finos: 5% Microsilíce + 1.15% Aditivo Superplastificante</i> .....	205
<b>Tabla 178</b> <i>Pérdida de finos: 10% Microsilíce + 1.15% Aditivo Superplastificante</i> .....	206
<b>Tabla 179</b> <i>Pérdida de finos: 10% Microsilíce + 1.25% Aditivo Superplastificante</i> .....	206
<b>Tabla 180</b> <i>Pérdida de finos: 10% Microsilíce + 1.35% Aditivo Superplastificante</i> .....	206
<b>Tabla 181</b> <i>Pérdida de finos: 15% Microsilíce + 1.25% Aditivo Superplastificante</i> .....	207
<b>Tabla 182</b> <i>Pérdida de finos: 15% Microsilíce + 1.50% Aditivo Superplastificante</i> .....	207
<b>Tabla 183</b> <i>Pérdida de finos: 15% Microsilíce + 1.75% Aditivo Superplastificante</i> .....	207
<b>Tabla 184</b> <i>Resistencia a la compresión a 7 días: 5% Microsilíce + 0.85 % Aditivo Superplastificante</i> .....	208
<b>Tabla 185</b> <i>Resistencia a la compresión a 7 días: 5% Microsilíce + 1.00 % Aditivo Superplastificante</i> .....	208
<b>Tabla 186</b> <i>Resistencia a la compresión a 7 días: 5% Microsilíce + 1.15 % Aditivo Superplastificante</i> .....	208
<b>Tabla 187</b> <i>Resistencia a la compresión a 7 días: 10% Microsilíce + 1.15 % Aditivo Superplastificante</i> .....	209
<b>Tabla 188</b> <i>Resistencia a la compresión a 7 días: 10% Microsilíce + 1.25 % Aditivo Superplastificante</i> .....	209
<b>Tabla 189</b> <i>Resistencia a la compresión a 7 días: 10% Microsilíce + 1.35 % Aditivo Superplastificante</i> .....	209
<b>Tabla 190</b> <i>Resistencia a la compresión a 7 días: 15% Microsilíce + 1.25 % Aditivo Superplastificante</i> .....	210
<b>Tabla 191</b> <i>Resistencia a la compresión a 7 días: 15% Microsilíce + 1.50 % Aditivo Superplastificante</i> .....	210
<b>Tabla 192</b> <i>Resistencia a la compresión a 7 días: 15% Microsilíce + 1.75 % Aditivo Superplastificante</i> .....	210
<b>Tabla 193</b> <i>Resistencia a la compresión a 28 días: 5% Microsilíce + 0.85 % Aditivo Superplastificante</i> .....	211
<b>Tabla 194</b> <i>Resistencia a la compresión a 28 días: 5% Microsilíce + 1.00 % Aditivo Superplastificante</i> .....	211
<b>Tabla 195</b> <i>Resistencia a la compresión a 28 días: 5% Microsilíce + 1.15 % Aditivo Superplastificante</i> .....	211
<b>Tabla 196</b> <i>Resistencia a la compresión a 28 días: 10% Microsilíce + 1.15 % Aditivo Superplastificante</i> .....	212
<b>Tabla 197</b> <i>Resistencia a la compresión a 28 días: 10% Microsilíce + 1.25 % Aditivo Superplastificante</i> .....	212
<b>Tabla 198</b> <i>Resistencia a la compresión a 28 días: 10% Microsilíce + 1.35 % Aditivo Superplastificante</i> .....	212
<b>Tabla 199</b> <i>Resistencia a la compresión a 28 días: 15% Microsilíce + 1.25 % Aditivo Superplastificante</i> .....	213
<b>Tabla 200</b> <i>Resistencia a la compresión a 28 días: 15% Microsilíce + 1.50 % Aditivo Superplastificante</i> .....	213
<b>Tabla 201</b> <i>Resistencia a la compresión a 28 días: 15% Microsilíce + 1.75 % Aditivo Superplastificante</i> .....	213
<b>Tabla 202</b> <i>Resistencia a la compresión a 56 días: 5% Microsilíce + 0.85 % Aditivo Superplastificante</i> .....	214

<b>Tabla 203</b>	<i>Resistencia a la compresión a 56 días: 5% Microsílice + 1.00 % Aditivo Superplastificante .....</i>	<i>214</i>
<b>Tabla 204</b>	<i>Resistencia a la compresión a 56 días: 5% Microsílice + 1.15 % Aditivo Superplastificante .....</i>	<i>214</i>
<b>Tabla 205</b>	<i>Resistencia a la compresión a 56 días: 10% Microsílice + 1.15 % Aditivo Superplastificante .....</i>	<i>215</i>
<b>Tabla 206</b>	<i>Resistencia a la compresión a 56 días: 10% Microsílice + 1.25 % Aditivo Superplastificante .....</i>	<i>215</i>
<b>Tabla 207</b>	<i>Resistencia a la compresión a 56 días: 10% Microsílice + 1.35 % Aditivo Superplastificante .....</i>	<i>215</i>
<b>Tabla 208</b>	<i>Resistencia a la compresión a 56 días: 15% Microsílice + 1.25 % Aditivo Superplastificante .....</i>	<i>216</i>
<b>Tabla 209</b>	<i>Resistencia a la compresión a 56 días: 15% Microsílice + 1.50 % Aditivo Superplastificante .....</i>	<i>216</i>
<b>Tabla 210</b>	<i>Resistencia a la compresión a 56 días: 15% Microsílice + 1.75 % Aditivo Superplastificante .....</i>	<i>216</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Componentes del concreto. Fuente: Adaptado de Ottazzi, 2011.....	34
<b>Figura 2</b> Porcentajes de participación de los compuestos químicos del cemento. Fuente: Adaptado de Abanto, 2017.....	36
<b>Figura 3</b> Hidratación del C3S en función del tiempo. a) Periodo de pre-inducción; b) inducción; c) aceleración; d) deceleración y e) difusión. Fuente: Monteagudo, 2014. ....	37
<b>Figura 4</b> Esquema que representa la hidratación del cemento portland. Formación de Silicato de calcio hidratado e Hidróxido de calcio hidratado a partir del cemento portland y el agua (izq.) y transformación de Hidróxido de calcio (dañino para el hormigón) al reaccionar con la microsíllice en Silicato de calcio hidratado (der.). Fuente: Pérez, 2008. ....	42
<b>Figura 5</b> Estructura química y molecular de un aditivo PCE (Policarboxilato). Fuente: Alonso, 2011. ....	46
<b>Figura 6</b> Floculación de las partículas de cemento. Fuente: Mondragón, 2013. ....	47
<b>Figura 7</b> Mecanismo de dispersión de los aditivos superplastificantes a base de policarboxilato. La cadena principal, cuya carga es negativa, es adsorbido sobre la superficie de la partícula de cemento (círculo negro) y las cadenas laterales, con carga positiva, provocan la repulsión entre partículas. Fuente: Zongjin (citado por Mondragón, 2013).....	48
<b>Figura 8</b> Representación visual de los criterios establecidos por el ensayo del Índice de Estabilidad Visual. Fuente: ASTM C1611. ....	54
<b>Figura 9</b> Representación visual del efecto de varios niveles de resistencia al lavado. Fuente: GCP Applied Technologies, 2018. ....	55
<b>Figura 10</b> Representación gráfica de la zona de transición y la pasta masiva en el concreto. Fuente: Mehta & Monteiro, 1998. ....	57
<b>Figura 11</b> Esquema general y funcionamiento del sistema tremie. Fuente: Matallana, 2019. ....	58
<b>Figura 12</b> Tipo y tamaño de muestra .....	62
<b>Figura 13</b> Diagrama experimental del procedimiento de desarrollo de tesis.....	68
<b>Figura 14</b> Contenido de humedad y absorción de los agregados.....	114
<b>Figura 15</b> Peso unitario de los agregados.....	114
<b>Figura 16</b> Relación volumétrica (%) de los componentes del concreto antideslave.....	115
<b>Figura 17</b> Temperatura del concreto .....	117
<b>Figura 18</b> Peso unitario del concreto .....	117
<b>Figura 19</b> Extensión de flujo (Df) y tiempo T50 del ensayo de escurrimiento.....	118
<b>Figura 20</b> Aspecto de los bordes de las mezclas - Índice de Estabilidad Visual (VSI).....	119
<b>Figura 21</b> Procedimiento de selección de diseños de mezclas – Ensayo de escurrimiento e índice de estabilidad visual (VSI).....	121
<b>Figura 22</b> Tiempo de flujo TV del ensayo de Embudo en V.....	122

<b>Figura 23</b> Procedimiento de selección de diseños de mezclas - Ensayo de embudo en V .....	123
<b>Figura 24</b> Factor C <sub>bL</sub> (coeficiente de bloqueo) del ensayo de Caja en L .....	124
<b>Figura 25</b> Ensayo de caja en L. a) Diseño del 5% (0.85%); b) Diseño del 15% (1.75%).....	125
<b>Figura 26</b> Procedimiento de selección de diseños de mezclas - Ensayo de caja en L.....	126
<b>Figura 27</b> Pérdida de finos de una mezcla fresca de concreto antideslave .....	127
<b>Figura 28</b> Aspecto de las muestras de concreto antideslave ensayados por la norma CRD-C 61-89A.....	128
<b>Figura 29</b> Ensayo de pérdida de finos. a) Diseño del 5% (1.15%); b) Diseño del 15% (1.25%).....	129
<b>Figura 30</b> Procedimiento de selección de diseños de mezclas – Ensayo de pérdida de finos.....	130
<b>Figura 31</b> Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas a 28 días.....	132
<b>Figura 32</b> Costo por m <sup>3</sup> de un concreto antideslave vs concreto convencional en zapata.....	133
<b>Figura 33</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días – Diseño 5% (0.85%)167	
<b>Figura 34</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días – Diseño 5% (1.00%)167	
<b>Figura 35</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días – Diseño 5% (1.15%)167	
<b>Figura 36</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días – Diseño 10% (1.15%) .....	168
<b>Figura 37</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días – Diseño 10% (1.25%) .....	168
<b>Figura 38</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días – Diseño 10% (1.35%) .....	168
<b>Figura 39</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días – Diseño 15% (1.25%) .....	169
<b>Figura 40</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días – Diseño 15% (1.50%) .....	169
<b>Figura 41</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días – Diseño 15% (1.75%) .....	169
<b>Figura 42</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días – Diseño 5% (0.85%) .....	173
<b>Figura 43</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días – Diseño 5% (1.00%) .....	173
<b>Figura 44</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días – Diseño 5% (1.15%) .....	173
<b>Figura 45</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días – Diseño 10% (1.15%) .....	174
<b>Figura 46</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días – Diseño 10% (1.25%) .....	174

<b>Figura 47</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días – Diseño 10% (1.35%)	174
<b>Figura 48</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días – Diseño 15% (1.25%)	175
<b>Figura 49</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días – Diseño 15% (1.50%)	175
<b>Figura 50</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días – Diseño 15% (1.75%)	175
<b>Figura 51</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días – Diseño 5% (0.85%)	180
<b>Figura 52</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días – Diseño 5% (1.00%)	180
<b>Figura 53</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días – Diseño 5% (1.15%)	180
<b>Figura 54</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días – Diseño 10% (1.15%)	181
<b>Figura 55</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días – Diseño 10% (1.25%)	181
<b>Figura 56</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días – Diseño 10% (1.35%)	181
<b>Figura 57</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días – Diseño 15% (1.25%)	182
<b>Figura 58</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días – Diseño 15% (1.50%)	182
<b>Figura 59</b> Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días – Diseño 15% (1.75%)	182
<b>Figura 60</b> Curva granulométrica de Fuller	191
<b>Figura 61</b> Curva granulométrica del agregado fino	197
<b>Figura 62</b> Curva granulométrica del agregado grueso	198
<b>Figura 63</b> Cuarteo de los agregados	217
<b>Figura 64</b> Granulometría de los agregados	217
<b>Figura 65</b> Peso unitario suelto de los agregados	218
<b>Figura 66</b> Peso unitario compactado de los agregados	218
<b>Figura 67</b> Peso específico y absorción del agregado grueso	219
<b>Figura 68</b> Peso específico y absorción del agregado fino	219
<b>Figura 69</b> Pesaje de los materiales por tanda de diseño	220



<b>Figura 70</b> Adición mineral Sika Fume y aditivo superplastificante Sika ViscoCrete SC-50 .....	220
<b>Figura 71</b> Mezclado de los materiales en el trompo .....	221
<b>Figura 72</b> Ensayo de temperatura .....	221
<b>Figura 73</b> Ensayo de peso unitario .....	222
<b>Figura 74</b> Ensayo de escurrimiento .....	222
<b>Figura 75</b> Toma de medidas del ensayo de escurrimiento.....	223
<b>Figura 76</b> Ensayo de la caja en L.....	223
<b>Figura 77</b> Toma de medidas del ensayo de caja en L.....	224
<b>Figura 78</b> Ensayo del embudo en V.....	224
<b>Figura 79</b> Elaboración y conformación de probetas cilíndricas de 4" x 8".....	225
<b>Figura 80</b> Codificación de probetas cilíndricas de concreto.....	225
<b>Figura 81</b> Curado de probetas cilíndricas de concreto .....	226
<b>Figura 82</b> Medición de probetas cilíndricas de concreto .....	226
<b>Figura 83</b> Identificación de probetas cilíndricas a ensayar en la prensa hidráulica .....	227
<b>Figura 84</b> Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto.....	227
<b>Figura 85</b> Resultado aleatorio de probeta cilíndrica a ensayo de resistencia a compresión .....	228
<b>Figura 86</b> Segundo resultado aleatorio de probeta cilíndrica a ensayo de resistencia a compresión .....	228
<b>Figura 87</b> Rotura de probetas cilíndricas de concreto .....	229
<b>Figura 88</b> Vista interna de la distribución de los componentes de la probeta ensayada.....	229
<b>Figura 89</b> Tubo-embudo y recipiente de vidrio para método Tremie .....	230
<b>Figura 90</b> Colocación de concreto por el método Tremie .....	230
<b>Figura 91</b> Concreto después de su colocación (izquierda) y concreto después de 2 horas (derecha) por el método Tremie.....	231
<b>Figura 92</b> Concreto luego de 2 horas de reposo en el recipiente de vidrio.....	231
<b>Figura 93</b> Tubo y canastilla para ensayo de pérdida de finos .....	232
<b>Figura 94</b> Introducción de la canastilla con la muestra de concreto al interior del tubo con agua.....	232
<b>Figura 95</b> Masa inicial y masa final de una muestra de concreto del ensayo de pérdida de finos.....	232
<b>Figura 96</b> Reposo de la muestra de concreto con una ligera inclinación de la canastilla para que el agua superficial drene.....	232
<b>Figura 97</b> Muestra de concreto en canastilla antes y después de su inmersión en el tubo con agua .....	232
<b>Figura 98</b> Aspecto de las muestras extraídas de la canastilla después de su inmersión en el tubo con agua ...	232

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1: Tamaño de muestra</i> .....	63
<i>Ecuación 2: Desviación estándar</i> .....	64
<i>Ecuación 3: Módulo de finura del agregado fino</i> .....	70
<i>Ecuación 4: Módulo de finura del agregado grueso</i> .....	71
<i>Ecuación 5: Contenido de humedad</i> .....	72
<i>Ecuación 6: Peso unitario suelto seco (PUSS) de los agregados</i> .....	73
<i>Ecuación 7: Peso unitario compactado seco (PUCS) de los agregados</i> .....	73
<i>Ecuación 8: Peso específico de masa seca (Pem) del agregado grueso</i> .....	74
<i>Ecuación 9: Peso específico saturado superficialmente seca (PeSSS) del agregado grueso</i> .....	74
<i>Ecuación 10: Peso específico aparente (Pea) del agregado grueso</i> .....	74
<i>Ecuación 11: Absorción del agregado grueso</i> .....	74
<i>Ecuación 12: Peso específico de masa seca (Pem) del agregado fino</i> .....	76
<i>Ecuación 13: Peso específico saturado superficialmente seca (PeSSS) del agregado fino</i> .....	76
<i>Ecuación 14: Peso específico aparente (Pea) del agregado fino</i> .....	76
<i>Ecuación 15: Absorción del agregado fino</i> .....	76
<i>Ecuación 16: Fórmula para obtener el volumen absoluto del cemento</i> .....	80
<i>Ecuación 17: Fórmula para obtener el volumen absoluto de agua de diseño</i> .....	80
<i>Ecuación 18: Fórmula para obtener el volumen absoluto del microsíllice</i> .....	80
<i>Ecuación 19: Fórmula para obtener el volumen absoluto del aditivo superplastificante</i> .....	80
<i>Ecuación 20: Fórmula para obtener el volumen absoluto del aire</i> .....	80
<i>Ecuación 21: Fórmula para obtener la curva ideal de Fuller</i> .....	80
<i>Ecuación 22: Fórmula para obtener en porcentaje el volumen absoluto del agregado fino</i> .....	81
<i>Ecuación 23: Fórmula para obtener en porcentaje el volumen absoluto del agregado grueso</i> .....	81
<i>Ecuación 24: Fórmula para obtener el peso corregido del agregado grueso</i> .....	81
<i>Ecuación 25: Fórmula para obtener el peso corregido del agregado fino</i> .....	81
<i>Ecuación 26: Fórmula para obtener el aporte de agua del agregado grueso</i> .....	81
<i>Ecuación 27: Fórmula para obtener el aporte de agua del agregado fino</i> .....	81

<i>Ecuación 28: Fórmula para obtener el agua corregida por humedad</i> .....	81
<i>Ecuación 29: Fórmula para obtener las proporciones en peso por bolsa de cemento</i> .....	82
<i>Ecuación 30: Fórmula para obtener el volumen de cemento para su proporción en m<sup>3</sup></i> .....	82
<i>Ecuación 31: Fórmula para obtener el volumen del agregado fino para su proporción en m<sup>3</sup></i> .....	82
<i>Ecuación 32: Fórmula para obtener el volumen del agregado grueso para su proporción en m<sup>3</sup></i> .....	82
<i>Ecuación 33: Fórmula para obtener las proporciones en volumen por bolsa de cemento</i> .....	82
<i>Ecuación 34: Peso unitario del concreto</i> .....	85
<i>Ecuación 35: Diámetro final del escurrimiento</i> .....	87
<i>Ecuación 36: Coeficiente de bloqueo</i> .....	88
<i>Ecuación 37: Pérdida de finos</i> .....	91
<i>Ecuación 38: Resistencia a la compresión</i> .....	93

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la influencia de la adición de microsíllice y del aditivo superplastificante en las propiedades de un concreto antideslave en la ciudad de Trujillo 2021, para ello se aplicó un diseño experimental puro de tipo bifactorial y se utilizó como instrumento la guía de observación, el muestreo fue de tipo probabilístico y la técnica de análisis de datos por estadística descriptiva e inferencial. Se realizó nueve diseños de mezclas bajo las recomendaciones del ACI 237R-07 para luego evaluar sus propiedades en estado fresco, tales como capacidad de llenado, capacidad de paso, viscosidad, resistencia a la segregación y resistencia a la pérdida de finos; en estado endurecido, la resistencia a la compresión a 7, 28 y 56 días; finalmente, el método de colocación por el sistema tremie. Los resultados evidencian que, para un diseño óptimo del 15% de microsíllice con el 1.25% de aditivo superplastificante, las mezclas de concreto antideslave presentaron una alta fluidez, logrando así: una capacidad de llenado de 618 mm, una capacidad de paso de 0.82, una viscosidad con un tiempo de 14.04 segundos y una resistencia a la segregación con un valor VSI de 0. Así mismo, manifestaron una gran cohesividad entre sus componentes debido al escaso porcentaje de pérdida de finos del 1.12%, una mayor resistencia a la compresión de 631 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días y, además de lograr una adecuada colocación bajo el agua. Por lo tanto, se logró determinar la influencia de la adición de microsíllice y del aditivo superplastificante en las propiedades del concreto antideslave.

**Palabras clave:** concreto antideslave, microsíllice, aditivo superplastificante.

## ABSTRACT

The objective of the present investigation was to determine the influence of the addition of microsilica and the superplasticizer additive on the properties of an anti-washout concrete in the city of Trujillo 2021, for which a pure two-factor experimental design was applied the observation guide was used as an instrument, the sampling was probabilistic and the data analysis technique by descriptive and inferential statistics was used. Nine designs of mixtures were made under the recommendations of ACI 237R-07 to later evaluate their properties in fresh state, such as filling capacity, flow capacity, viscosity, resistance to segregation and resistance to loss of fines; in the hardened state, the compressive strength at 7, 28 and 56 days; finally, the method of placement by the tremie system. The results show that, for an optimal design of 15% microsilica with 1.25% superplasticizer additive, the anti-washout concrete mixtures presented high fluidity, thus achieving: a filling capacity of 618 mm, a passage capacity of 0.82, a viscosity with a time of 14.04 seconds and a resistance to segregation with a VSI value of 0. Likewise, they showed great cohesiveness between their components due to the low percentage of loss of fines of 1.12%, a higher compressive strength of 631 kg/cm<sup>2</sup> at 28 days and, in addition to achieving adequate placement under water. Therefore, it was possible to determine the influence of the addition of microsilica and the superplasticizer additive on the properties of the anti-washout concrete.

**Keywords:** anti-washout, microsilica, superplasticizer additive.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El concreto es, por excelencia, el material más utilizado en obras de construcción de todo el mundo y, debido al avance en la tecnología de nuevos materiales, deberá adaptarse cada vez a condiciones especiales donde se requieran de mejores prestaciones o solicitaciones. Según Rivera (2001), uno de los avances más destacados en el concreto fue el descubrimiento de los aditivos superplastificantes y la utilización de adiciones minerales, los cuales han permitido la obtención de concretos de alta resistencia a la compresión, así también, han dado lugar a los concretos autocompactantes, de alta durabilidad, colocados bajo agua, etc., que en general conforman los concretos de alto desempeño.

Dentro de los concretos de alto desempeño, hay un tipo en especial que está incrementando su presencia en la construcción de grandes infraestructuras. Este concreto es el denominado como sumergible, o, más comúnmente, sumergido. Se suelen definir así a los concretos que son capaces de cumplir al menos dos premisas: ser idóneo para fluir adecuadamente hasta rellenar el molde o área, sin dejar algún vacío y auto compactándose en ausencia de vibración externa, sin mostrar signos de segregación o lavado. Así como, ser capaces de mantener intactas y sin alterar las propiedades del concreto una vez colocado bajo agua (Bernardo et al., 2016).

En Alemania, donde se tenía el propósito principal de desarrollar concreto antideslave bajo agua, recurrieron al uso de los aditivos superplastificantes para mejorar la fluidez de mezclas rígidas sin alterar la relación de agua a material cementante ( $a/mc$ ). Dado que fue posible realizar ambos objetivos a la vez, impulsó la producción de este tipo de concreto debido a su gran resistencia, fluidez y durabilidad. Nagataki (como se cita en Mehta, 1998).

En Colombia, la empresa Concremack, emplea tecnologías modernas en la producción industrial de concretos, brindando así, soluciones innovadoras a la medida para proyectos de construcción. Entre los destacados productos que ofrece es el concreto antideslave, un concreto subacuático especialmente desarrollado para aplicaciones de concreto bajo el agua (Concremack, 2020).

En México, la compañía CEMEX, desarrolló el concreto Ingenia Antideslave, una tecnología enfocada para elementos que requieran ser colocados bajo el agua: pilas de puentes, muelles, etc. Producto que, gracias a sus propiedades tixotrópicas, permite ser utilizado y colocado sin segregación ni pérdida de masa por lavado, logrando fraguar y alcanzar su resistencia como un concreto convencional (CEMEX, 2018).

En Perú, se busca principalmente incentivar la producción industrial y el uso de concretos de alto desempeño que permita construir estructuras cada vez más desafiantes, tales como edificios de gran altura, puentes de grandes luces, túneles, etc. Se sabe que, la industria peruana de concreto tiene avances significativos en la investigación y producción de concreto de alta resistencia y autocompactante; sin embargo, la tecnología de concreto de alto desempeño aún se investiga a nivel de laboratorio, pero no tiene venta industrial porque no existen proyectos que los requieran (Arrieta & Medina, 2019).

En la ciudad de Jaén, existe la presencia de ciertos ángulos de inclinación y, por ende, el agua subterránea tiende a moverse continuamente hacia los niveles más bajos por acción de la gravedad y debido a ello se encuentran sectores que presentan dificultades al momento de realizar una construcción, lo que dificulta poder realizar la colocación de concreto en una cimentación (zapatas, vigas de cimentación, plateas de cimentación, pilotes, muros pantalla, estribos, etc.). Con el propósito entonces de reducir estos efectos, se recurrió a la adición de microsilice y de aditivo superplastificante (Díaz & Soberón, 2019).

En la ciudad de Cajamarca, surgen obstáculos en las construcciones donde se tiene que interactuar directamente con el agua, siendo ésta una condición adversa a la hora del vaciado de concreto en diferentes estructuras, ya que pueden afectar las características deseadas del concreto, para esto se ha visto en la necesidad de diseñar formas para poder resolver esta problemática con el uso de adición antideslave (microsilice) y así permitir la reducción del lavado de partículas finas tales como el cemento y el agregado fino del concreto (Gómez, 2017).

En la ciudad de Arequipa, se puede encontrar sectores que presentan dificultades en su construcción debido a la presencia de agua cercana a la superficie. Este sector con nivel freático alto se presenta en zonas de habilitación urbana. La presencia de esta agua trae dificultades al momento de realizar las labores constructivas de cimentaciones y elementos construidos debajo de este nivel como: muros pantalla, cajones de

cimentación, zapatas, etc. A vista de esta problemática, se empleó microsíllice y aditivo superplastificante con el objetivo de disminuir el efecto producido por la exposición directa con el agua, a la vez que se usó el método tremie para aminorar la posibilidad de degradar la mezcla (Macedo & Miranda, 2016).

En Trujillo, se cuenta con una serie de balnearios: Huanchaco, Las Delicias y Buenos aires, en donde existe una gran proyección en el auge inmobiliario y el impulso turístico, sin embargo, se presenta el gran problema del deterioro en las construcciones a causa del salitre y los ataques de cloruros de la brisa marina (Carrasco & Martínez, 2019). De hecho, otro gran problema que le tocó afrontar a la ingeniería en nuestra ciudad es la construcción bajo el agua, específicamente, en zonas donde hay presencia de nivel freático. Tal es el caso en sectores o urbanizaciones más cercanos a los balnearios antes mencionado, en qué se tenga que colocar concreto en cimentaciones; proceso que, por lo general, es muy complicado y que altera significativamente las propiedades del concreto.

El principal problema que se tiene al contacto con el agua es el deslave del material cementante y de los agregados finos, lo que hace que la resistencia final del concreto disminuya. A su vez, se tiene el aumento del contenido de agua en la mezcla; afectando la relación a/mc, teniendo un descontrol de la segregación y exudación; reduciendo así, el tiempo de fraguado y su trabajabilidad (Zanelli & Fernandez, 2014).

Por lo tanto, hará que los costos del proyecto se eleven: al sobre diseñar las mezclas de concreto, al incrementar la mano de obra, al generar retrasos en la ejecución física de la construcción y de realizar operaciones especiales de mantenimiento en equipos, bombeo y drenaje (CEMEX, 2018).

Es posible contrarrestar todos estos efectos negativos que actúan en el concreto mediante la incorporación de adiciones minerales y aditivos, como es el caso de la microsíllice y de los aditivos superplastificantes. La presencia de microsíllice en el concreto, reduce el espesor de la zona de transición entre la pasta y las partículas de agregado, dando lugar una reducción en la exudación y mayor cohesividad. Pese a que, debido a la alta fineza de la misma cuando se emplea la microsíllice, las mezclas tenderán a secarse y ganar consistencia, recurriendo al uso de aditivos superplastificantes, que permiten obtener mezclas muy fluidas sin modificación en el contenido de agua (Rivva, 2012).



No obstante, el desconocimiento de muchos profesionales sobre estos productos que existen en el mercado, se limita a usarse exclusivamente en obras de gran envergadura, pudiendo utilizarse también para construcciones de mediana magnitud donde se tenga este tipo de escenarios, es decir, viviendas unifamiliares. En el cual, no solo se le justifique el desuso de los aditivos por sus precios, al que se le atribuye como un gasto innecesario en el presupuesto. Sino incluso, por la escasez de investigaciones e interés en nuestro país que conlleva a que no se impulse su aplicación en muchos campos, desaprovechando tecnologías que en otros países es indispensable su uso en toda obra de construcción.

Ante esta necesidad, surge el propósito de esta investigación que tiene como finalidad determinar la influencia de la adición de microsíllice y del aditivo superplastificante en las propiedades, tanto en estado fresco como endurecido, de un concreto antideslave. Para ello se evaluará las siguientes propiedades: capacidad de llenado, capacidad de paso, viscosidad, resistencia a la segregación, resistencia a la pérdida de finos y su resistencia a la compresión, además de su colocación bajo el agua por el método tremie.

Cabe considerar que hasta el momento no se han realizado estudios referentes al concreto antideslave en nuestro medio, por lo que se tratará de resaltar la importancia de establecer un rango óptimo de dosis en su mezcla y su elaboración con agregados propiamente de la zona. De no realizar esta investigación, se desconocerá como influye la microsíllice y el aditivo superplastificante en el comportamiento final del concreto, generando así una incertidumbre en el que se verá afectado la vida útil de la estructura.

Finalmente, se espera que el presente desarrollo sirva como antecedente para futuras investigaciones, proponiendo la metodología adecuada que permita conocer la incidencia de los parámetros más notables en su desempeño. Al mismo tiempo, incentivar la producción del concreto antideslave en base a diseños idóneos y a las condiciones de la ciudad de Trujillo.

## 1.2. Formulación del problema

¿De qué manera influye la adición de microsíllice y del aditivo superplastificante en las propiedades del concreto antideslave en la ciudad de Trujillo 2021?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

- Determinar la influencia de la adición de microsíllice y del aditivo superplastificante en las propiedades del concreto antideslave en la ciudad de Trujillo 2021.

### 1.3.2. Objetivos específico

- Caracterizar los agregados según la NTP para la elaboración de los diseños de mezcla del concreto antideslave.
- Realizar diseños de mezclas para un concreto antideslave adicionando porcentajes de 5%, 10% y 15% de microsíllice bajo las recomendaciones del ACI 237R-07, teniendo en cuenta la incorporación del aditivo superplastificante.
- Evaluar el cumplimiento de las propiedades del concreto antideslave en su estado fresco, tales como capacidad de llenado, capacidad de paso, viscosidad, resistencia a la segregación y resistencia a la pérdida de finos según las normas ASTM, UNE y CRD-C.
- Describir el comportamiento del concreto antideslave en su colocación bajo agua mediante el método tremie, de este modo determinar la efectividad de la adición de microsíllice y del aditivo superplastificante.
- Evaluar a ensayos de resistencia a la compresión las probetas cilíndricas de concreto antideslave para edades de 7, 28 y 56 días de curado.
- Determinar la dosificación óptima de microsíllice y de aditivo superplastificante para un concreto antideslave.
- Analizar el costo de producción del diseño más óptimo de concreto antideslave frente al concreto convencional.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1. Hipótesis general

La adición de microsíllice y del aditivo superplastificante influyen positivamente en las propiedades del concreto antideslave en la ciudad de Trujillo 2021.

**Tabla 1** *Hipótesis general*

Hipótesis general	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
	Variables	Unidad de análisis	Conector lógico	El espacio	El tiempo
La adición de microsíllice y del aditivo superplastificante influyen positivamente en las propiedades del concreto antideslave en la ciudad de Trujillo 2021.	Microsíllice				
	Aditivo superplastificante	Concreto en estado fresco y endurecido	Influye positivamente	La ciudad de Trujillo	Año 2021
	Propiedades del concreto antideslave				

*Nota.* Esta tabla muestra los componentes fundamentales de la hipótesis general.

### 1.4.2. Hipótesis específicas

A medida que se aumente el porcentaje de adición de microsíllice y del aditivo superplastificante, mejora las propiedades en estado fresco del concreto antideslave en la ciudad de Trujillo 2021.

**Tabla 2** *Hipótesis específica N°01*

Hipótesis específica N°01	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
	Variables	Unidad de análisis	Conector lógico	El espacio	El tiempo
A medida que se aumente el porcentaje de adición de microsíllice y del aditivo superplastificante, mejora las propiedades en estado fresco del concreto antideslave en la ciudad de Trujillo 2021.	Microsíllice				
	Aditivo superplastificante	Concreto en estado fresco	Mejora	La ciudad de Trujillo	Año 2021
	Propiedades del concreto antideslave				

*Nota.* Esta tabla muestra los componentes fundamentales de la hipótesis específica N° 01.

A medida que se aumente el porcentaje de adición de microsíllice y del aditivo superplastificante, incrementa la resistencia a la compresión del concreto antideslave en su estado endurecido en la ciudad de Trujillo 2021.

**Tabla 3** Hipótesis específica N°02

Hipótesis específica N°02	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
	VARIABLES	Unidad de análisis	Conector lógico	El espacio	El tiempo
A medida que se aumente el porcentaje de adición de microsíllice y del aditivo superplastificante, incrementa la resistencia a la compresión del concreto antideslave en su estado endurecido en la ciudad de Trujillo 2021.	Microsíllice				
	Aditivo superplastificante	Concreto en estado endurecido	Incrementa	La ciudad de Trujillo	Año 2021
	Propiedades del concreto antideslave				

*Nota.* Esta tabla muestra los componentes fundamentales de la hipótesis específica N° 02.

## 1.5. Antecedentes

Díaz & Soberón (2019), en su investigación denominada: “*Concreto antideslave con incorporación de aditivos para vaciado en estructuras bajo nivel freático alto – Distrito de Jaén*”, tuvieron como objetivo elaborar concreto antideslave con incorporación de microsíllice y aditivo superplastificante. La investigación fue de tipo experimental, con un diseño completamente al azar; realizó 3 diseños de mezcla según las exigencias del ACI 237R-07, con una relación agua/cemento de 0.45; empleó cemento Pacasmayo tipo I, agregado grueso de TMN de 1/2”, adicionó porcentajes de microsíllice Sika Fume de 6%, 10%, 14% y aditivo superplastificante Sika ViscoCrete - 1110 PE de 1.4%, 1.65% y 2% respectivamente. Se evaluó propiedades como fluidez, viscosidad, capacidad de relleno, capacidad de paso, pérdida de finos y resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días. De acuerdo a los resultados se demostraron que las dosificaciones propuestas evidenciaron tener una buena estabilidad y trabajabilidad; de la evaluación de pérdidas de finos se obtuvo valores de 4.46%, 2.75% y 1.29% de las dosificaciones de 6%, 10% y 14% de microsíllice respectivamente, mostrando un buen comportamiento esta última dosificación debido a la mayor concentración de microsíllice, cantidad que contribuyó a incrementar la cohesión y viscosidad de la mezcla. La resistencia promedio máxima obtenida a 28 días fue de 656.22 kg/cm<sup>2</sup> con proporción del 14% de adición de microsíllice. Finalmente, se concluyó que la mejor dosificación porcentual es de 14% de adición de microsíllice y 2% de aditivo superplastificante. El aporte de esta investigación es la metodología con la que se diseñaron las mezclas de concreto antideslave, la evaluación de sus propiedades en estado fresco como la autocompactabilidad, pérdida de finos y método tremie. Así también como el rango porcentual de microsíllice y aditivo superplastificante.

Vega0 (2019), en su tesis: “*Evaluación experimental del uso de microsíllice para la elaboración de concreto de alta resistencia*”, tuvo como objetivo evaluar la adición de microsíllice y del aditivo superplastificante para conseguir un concreto de alta resistencia. La investigación es de tipo experimental, evaluó 6 diseños de mezclas: 3 diseños de concreto patrón (un diseño cuya relación agua/material cementante fue de 0.36 con 1% de aditivo superplastificante, luego dos diseños de relación a/mc de 0.30 y 0.25 con 1.5% de aditivo superplastificante) y 3 diseños de concreto con reemplazos de microsíllice y una relación de a/mc de 0.36. La metodología de diseño fue según el ACI 211.4R, donde se utilizó cemento Pacasmayo Tipo MS, agregado grueso de TMN de 3/4”, reemplazos

en peso del 10%, 15% y 20% del cemento por microsíllice Eucon MSA y la aplicación de dosis del 1.5% de aditivo superplastificante Euco 537 en peso del cemento. Se recopilieron datos de temperatura de 27.9°C, 24.1°C y 20.8°C para los diseños propuestos de reemplazo de microsíllice respectivamente, valores de peso unitario de 2382 kg/m<sup>3</sup>, 2403 kg/m<sup>3</sup> y 2425 kg/m<sup>3</sup> respectivamente, asentamientos de 3.5 cm, 10 cm y 10 cm respectivamente. Por otro lado, se tienen datos de la resistencia a la compresión con valores de 502 kg/cm<sup>2</sup>, 475 kg/cm<sup>2</sup> y 442 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente a los 28 días. Se concluye que el porcentaje óptimo para elaborar concreto de alta resistencia lo presenta el 10% de reemplazo de cemento por microsíllice con 1.5% de aditivo superplastificante. Esta tesis aporta con conocimientos en cuanto a reemplazos del peso de cemento por microsíllice se trate, pues se demostró que a mayor porcentaje de reemplazo su resistencia a la compresión disminuye. También, la importancia de usar aditivo superplastificante para mantener una buena trabajabilidad en estado fresco y de respetar un orden adecuado en la mezcla de los componentes al momento de realizar las tandas de ensayo.

García (2018), en su estudio titulado: *“Concreto de alto desempeño utilizando hormigón con adición de microsíllice y superplastificante en la ciudad de Huancayo”*, tuvo como objetivo determinar la adición óptima de microsíllice y superplastificante para obtener un concreto de alto desempeño. El alcance de la investigación es correlacional de tipo experimental, evaluó 30 diseños de mezclas, con cemento portland Andino tipo I, hormigón, diferentes porcentajes de microsíllice Z de 4%, 6%, 8% e incorporación de aditivo superplastificante SikaCem® de 0.8%, 1.2%, 1.6% en todas sus combinaciones con base en relaciones de agua/cemento de 0.30, 0.35 y 0.40 respectivamente. Los diseños de mezclas se realizaron mediante la metodología del comité 211 del ACI y por el método de módulo de finura. Se realizaron ensayos de asentamiento, exudación, contenido de aire y peso unitario, así como resistencia a la compresión de probetas cilíndricas, resistencia a tracción y resistencia a la flexión en vigas. Los resultados obtenidos demostraron ser superiores a las propiedades del concreto patrón, teniéndose lo siguiente: asentamientos de 5 3/5”, peso unitario de 2425.40 kg/m<sup>3</sup>, contenido de aire de 0.7% y una exudación de 0.7%. Asimismo, una resistencia a la compresión de 793.80 kg/cm<sup>2</sup>, tracción diametral de 142.70 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a la flexión de 16.20 kg/cm<sup>2</sup>. Concluyendo que el mejor porcentaje de adición óptima es de 6% microsíllice y 1.6% de superplastificante con una relación a/c=0.30. Este estudio aportará la efectividad de las diferentes dosis propuestas de microsíllice y aditivo superplastificante, haciendo

uso del hormigón y relaciones de a/c bajas, el cual se rescatará el rango porcentual de aditivo superplastificante para la obtención de un concreto de alto desempeño. Del mismo modo, se tendrá en cuenta las recomendaciones de este estudio sobre el uso de otro material como del agregado grueso para lograr mejores asentamientos y así conseguir que cumpla con propiedades autocompactantes.

Cotrina (2018), en su tesis titulado: “*Comportamiento mecánico del concreto de alta resistencia de  $f'c = 450 \text{ kg/cm}^2$  con aditivo superplastificante Sikament®-290N y adición mineral Sika®Fume*”, tuvo como objetivo determinar el comportamiento mecánico del concreto de alta resistencia de  $f'c = 450 \text{ kg/cm}^2$  con aditivo superplastificante y microsíllice. La investigación es de tipo experimental, clasificaron 4 diseños de mezclas: mezcla patrón (P), mezcla con aditivo superplastificante (B), mezcla con adición mineral (C) y mezcla con aditivo superplastificante y adición mineral (D). Utilizaron cemento Pacasmayo tipo I, agregado grueso de río de TMN de 3/4", dosis del 0.9% de aditivo superplastificante Sikament 290N e incorporación del 10% de microsíllice Sika Fume del peso de cemento. Emplearon el método del comité 211 del ACI para el diseño de las mezclas y optaron por el método del módulo de finura para la combinación de los agregados. Se realizaron ensayos de resistencia a compresión de 7, 14 y 28 días, ensayos de resistencia a la flexión y ensayos de resistencia a la tracción, ambos a 28 días. De acuerdo a los resultados se puede recopilar que del ensayo de resistencia a la compresión se consiguió un valor promedio de  $599.70 \text{ kg/cm}^2$  por parte de la mezcla D, el cual es un 33.27% más de la resistencia de diseño, la mayor resistencia a flexión promedio fue de  $56.72 \text{ kg/cm}^2$  por parte de la mezcla C, lo que representa un 12.61% más de lo diseñado y, respecto a la resistencia a tracción, se logró alcanzar una resistencia promedio de  $36.49 \text{ kg/cm}^2$  también por la mezcla D, lo que corresponde al 8.11% más del diseño planteado. Finalmente, se concluyó que la mezcla D obtuvo mejores resultados en cuanto a resistencia a la compresión y tracción frente a las mezclas patrón, B y C a los 28 días. De esta tesis se demostró que para un concreto con alta resistencia se obtiene usando ambos materiales: aditivo superplastificante y microsíllice, debido a que por sí solo, ya sea aditivo o adición mineral, no logran presentar un incremento considerable en comparación al diseño donde se mezclan estos dos materiales, a excepción de la resistencia a la flexión.

Gómez (2017), en su investigación denominada: “*Resistencia a compresión axial de un concreto  $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$  con la incorporación de aditivo anti-deslave*”, tuvo como objetivo determinar la resistencia a compresión axial de un concreto  $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$  con la incorporación de un aditivo antideslave. La investigación fue experimental, realizó un diseño de concreto patrón y 3 diseños con incorporación de microsíllice (adición antideslave) usando el método del comité 211 del ACI; utilizó cemento Portland tipo I, agregado grueso de TMN de 1” y porcentajes de microsíllice de 8%, 10% y 12% del peso de cemento. Se elaboró especímenes cilíndricos de concreto con las adiciones propuestas y fueron vaciados bajo agua, luego se desencofró y se sometieron a ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días de curado. Los resultados demostraron que hubo una reducción de resistencia en todos los porcentajes y edades, la menor pérdida evidenciada es de un 2.23% menos que la resistencia del concreto patrón. Concluyendo que el porcentaje recomendable de microsíllice es del 10% del peso del cemento, debido que fue el porcentaje más cercano a la resistencia del concreto patrón. Esta investigación contribuye con información referente a las condiciones que se han elaborado las probetas cilíndricas de concreto antideslave, un procedimiento inusitado que pudo haber influenciado en su resistencia final. Este estudio puede servir de ejemplo, para futuras investigaciones, donde se quieran hacer comparaciones con el método convencional establecido por la ASTM C31.

Rabanal & Su (2017), en su tesis titulado: “*Diseño de un Concreto Autocompactable*”, tuvieron como objetivo determinar la influencia de la adición de microsíllice Sika Fume y el aditivo superplastificante Sika ViscoCrete – 1110 PE en el diseño de un concreto autocompactable. La investigación fue de tipo experimental, realizaron diseños de mezclas bajo la metodología del comité 211 del ACI: un diseño de concreto convencional y un diseño de concreto autocompactable, ambos diseños para resistencias de  $500 \text{ kg/cm}^2$ ; utilizaron cemento Pacasmayo tipo I, agregado grueso con TMN de 1/2", adición del 10% de microsíllice Sika Fume y el 1.5% de aditivo superplastificante Sika ViscoCrete – 1110 PE. Se recopilaron datos del ensayo caja en L con un cociente de alturas de 0.90, del embudo en V se logró una capacidad de relleno de 10 s, de la caja en U se alcanzó una diferencia de alturas de 0 cm, en el anillo en J se obtuvo diámetros de 650 y 800 mm, del slump flow se tomaron medidas de 71 y 72 cm con un T50 (s) de 5s. La máxima resistencia a la compresión alcanzada fue de  $771.57 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días, superando el 100% de su  $f^c$ . Finalmente, se concluyó que la dosificación propuesta



satisface los parámetros establecidos de un concreto autocompactable. Esta tesis nos permite constatar el mejoramiento de las propiedades de un concreto autocompactante, en estado fresco y endurecido, mediante la adición de microsilíce y el uso de aditivo superplastificante, aumentando significativamente la fluidez de la mezcla y su resistencia mecánica. Así pues, servirá como referencia para evaluar y corregir las dosis propuestas en los diseños de mezclas con el fin de obtener mejores resultados.

Macedo & Miranda (2016), en su investigación denominada: “*Diseño de concreto antideslave, para vaciados en zonas con presencia de nivel freático alto con uso de aditivos, en la ciudad de Arequipa*”, tienen como objetivo realizar el estudio y análisis del concreto antideslave con aditivos, mediante ensayos de laboratorio, así como el proponer diseños a resistencias de 175 kg/cm<sup>2</sup>, 210 kg/cm<sup>2</sup>, y 280 kg/cm<sup>2</sup>. La investigación es de tipo experimental, con diseños de mezcla patrón y diseños de mezcla con Sika Fume en proporciones del 5%, 10%, 15% en peso del cemento y superplastificante Sikament TM 350. Asimismo, diseños de mezcla con Eucon AWA en dosis del 0.65%, 1.4% y 2.10% en peso del cemento y superplastificante Eucon 37, mediante los métodos de diseño del comité ACI 211 y de máxima compacidad. Emplearon el cemento portland puzolánico Yura IP, agregado grueso de TMN de 3/4” y diversas relaciones de agua/cemento. Los resultados obtenidos respecto al lavado de finos demostraron ser menores del 6.5%. El aditivo Eucon AWA obtuvo porcentajes de lavado de 3.17% y 5.39%, mientras que con Sika Fume, lavados de 4.19% y 5.91% usando métodos ACI 211 y Máxima Compacidad respectivamente; slump flow superiores a 300 mm con dosificaciones de 10 y 15% de Sika Fume, 1.4% y 2.1% de Eucon AWA respectivamente. Se recopiló datos de resistencia a la compresión a 28 días, usando Sika Fume al 15% llegó incrementar su resistencia hasta un 22% de la que fue diseñada (280 kg/cm<sup>2</sup>) por el método ACI 211. Concluyendo que el método ACI 211 presentó mejor desempeño que el método de Máxima Compacidad en cuanto a lavado de finos usando aditivo Eucon AWA. Esta investigación colaborará con los resultados obtenidos por la marca Sika Fume, tanto en el porcentaje de lavado de finos como en su resistencia a la compresión. Servirá de base las dosis propuestas de microsilíce Sika Fume y se tomará en cuenta la recomendación del uso indispensable de un aditivo superplastificante para adquirir propiedades autocompactantes debido a las condiciones de vaciado.

### 1.5.1. Bases teóricas

#### 1.5.1.1. Concreto

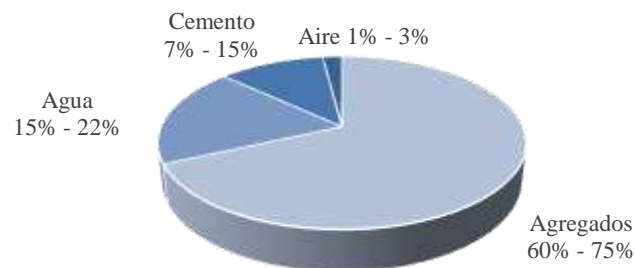
Según Harmsen (2017), el concreto es una mezcla de materiales, principalmente cementantes, agregados y agua. Estos materiales se mezclan por completo hasta formar una pasta que une los agregados bien gradados llenando los vacíos entre ellos para que la mezcla sea homogénea y produzca un concreto fresco, denso y uniforme (p.47).

Asimismo, Pasquel (1998) considera que el concreto es un producto híbrido, que conjuga en mayor o menor grado las características de los componentes, que bien proporcionados aportan una o varias de sus propiedades individuales para constituir un material que manifiesta un comportamiento particular y original (p.11).

#### 1.5.1.2. Componentes de concreto

Por lo general, el agregado representa entre el 60% al 75% del volumen total del concreto, el agua entre el 15 al 22%, el cemento ocupa entre un 7 a 15% y el aire atrapado oscila entre el 1 al 3% (Ottazzi, 2011).

**Figura 1** Componentes del concreto. Fuente: Adaptado de Ottazzi, 2011.



##### 1.5.1.2.1. Agregados

Los agregados son materiales pétreos inertes resultantes de la desintegración natural de rocas o que se obtienen de la trituración de las mismas, ocupando aproximadamente 3/4 partes del volumen total del concreto (Chavarry, 2018).

Los agregados, también llamados áridos, desempeñan un papel importante tanto en el tema económico como técnico. No solo se limita a ser un material de relleno debido al gran volumen que ocupan, sino que también ejercen una influencia muy positiva en las resistencias mecánicas del concreto (Fernández, 2013, p.108).

#### 1.5.1.2.1.1. Agregado fino

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 400.037, 2014) lo establece como al agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8”) y queda retenido en el tamiz normalizado 74  $\mu$ m (N.º 200). Además, el agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas, también deberá tener no más del 45% retenido entre dos tamices consecutivos; y su módulo de fineza no deberá ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1.

#### 1.5.1.2.1.2. Agregado grueso

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 400.037) lo define como al agregado retenido en el tamiz normalizado de 4.75 mm (N.º 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca. Las partículas del agregado grueso deberán estar limpio (sin exceso de finos), se recomienda usar aquellas partículas con forma angulosa que sean resistentes, dura y con una textura rugosa (ASTM C33).

#### 1.5.1.2.1.3. Propiedades físicas de los agregados

La calidad de los agregados está determinada por el cumplimiento de sus propiedades físicas, razón por la cual, conocer estas características resulta ser importante.

**Tabla 4** *Propiedades físicas de los agregados*

Propiedad	Descripción
Granulometría:	- Es la representación numérica de la distribución volumétrica de partículas por tamaños (Harmsen, 2017, p.54).
Módulo de fineza:	- Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario (Abanto, 2017, p.93).
Porcentaje de vacíos:	- Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados (Pasquel, 1998, p.76).
Humedad:	- Es la cantidad de agua superficial retenida por las partículas del agregado en su estado natural (Pasquel, 1998, p.77).
Porosidad:	- Es el volumen de espacios en las partículas del agregado (Fernandez, 2013, p.116).
Peso específico, densidad o gravedad específica:	- Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas (Pasquel, 1998, p.74).
Absorción:	- Es la capacidad que tienen los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna durante un periodo de tiempo establecido (Rivva, 2000, p.158).
Peso unitario o volumétrico:	- Se denomina peso unitario, ya sea suelto o compactado, al peso que alcanza un determinado volumen unitario (Torre, 2004).

*Nota.* Esta tabla muestra los conceptos de cada propiedad física de los agregados. Fuente: Adaptado de Pasquel, 1998.

### 1.5.1.2.2. Cemento portland

#### 1.5.1.2.2.1. Definición

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 334.009), el cemento portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidratados y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda.

De la misma forma, Sánchez (2001) menciona que el cemento portland es un conglomerante hidráulico que tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, experimentando una reacción química debido a la hidratación (p.27).

#### 1.5.1.2.2.2. Compuestos químicos

El cemento está constituido por compuestos que hidratados confieren propiedades específicas al concreto (Harmsen, 2017, p.48).

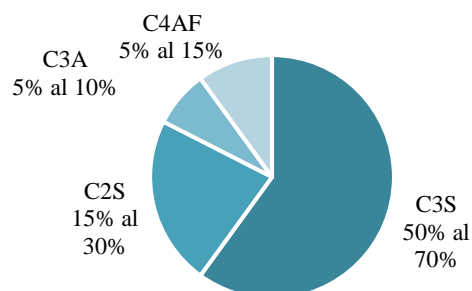
**Tabla 5** Principales compuestos químicos del cemento.

Compuesto	Notación	Característica
Silicato tricálcico (Alita)	(C <sub>3</sub> S)	Permite el inicio del fraguado y es el principal contribuyente en el desarrollo de la resistencia temprana.
Silicato dicálcico (Belita)	(C <sub>2</sub> S)	Contribuye principalmente en el desarrollo de la resistencia a largo plazo.
Aluminato tricálcico (Aluminato)	(C <sub>3</sub> A)	Libera una gran cantidad de calor de hidratación y es contribuyente secundario al desarrollo de la resistencia inicial.
Ferroaluminato tetracálcico (Ferrita)	(C <sub>4</sub> AF)	Controla la temperatura cuando se produce el Clinker. Influye en la manufactura del cemento.

*Nota.* Esta tabla muestra las características de los compuestos más representativos del cemento. Fuente: Adaptado de Harmsen, 2017.

Abanto (2017), agrega que estos cuatro compuestos químicos constituyen más del 90% del peso del cemento y se representa en porcentajes de participación (p.84).

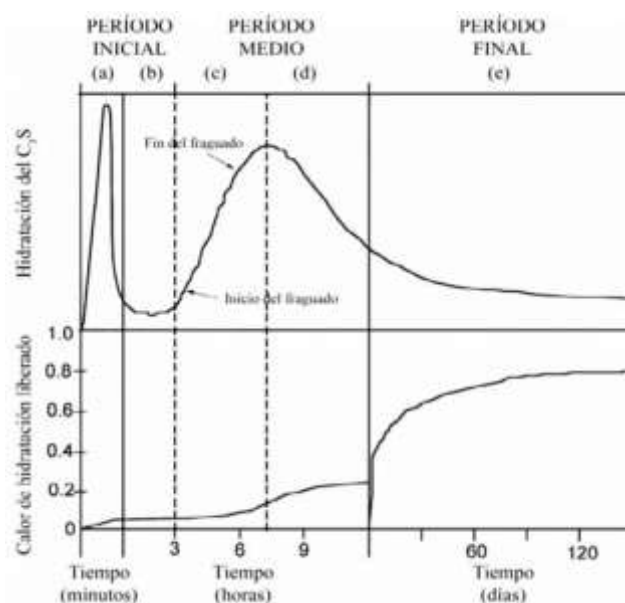
**Figura 2** Porcentajes de participación de los compuestos químicos del cemento. Fuente: Adaptado de Abanto, 2017.



### 1.5.1.2.2.3. Hidratación del cemento portland

La hidratación del cemento portland es un conjunto de reacciones químicas entre sus compuestos químicos y el agua, que llevan consigo el cambio del estado plástico al endurecido. (Pasquel, 1998, p.26). El Silicato tricálcico ( $C_3S$ ) es el compuesto químico mayoritario del cemento, por lo que determina en mayor medida el proceso de hidratación (Monteagudo, 2014). Se distinguen cinco etapas:

**Figura 3** Hidratación del  $C_3S$  en función del tiempo. a) Periodo de pre-inducción; b) inducción; c) aceleración; d) deceleración y e) difusión. Fuente: Monteagudo, 2014.



- **Etapa 1:** Periodo de pre-inducción. Es la primera etapa que tiene lugar durante los primeros 15-20 minutos, inmediatamente después de entrar en contacto con el agua (Monteagudo, 2014). Se produce una súbita, rápida y elevada liberación de calor debido a la hidratación inicial del  $C_3S$ , así como la formación de etringita del  $C_3A$  con el yeso y el agua (Zaton, 2015).
- **Etapa 2:** Periodo de inducción. A medida que la hidratación evoluciona, la velocidad de la misma disminuye de manera significativa durante unas 2 horas. En este periodo, se inicia la nucleación y crecimiento del gel CSH y la formación y precipitación de portlandita (Zaton, 2015). En esta etapa la pasta presenta características de plasticidad y trabajabilidad (Monteagudo, 2014).
- **Etapa 3:** Periodo de aceleración. En este periodo, el proceso de hidratación se acelera de nuevo, comienza el fraguado y se produce alrededor de las 10 horas debido a la precipitación masiva de productos de reacción (básicamente gel CSH y portlandita) (Puertas & Vásquez, 2001).

- **Etapa 4:** Periodo de deceleración. El grado de hidratación se desacelera gradualmente, la pasta ya ha fraguado y comienza a endurecer (García, 2011).
- **Etapa 5:** Periodo de difusión. La última etapa es la finalización, en la que las reacciones de hidratación transcurren a muy baja velocidad (Puertas & Vásquez, 2001). Durante esta etapa se forman estructuras de gel CSH más densas, por lo que resulta difícil para las moléculas de agua incorporarse en las partículas de cemento anhidras (García, 2011).

Luego, se produce la hidratación del  $C_3A$  y del  $C_4AF$  de manera similar, pero la primera es más rápida que la segunda. Por último, se produce la hidratación del  $C_2S$ , y se define la resistencia a largo plazo (Torres, 2014).

Las reacciones de hidratación de las fases mayoritarias del cemento portland no suceden por separado, son reacciones que suceden en serie y siguen el siguiente orden de acuerdo al grado de velocidad de reacción con el agua:  $C_3A > C_3S > C_4AF > C_2S$ . Jolicoeur & Simard (citado por García, 2011).

En resumen, se puede considerar que la hidratación del cemento portland es un proceso muy complejo. No obstante, la principal idea es que, al entrar en contacto con el agua; los compuestos químicos del cemento reaccionan (se hidratan), formando tres productos principales: el gel CSH, la portlandita y la etringita (Torres, 2014)

- **Gel CSH:** También llamados geles tobermoríticos o torbemorita (hidratos de silicatos de calcio), comprende el 60% del volumen de la pasta del cemento, es el principal producto y responsable de la adherencia de ésta con los áridos y de la resistencia que el concreto alcance.
- **Portlandita (CH):** Son cristales de hidróxido de calcio  $Ca(OH)_2$ , también llamado cal libre, comprende el 25% del volumen de la pasta del cemento y se produce en la hidratación del  $C_3S$ .
- **Etringita:** Es una capa protectora que se forma sobre los gránulos de cemento para retrasar la hidratación de los aluminatos, comprende el 15% del volumen de la pasta del cemento y es el producto de las reacciones entre el yeso, el  $C_3S$  y el agua.

#### 1.5.1.2.2.4. Tipos de cemento portland

La norma ASTM C150 establece cinco tipos de cementos portland tradicionales de acuerdo a su fabricación y requisitos específicos (Pasquel, 1998, p.38).

- Tipo I: De uso general, donde no se requieren propiedades especiales.
- Tipo II: De moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación. Para emplearse en estructuras con ambientes agresivos y/o en vaciados masivos.
- Tipo III: Desarrollo rápido de resistencia con elevado calor de hidratación. Para uso en clima frío y o en los casos en que se necesita adelantar la puesta en servicio de las estructuras.
- Tipo IV: De bajo calor de hidratación. Para concreto masivo.
- Tipo V: De alta resistencia a los sulfatos. Para ambientes muy agresivos.

#### 1.5.1.2.3. Agua

##### 1.5.1.2.3.1. Definición

El agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto, este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química (Pasquel, 1998, p.59).

##### 1.5.1.2.3.2. Requisitos de calidad del agua

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana (NTP 339.088) establece los límites permisibles para el agua de mezcla y curado. En la siguiente tabla se presenta, en partes por millón (ppm), los valores aceptados como máximos para el agua en el concreto.

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

Descripción	Límite permisible	
Sólidos en suspensión	5000 ppm	Máximo
Materia orgánica	3 ppm	Máximo
Alcalinidad (NaCHCO <sub>3</sub> )	1000 ppm	Máximo
Sulfato (Ión SO <sub>4</sub> )	600 ppm	Máximo
Cloruros (Ión Cl <sup>-</sup> )	1000 ppm	Máximo
pH	5 a 8	

*Nota.* Esta tabla muestra los límites permisibles en ppm de la calidad del agua. Fuente: NTP 339.088, 2006.

Una regla empírica que sirve para estimar si determinada agua sirve o no para emplearse en la producción de concreto, consiste en establecer su habilidad para el consumo humano, ya que lo que no daña al hombre no daña al concreto (Pasquel, 1998, p.60).

#### 1.5.1.2.4. Adiciones

##### 1.5.1.2.4.1. Definición

Las adiciones son partículas finas, algunas más finas que el cemento, que tienen como función reemplazar parte del contenido de cemento a fin de brindar a la mezcla un mejor desempeño principalmente en la trabajabilidad y viscosidad, también existen adiciones que elevan considerablemente la resistencia y la mayoría, al ser partículas muy finas, reducen considerablemente la permeabilidad (Arrieta & Medina, 2019).

##### 1.5.1.2.4.2. Clasificación de las adiciones

Se pueden clasificar en adiciones predominantemente inertes, tales como: los filleres calizos, filleres de cuarzo, polvo de mármol o polvo de granito. Asimismo, predominantemente reactivas, tales como: las puzolanas, las cenizas volantes, el humo de sílice, la cáscara de arroz y el metacaolin. Las adiciones más utilizadas son: el polvo calizo, el humo de sílice, las cenizas volantes y las escorias de alto horno (Vilanova, 2009).

**Tabla 7** Clasificación de adiciones

Tipo	Nombre genérico	Adición	Descripción
Predominantemente inerte (no activas)	Filler	Filler calizo	Adición mineral captado en filtros especiales durante el proceso de clinkeración de la materia prima en la producción del cemento (Hidalgo, 2018)
			Es un producto secundario de la quema de carbón pulverizado de generación de energía eléctrica (Neville, 2013, pg.458)
Predominantemente reactivo (activas)	Materiales puzolánicos	Cenizas volantes	Es un subproducto que se usa como una puzolana, resultado de la reducción del cuarzo de producción de silicio o ferrosilicio (Kosmatka et al., 2004, p.80).
		Humo de sílice (Microsílice)	Esta escoria es un material aglomerante hidráulico básicamente latente y granulado fino (EFNARC, 2002). Las escorias molidas son subproductos no metálicos producidos en un alto horno cuando el mineral de hierro es reducido a hierro dulce (Chavarry, 2018).
	Escoria	Escorias molidas de alto horno	

*Nota.* Esta tabla muestra la descripción de las adiciones activas y no activas. Fuente: Adaptado de Giovambattista, 2011.

##### 1.5.1.2.4.3. Microsílice

##### 1.5.1.2.4.3.1. Definición

Según el Comité ACI 116, define a la microsíllice como una sílice no cristalina (amorfa) muy fina producida por hornos de arcos eléctricos como un subproducto de la fabricación de silicio metálico o ferro silicio; también se le conoce como humo de sílice.



#### 1.5.1.2.4.3.2. Características físicas

La microsíllice se caracteriza por ser de alta reactividad y de extrema finura, lo que permite en el concreto la eliminación y oclusión de la porosidad, mejorando la interfase de la pasta de cemento portland con el agregado, derivándose en un producto más resistente y duradero; aumentando la compacidad y disminuyendo la permeabilidad del producto final (Chavarry, 2018).

**Tabla 8** Características físicas del microsíllice.

Característica	Descripción
Color	Entre gris claro a oscuro.
Densidad	2.2 g/cm <sup>3</sup> .
Superficie específica	Alrededor de 20,000 m <sup>2</sup> /kg. (200,000 cm <sup>2</sup> /gr)
Peso unitario suelto	Promedio de 300 kg/m <sup>3</sup> .
Diámetro promedio	0.1 μm. (100 veces menor que las partículas del cemento)

*Nota.* Esta tabla muestra la descripción puntual de las características físicas de la microsíllice.  
Fuente: Adaptado de Cruz, 2017.

#### 1.5.1.2.4.3.3. Composición química

La microsíllice posee un alto contenido de SiO<sub>2</sub> en un porcentaje variable entre el 85 y 98%, la mayor parte del cual se halla en estado vítreo. En menor proporción presenta impurezas tales como óxidos alcalinos y carburo de silicio (Balzamo et al, 2012, p.85).

**Tabla 9** Composición química del cemento portland, ceniza volante y microsíllice

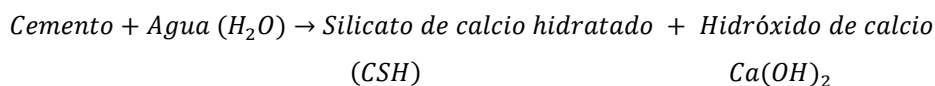
Óxidos		Cemento portland (%)	Ceniza volante (%)	Microsíllice (%)
Dióxido de Silicio	SiO <sub>2</sub>	21.3	49.0	92-98
Óxido de Aluminio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.5	24.6	0.5
Óxido Férrico	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.0	7.3	2.1
Óxido de Magnesio	MgO	2.4	1.6	0.3
Óxido de Calcio	CaO	63.1	9.1	0.8
Óxido de Sodio	Na <sub>2</sub> O	0.1	0.2	0.1
Óxido de Potasio	K <sub>2</sub> O	1.2	0.6	1.0
Azufre	SO <sub>3</sub>	2.2	0.4	0.2

*Nota.* Esta tabla muestra la composición química en (%) de tres componentes: cemento portland, ceniza volante y microsíllice. Fuente: Adaptado de Córdova & Gracia, 2007.

#### 1.5.1.2.4.3.4. Mecanismo de acción

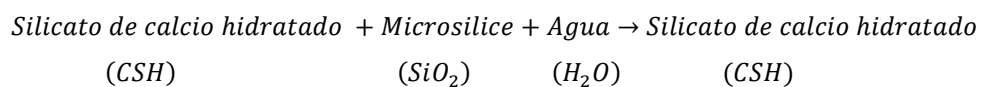
Según Rivera (2001) la microsíllice tiene una doble función en el proceso de hidratación de la mezcla: acción química y acción física.

- **Acción química:** Cuando se agrega agua al cemento portland, se produce la hidratación, formándose dos productos, como se muestra a continuación:



El silicato de calcio hidratado que se forma es el pegamento o aglomerante, que conserva unido el sistema. El hidróxido de calcio más débil no contribuye como aglomerante y puede ocupar hasta un cuarto del volumen de los productos de hidratación. Cuando hay grandes cantidades de hidróxido de calcio, el hormigón puede ser más vulnerable al ataque de sulfato, al ataque químico y a las reacciones álcali-árido adversas (Pérez, 2008).

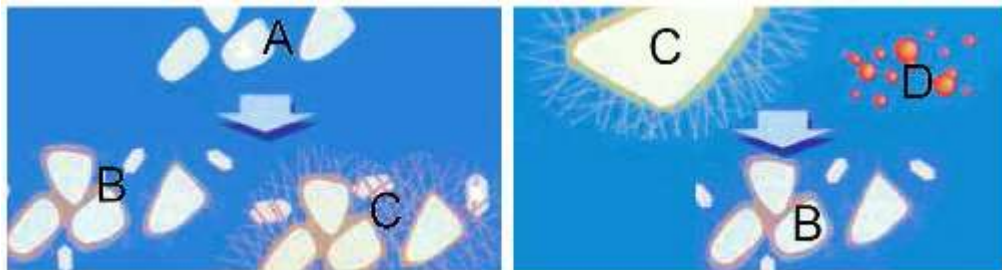
La microsíllice reacciona con el hidróxido de calcio y con el agua para producir más gel de silicato de calcio (aglomerador de agregados), mientras simultáneamente, reduce el contenido de hidróxido de calcio, como se aprecia en la siguiente reacción química:



El silicato de calcio hidratado formado por el cemento portland es muy similar al producido por la microsíllice, como se presenta a continuación:

Donde: (A) es cemento portland + agua, (B) es silicato de calcio hidratado SCH, (C) es hidróxido de calcio y (D) es microsíllice (Pérez, 2008).

**Figura 4** Esquema que representa la hidratación del cemento portland. Formación de Silicato de calcio hidratado e Hidróxido de calcio hidratado a partir del cemento portland y el agua (izq.) y transformación de Hidróxido de calcio (dañino para el hormigón) al reaccionar con la microsíllice en Silicato de calcio hidratado (der.). Fuente: Pérez, 2008.



- **Acción física:** Debido que las partículas del microsíllice son muy finas, ocupa la gran parte de los vacíos o poros que contiene la pasta de cemento, generándole un efecto de densificación, aportando en el concreto una baja porosidad, poca permeabilidad, mayor resistencia y alta durabilidad. (Toxement, 2016). Este fenómeno también se conoce con frecuencia como empaquetamiento de partículas o micro relleno, incluso si el humo de sílice no reaccione químicamente, el efecto de micro relleno lograría mejorar significativamente en la naturaleza del concreto (Macedo & Miranda, 2016).

### 1.5.1.2.4.3.5. Efectos de la microsilíce en el concreto

En vista de la propia naturaleza puzolánica y a la extrema finura del microsilíce, su uso puede mejorar muchas propiedades del concreto, lo cual hace posible una gran serie de aplicaciones.

**Tabla 10** Efectos del microsilíce sobre las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

<b>En estado fresco</b>	Incremento de la cohesión.	Citando a Pérez (2008), el concreto es sumamente cohesivo y por ende es menos propicio a la segregación, debido a la transformación del hidróxido de calcio a silicato de calcio hidratado (pegamento o aglomerante de la mezcla)
	Reduce la exudación.	Con la presencia del microsilíce, el espesor de la zona de transición entre la pasta y las partículas del agregado, se reduce y con ello la exudación. (Portugal, 2007).
	Trabajabilidad.	Debido a la inclusión de un material tan fino como la microsilíce, se producirán mezclas rígidas y difíciles de colocar dentro de los encofrados (Rivera, 2001). Una solución es aumentar su asentamiento hasta lo requerido, es decir, hasta que la mezcla sea trabajable. Esto se puede lograr gracias al uso de aditivos superplastificantes (García, 2018).
	Acelera el fraguado	Para Sellevold (citado por Cruz, 2017) menciona que la presencia de numerosas partículas finas, con propiedades puzolánicas, muestran un efecto catalizador respecto a la hidratación del cemento. Acelerando inicialmente dicho proceso.
<b>En estado endurecido</b>	Aumento de la resistencia mecánica.	Se observan óptimos resultados en cuanto a las resistencias a compresión, flexión e incluso al módulo de elasticidad. A causa de los efectos y/o reacciones puzolánicas, las partículas del microsilíce aporta al correcto micro relleno (Cruz, 2017).
	Aumenta la impermeabilidad/ Mayor durabilidad	La durabilidad del concreto está directamente ligada con la permeabilidad. Por intermedio del microsilíce se contribuye a la reducción de la permeabilidad gracias a la alta cohesión de la mezcla, esto hace que el concreto prolongue su vida ante los ataques por cloruros al refuerzo, ataques de sulfatos, ácidos u otros ataques químicos (Pérez, 2008).

*Nota.* Esta tabla muestra el desempeño que produce la microsilíce sobre una mezcla de concreto. Fuente: Adaptado de Cruz, 2017.

No obstante, uno de los mayores inconvenientes de la incorporación de humo de sílice en el concreto de alto desempeño es la tendencia a desarrollar fisuras por retracción plástica, debido a la gran demanda de agua que esta requiere en contraste con las bajas relaciones agua/cemento del concreto (Benavides, 2014).

Es por esta razón, que es preciso utilizar aditivos superplastificantes para poder trabajar con relaciones agua/cemento reducidas. Esta adición, reduce mucho la exudación y segregación de los concretos y les da una buena impermeabilidad (Fernández, 2013, p.596).

#### 1.5.1.2.4.3.6. Sika Fume

Es una adición mineral para concreto en forma de polvo, basado en tecnología de humo de sílice (SIKA, 2014).

- **Usos:** Se utiliza en hormigón proyectado, hormigón estructural, hormigón prefabricado y otros casos de construcción de hormigón en los que se imponen altas exigencias a la calidad del hormigón fresco y endurecido.
- **Características:** Contiene dióxido de silicio reactivo latente extremadamente fino. La presencia de esta sustancia imparte una gran cohesión interna y retención de agua en el concreto fresco. En el concreto endurecido, forma una matriz de cemento significativamente más densa debido a su formación adicional de producto de hidratación.
- **Ventajas:** Se enfatizan las siguientes ventajas.
  - Mayor durabilidad.
  - Mayores fortalezas finales.
  - Mayor estanqueidad al agua.
  - Penetración reducida del cloruro.
- **Dosis:** Se recomienda del 5-10% en peso de cemento.

#### 1.5.1.2.5. Aditivos

##### 1.5.1.2.5.1. Definición

Los aditivos son sustancias químicas que, además del material cementante, el agua y los agregados, se añaden a la mezcla de concreto, antes o durante el mezclado, para mejorar su comportamiento en estado fresco o endurecido (Harmsen, 2017, p.68).

##### 1.5.1.2.5.2. Clasificación de los aditivos

La norma ASTM C494 especifica siete tipos de aditivos para ser agregados a mezclas de concreto.

- Tipo A: Aditivos reductores de agua.
- Tipo B: Aditivos retardadores.
- Tipo C: Aditivos aceleradores.
- Tipo D: Aditivos reductores de agua y retardadores.
- Tipo E: Aditivos reductores de agua y aceleradores.
- Tipo F: Aditivos reductores de agua de alto rango.
- Tipo G: Aditivos reductores de agua de alto rango y retardadores.

### 1.5.1.2.5.3. Aditivos superplastificantes

#### 1.5.1.2.5.3.1. Definición

También conocidos como aditivos reductores de agua de alto rango que se encuentran especificados en la norma ASTM C494 y ASTM 1017, los cuales tienen por finalidad reducir en forma importante el contenido de agua del concreto manteniendo una consistencia dada y sin producir efectos indeseables sobre el fraguado (Torre, 2004).

#### 1.5.1.2.5.3.2. Funciones

Portugal (2007) expone que los aditivos superplastificantes pueden ser usados para tres funciones principales.

- Aumentar la trabajabilidad: Cumple la función superplastificante, logrando incrementar la trabajabilidad de la mezcla sin cambiar otra característica del diseño de mezcla.
- Reducir la cantidad de cemento: Reduce la cantidad de agua manteniendo constante la relación a/c.
- Incrementar la resistencia: La reducción de agua puede llegar hasta el orden del 40%, llegando a incrementar la resistencia debido a su menor relación a/c.

#### 1.5.1.2.5.3.3. Clasificación

Los aditivos superplastificantes, desde el punto de vista de su composición química, pueden clasificarse en cuatro categorías y se mencionan en la siguiente tabla.

**Tabla 11** Clasificación de los aditivos superplastificantes según sus principales compuestos químicos

Lignosulfonatos	Naftaleno y Melamina sulfonatos	Copolímeros vinílicos	Policarboxilatos (PCE)
- Primera generación de aditivos plastificantes.	- Son parte de la segunda generación de aditivos plastificantes	- Aditivos superplastificantes de tercera generación	- Pertenecen a la última generación de superplastificantes
- Extraída del proceso de producción de celulosa y de la industria del papel.	- El naftaleno sulfonato son productos resultantes del proceso de refinado del carbón y la melamina sulfonato está basada en polímeros sintéticos	- Polímeros sintéticos que poseen moléculas de mayor tamaño que los anteriores citados. Son producidos por copolimerización radical.	- Basados en copolímeros de ácido acrílico y grupos éter de ácido acrílico que poseen cadenas laterales (tipo peine).
- Reducción máxima de agua del 10%.	- Proporciona una reducción de agua de hasta un 25%.	- Reducción de agua de alrededor del 30%.	- Reducción de agua de hasta el 40%.

*Nota.* Esta tabla muestra que los dos primeros grupos se caracterizan por tener el mismo grupo funcional, el grupo sulfonato y los dos últimos grupos, polímeros surfactantes en los que los grupos funcionales son de tipo carboxílico o hidroxilo. Fuente: Adaptado de Benites, 2011.

#### 1.5.1.2.5.3.4. Aditivo superplastificante a base de policarboxilato

##### 1.5.1.2.5.3.4.1. Definición

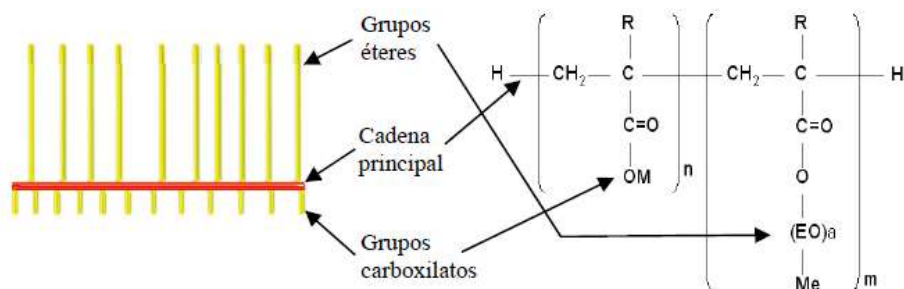
Los policarboxilatos son polímeros no lineales, en comparación con los condensados de naftaleno y melamina que son polímeros lineales, formados por una cadena principal obtenida mediante la polimerización de unidades de ácido acrílico (Borralleras, 2009, p.16).

##### 1.5.1.2.5.3.4.2. Características y composición química

Los policarboxilatos se clasifican como “polímeros tipo peine”. El propio nombre implica mucho acerca de la estructura de estas moléculas que consisten de una columna vertebral con cadenas laterales colgantes, al igual que los dientes de un peine (Mondragón, 2013).

Estas cadenas laterales son prácticamente largas y generalmente son de tipo poliéter (PEO) también denominados grupos éteres. Además de poseer una cadena principal hidrocarbonada con grupos de carboxilatos. Ohta (citado por López, 2011).

**Figura 5** Estructura química y molecular de un aditivo PCE (Policarboxilato). Fuente: Alonso, 2011.



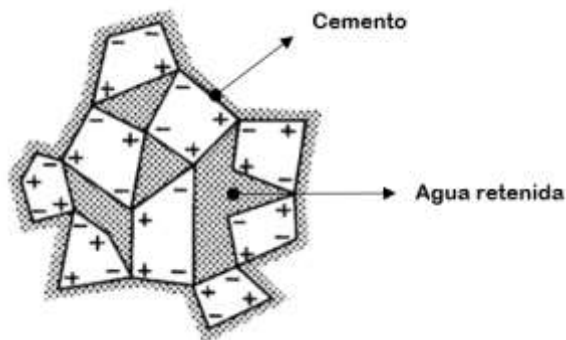
La estructura química de estos compuestos define su mecanismo de acción y está directamente sujeto con la capacidad de adsorción del aditivo sobre las partículas del cemento, por lo que, si la longitud de la cadena principal es larga, mayor será la adsorción de los policarboxilatos que aquellos con cadena principal corta. Roncero et al (citado por Melendez, 2018).

Por otra parte, Samaniego (2018) sostiene que la cadena principal debería ser corta, pero con un amplio número de cadenas laterales largas para mejorar la retención de la fluidez (mayor tiempo de trabajabilidad) y, por consiguiente, generar un fuerte mecanismo de repulsión estérica; que será indudablemente más fuerte que los aditivos químicos basados en los sulfonatos.

### 1.5.1.2.5.3.4.3. Mecanismo de acción

La Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE, 2010) argumenta que, en una mezcla de concreto en estado fresco sin la presencia de un aditivo superplastificante, las partículas de cemento mostrarán una fuerte tendencia a juntarse debido a interacciones electrostáticas y las fuerzas de Van Der Waals (atracción de cargas eléctricas), provocando flóculos o agrupaciones de partículas de cemento (pg.35).

*Figura 6* Floculación de las partículas de cemento. Fuente: Mondragón, 2013.



Dichos flóculos ejercen dos efectos negativos: retienen el agua en su interior, lo cual produce un aumento en la porosidad del concreto y por ende su permeabilidad, además impiden la distribución uniforme de las partículas de cemento por toda la mezcla de concreto, reduciendo el porcentaje de hidratación. Mindess et al. (citado por Manrique, 2019). Ante esta problemática, surge la necesidad de añadir una cantidad adicional de agua. Sin embargo, incrementar la cantidad agua en la mezcla implica disminuir la resistencia del concreto en su estado endurecido (SIKA, 2013).

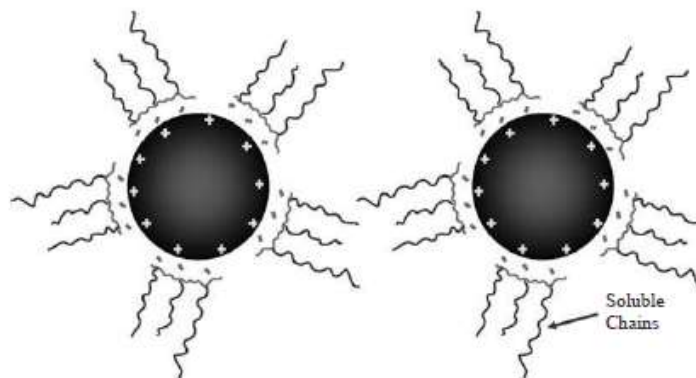
Estos efectos negativos pueden contrarrestarse, en gran parte, mediante la incorporación de aditivos superplastificantes y, mejor aún, si es a base de policarboxilatos (Checmarew, 2010).

Borralleras (2009) detalla las siguientes fases del mecanismo de acción de los aditivos superplastificantes a base de policarboxilato:

- **Distribución del aditivo:** El aditivo, en primer instante, se distribuye de manera uniforme por toda la mezcla fresca. Es fundamental tener en cuenta que, en esta fase, prevalece una relación entre el tiempo de amasado con esta distribución, pues obtener una óptima capacidad reductora de agua y mayor trabajabilidad demanda de mayor tiempo de amasado, por esta razón, se sugiere que el polímero posea una mayor cantidad y longitud de cadenas laterales.

- **Adsorción del polímero sobre el cemento:** Las moléculas del aditivo son adsorbidos a la superficie de las partículas de cemento y, cuanto mayor sea la cantidad adsorbida, mayor será el efecto de dispersante. Es por ello que, en esta fase, depende también de la composición del cemento: contenido en álcalis y del contenido y tipo de aluminato ( $C_3A$ ). Del mismo modo, el aditivo también puede ser adsorbido sobre ciertas partículas de arena, aunque esta fracción adsorbida sobre la arena no genera dispersión.
- **Orientación del polímero adsorbido:** Luego de ser adsorbido, cada polímero genera densidades de carga de un solo signo, cuyo fin es disponer de una configuración más estable para originar el efecto dispersante (repulsión estérica).
- **Progresión del equilibrio entre aditivo adsorbido y aditivo en solución:** En este último estado, en casos donde se requiera que el efecto dispersante se prolongue durante más tiempo, es necesario que exista una reserva de aditivo en solución para que gradualmente sean adsorbidas sobre las partículas de cemento al momento que estas aumenten su tamaño debido a la hidratación. De esta manera, el aditivo de reserva iniciará con la etapa de adsorción y así prolongar el efecto dispersante (p.20).

**Figura 7** Mecanismo de dispersión de los aditivos superplastificantes a base de policarboxilato. La cadena principal, cuya carga es negativa, es adsorbido sobre la superficie de la partícula de cemento (círculo negro) y las cadenas laterales, con carga positiva, provocan la repulsión entre partículas. Fuente: Zongjin (citado por Mondragón, 2013)





#### 1.5.1.2.5.3.4.4. Efectos del aditivo superplastificante a base de policarboxilato

Si bien los efectos específicos de los aditivos PCE varían según el tipo de cemento, relación a/c, dosificación del aditivo, temperatura de mezclado y otras características que pueden darse en obra, solucionan básicamente problemas de manejabilidad, resistencia y durabilidad (Reina et al., 2010).

**Tabla 12** Efectos del aditivo PCE sobre las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

<b>Estado fresco</b>	Extrema reducción de agua.	Se debe a que el efecto dispersante de estos se basa, además de por el efecto electrostático, por un efecto estérico originado por sus cadenas laterales de larga longitud que impiden que dos partículas de cemento puedan flocular (Espinosa, 2015).
	Elevada trabajabilidad/ Aumenta la fluidez	En vista de su efecto dispersante, las fuerzas repulsivas entre partículas de cemento previenen la floculación y ello permite obtener el comportamiento reológico deseado (ACHE, 2010).
	Tiempo de fraguado	Debido a la excelente dispersión de las partículas de cemento, tiende a acelerar la velocidad de hidratación, por lo tanto, acelera el proceso de fraguado y endurecimiento (Nieto, 2007).
	Disminuye la segregación/ Reduce la exudación	A causa de la densidad de sus cadenas laterales del polímero, obstruye el sangrado del agua y aumenta la cohesividad de la mezcla. Además, la extrema reducción de agua permite disminuir la segregación (Cabanillas, 2020).
<b>Estado endurecido</b>	Elevada resistencia inicial y final	Por su mayor capacidad reductora de agua, es posible obtener concretos de resistencias a compresión superiores a 100 MPa. (Borralleras, 2009, p.21).
	Aumenta la impermeabilidad/ Mayor durabilidad	A raíz del aumento de cohesividad en la mezcla, produce un concreto menos permeable y por ende de mayor durabilidad (Cabanillas, 2020).

*Nota.* En esta tabla muestra el desempeño que produce los aditivos de tipo policarboxilato sobre una mezcla de concreto. Fuente: Adaptado de Cabanillas, 2020.

A pesar de los evidentes efectos beneficiosos que produce los aditivos PCE sobre los sistemas cementantes, en la práctica, pueden conducir a efectos anómalos o indeseables. Estas situaciones se deben a un problema de incompatibilidad aditivo-cemento (Alonso, 2011). Dentro de las complejas interacciones presentes, entre un aditivo PCE y el cemento, existe el efecto de los componentes “pseudoinerte” (arenas, por ejemplo).

Como se describió anteriormente, el polímero puede ser adsorbido por los finos de la arena y éstas no podrían generar dispersión. Sin embargo, existe una fuerte tendencia en generarse este efecto, en el que se sufre una alta pérdida de trabajabilidad durante el transporte. Además, aumenta la posibilidad de un agrietamiento a temprana edad, incluso en concretos de alto desempeño; ya que puede ocurrir que los poros del concreto absorban agua de la exudación, causando mayores fallas en el estado plástico (Samaniego, 2018).

#### 1.5.1.2.5.3.5. Sika ViscoCrete SC-50

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, además de no contener cloruros (SIKA, 2014).

- **Usos:** Se destaca a continuación dos usos.
  - Procesos constructivos que requieran mucho tiempo para la colocación y compactación del concreto.
  - Transporte y colocación del concreto y mortero en condiciones medio ambientales muy rigurosas, baja humedad relativa, muy alta velocidad de viento y temperaturas extremas en el concreto.
- **Ventajas:** Se destaca a continuación cuatro ventajas.
  - Es un reductor de agua de alto rango por lo que no es necesario utilizar fluidificantes adicionales.
  - Permite la producción de concretos y morteros de alto desempeño.
  - Provee concretos y morteros de mayor estabilidad y tiempos de trabajabilidad que aquellos elaborados con dispersantes y reductores de agua convencionales.
  - Retiene la trabajabilidad por más tiempo manteniendo el desarrollo de las resistencias iniciales.
- **Dosis:** Para aplicaciones típicas 0.5% al 1.8% del peso del material cementante.

#### 1.5.1.3. Concreto antideslave

##### 1.5.1.3.1. Definición

El concreto antideslave es un concreto sumamente cohesivo con propiedades hidrófobas, en otras palabras, tiene repulsión al agua y es de baja permeabilidad; a lo que permite una reducción significativa de la porosidad capilar. Evita la infiltración del agua en el elemento estructural previniendo la pérdida de finos: pasta y agregado fino (CEMEX, 2018).

Este concreto se utiliza en proyectos de cimentaciones profundas (pilotes, caissons, muro pantalla, etc.) y en cimentaciones superficiales (zapatas, vigas de cimentación, losas de cimentación, etc.) con zonas de alto nivel freático o en presencia de agua (Concremack, 2020).

### 1.5.1.3.2. Propiedades del concreto antideslave

#### 1.5.1.3.2.1. Propiedades en estado fresco

El concreto antideslave, en estado fresco, debe reunir los siguientes requisitos: ser autocompactante para no requerir de vibración, tener una elevada viscosidad que impida la segregación y presentar una resistencia al lavado debido al contacto con el agua (Bernardo et al., 2016).

**Tabla 13** *Propiedades del concreto antideslave en estado fresco*

Estado	Propiedad	Descripción
Estado fresco	Capacidad de llenado	Desplazarse dentro del encofrado rellenando todas las superficies.
	Capacidad de paso	Fluir por sitios estrechos y altamente densos de refuerzo sin producir bloqueo.
	Viscosidad	Resistencia al flujo.
	Resistencia a la segregación	Estabilidad de la mezcla.
	Resistencia a la pérdida de finos	Resistencia al lavado de los finos en contacto con el agua.

*Nota.* Esta tabla muestra, a modo de resumen, el concepto de cada propiedad predominante de un concreto antideslave en su estado fresco.

#### 1.5.1.3.2.1.1. Capacidad de llenado

La capacidad de llenado es la capacidad de fluir y rellenar todas las superficies del encofrado bajo la acción de su propio peso sin la necesidad de vibrado ni de otros métodos de compactación externo. El Grupo de Proyecto Europeo (GPE, 2006). La capacidad de llenado se puede evaluar mediante el ensayo del escurrimiento según la norma UNE 83361 y las recomendaciones de las Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante.

**Tabla 14** *Clases de escurrimiento*

Clase	Descripción	Escurrecimiento
SF1	Es apropiado para:	550 – 650 mm
	- Estructuras en masa o poca densidad de armaduras (losas de cimentación o pavimentos)	
	- Concretos de relleno por bombeo (encofrado de túneles)	
SF2	- Elementos suficientemente pequeños que no precisen largos flujos horizontales.	660 – 750 mm
	Es adecuado para muchas aplicaciones normales (muros, pilares, etc.)	
SF3	Es elaborado para aplicaciones verticales en estructuras muy armadas de formas complejas.	760 – 850 mm

*Nota.* Esta tabla muestra la clasificación de escurrimiento de un concreto autocompactante según el Grupo de Proyecto Europeo (GPE). Fuente: Adaptado de GPE, 2006.

El ensayo de extensión de flujo es un método común que se utiliza para determinar el grado de trabajabilidad y las características de flujo libre horizontal del concreto autocompactante en ausencia de obstrucciones (ACI 237R-07).

#### 1.5.1.3.2.1.2. Capacidad de paso

La capacidad de paso es la capacidad de fluir libremente a través de sitios estrechos en presencia de una alta densidad de armaduras, sin indicios de bloqueo del árido grueso ni de otros fenómenos relacionados con la pérdida de homogeneidad (GPE, 2006). Esta propiedad se puede evaluar a través del ensayo Caja en L según la norma UNE 83363 y lo estipulado por las Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante.

**Tabla 15** Clases de capacidad de paso (Ensayo de la Caja en L)

Clase	Descripción	Capacidad de paso
PA1	Estructuras con huecos de 80 mm a 100 mm. (Estructuras verticales y edificación)	$\geq 0.80$ con 2 obstáculos de barras
PA2	Estructuras con huecos de 60 mm a 80 mm. (Estructuras de obra civil)	$\geq 0.80$ con 3 obstáculos de barras

*Nota.* Esta tabla muestra la clasificación de capacidad de paso de un concreto autocompactante según el Grupo de Proyecto Europeo (GPE). Fuente: Adaptado de GPE, 2006.

El ensayo de la Caja en L (L-Box) mide la habilidad del concreto para pasar por refuerzos congestionados y consiste en llenar con hormigón fresco uno de los lados de la caja para luego abrir la compuerta y así permitir que el concreto fluya a través del espacio que tiene unas barras (NRMCA CIP-37).

#### 1.5.1.3.2.1.3. Viscosidad

La viscosidad es una medida de la resistencia de un material para fluir debido a la fricción interna, y se expresa como la relación de esfuerzo aplicado respecto a la tasa de corte (EFNARC, 2002). La viscosidad se puede evaluar mediante el ensayo embudo en V según la norma UNE 83364 y los lineamientos de las Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante.

**Tabla 16** Clases de viscosidad

Clase	Descripción	$T_{500}$ (s)	Embudo en V (s)
VS1 / VF1	Es capaz de auto nivelarse y generalmente tiene mejor acabado superficial. No obstante, es más propenso a presentar exudación y segregación.	$\leq 2$	$\leq 8$
VS2 / VF2	Tendencia a presentar efectos de tixotropía, mejorando la resistencia a la segregación. Sin embargo, tiene efectos negativos en el acabado superficial.	$> 2$	9 - 25

*Nota.* Esta tabla muestra la clasificación de viscosidad de un concreto autocompactante según el Grupo de Proyecto Europeo (GPE). Fuente: Adaptado de GPE, 2006.

El ensayo consiste en llenar un embudo en V con hormigón fresco y anotar el tiempo que tarda la mezcla en salir el embudo, siendo el tiempo de flujo del embudo en V (GPE, 2006).

#### 1.5.1.3.2.1.4. Resistencia a la segregación

La resistencia a la segregación es la capacidad del concreto de mantener la homogeneidad de su composición en estado fresco (GPE, 2006). Se le denomina segregación a la separación que sufre los componentes del concreto, provocando que las partículas más pesadas (agregado grueso) se queden en el fondo y las más finas asciendan a la superficie (Abanto, 2017).

**Tabla 17** Clases de resistencia a la segregación (Ensayo de segregación en tamiz)

Clase	Descripción	Capacidad de paso
SR1	Aplicable para losas esbeltas y aplicaciones verticales con un recorrido de flujo menor de 5 metros y una separación de armaduras mayor de 80 mm.	$\leq 20$
SR2	Recomendado para aplicaciones verticales con un recorrido de flujo mayor de 5 metros y una separación de armaduras mayor de 80 mm.	$\leq 15$

*Nota.* Esta tabla muestra la clasificación de resistencia a la segregación de un concreto autocompactante según el Grupo de Proyecto Europeo (GPE). Fuente: Adaptado de GPE, 2006.

El ensayo consiste en tomar una muestra de hormigón fresco y dejarla reposar durante un tiempo para permitir que se produzca cualquier segregación interna, después verter la mitad sobre un tamiz y pesar lo que pasó a través del tamiz (EFNARC, 2002).

La resistencia a la segregación está relacionada con la estabilidad y también se puede evaluar mediante el ensayo de índice de estabilidad visual (VSI) según la norma ASTM C1611. Grupo de Trabajo Conjunto EFFC/DFI para el Hormigón (2018).

#### 1.5.1.3.2.1.5. Requisitos generales para la autocompactabilidad

Para que la mezcla de concreto antideslave sea aceptada, en términos de autocompactabilidad, debe cumplir con los rangos admisibles de los parámetros que se muestra en la tabla N° 18.

**Tabla 18** Requisitos generales para la autocompactabilidad

Ensayo	Parámetro medido	Rango admisible
Esgurrimiento	T50	$T50 \leq 8\text{seg}$
	Df	$550\text{ mm} \leq Df \leq 850\text{ mm}$
Embudo en V	Tv	$4\text{ seg} \leq Tv \leq 20\text{ seg}$
Caja en L	Cbl	$0.75 \leq Cbl \leq 1.00$

*Nota.* La tabla muestra los parámetros y rangos requeridos de un concreto autocompactante. Fuente: Adaptado de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), 2008.

Asimismo, en la tabla N° 19 se observan los criterios de aceptación para las muestras del ensayo de índice de estabilidad visual (VSI), ensayo que establece si hay presencia de agua de sangrado al borde del concreto extendido o si los agregados se acumulan en el centro (NRMCA CIP-37).

**Tabla 19** Valores de índice de estabilidad visual (VSI)

Valor VSI	Criterio
0 = Altamente estable	Ninguna evidencia de segregación o exudación.
1 = Estable	Ninguna evidencia de segregación y leve exudación observado como brillo sobre la masa del hormigón
2 = Inestable	Leve halo de mortero $\leq 0.5$ pulg. ( $\leq 10$ mm.) y/o agrupamiento de áridos en el centro de la masa de hormigón.
3 = Altamente inestable	Segregación clara evidenciada por un gran halo de mortero $> 0.5$ pulg. ( $> 10$ mm.) y/o un gran agrupamiento de áridos en el centro de la masa de hormigón.

*Nota.* La tabla muestra los criterios de aceptación en conjunto de los valores VSI para una mezcla de concreto autocompactante. Fuente: Adaptado de ASTM C1611.

**Figura 8** Representación visual de los criterios establecidos por el ensayo del Índice de Estabilidad Visual. Fuente: ASTM C1611.

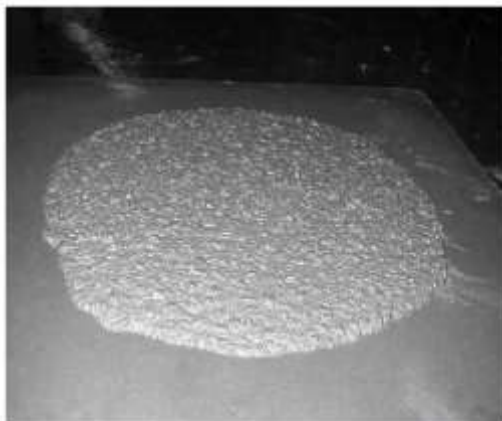


FIG. X1.1 VSI = 0 – Concrete Mass Is Homogeneous and No Evidence of Bleeding.



FIG. X1.2 VSI = 1 – Concrete Shows Slight Bleeding Observed as a Sheen on the Surface.

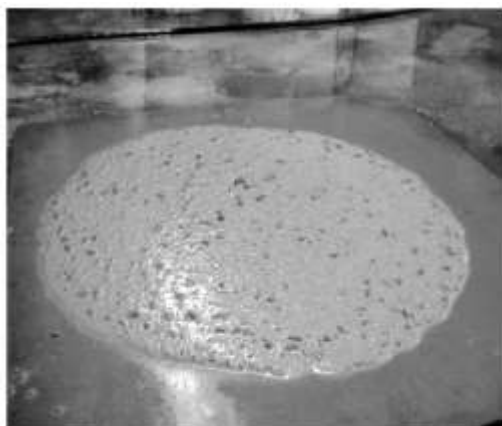


FIG. X1.3 VSI = 2 – Evidence of a Mortar Halo and Water Sheen.

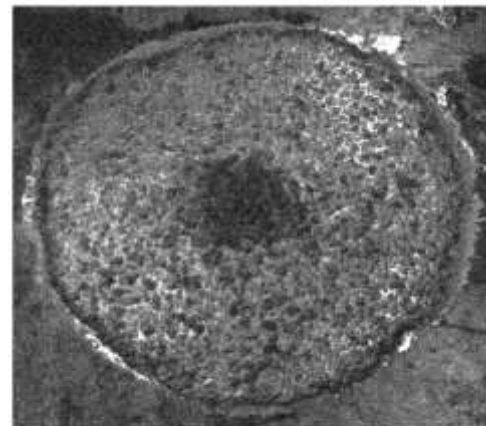
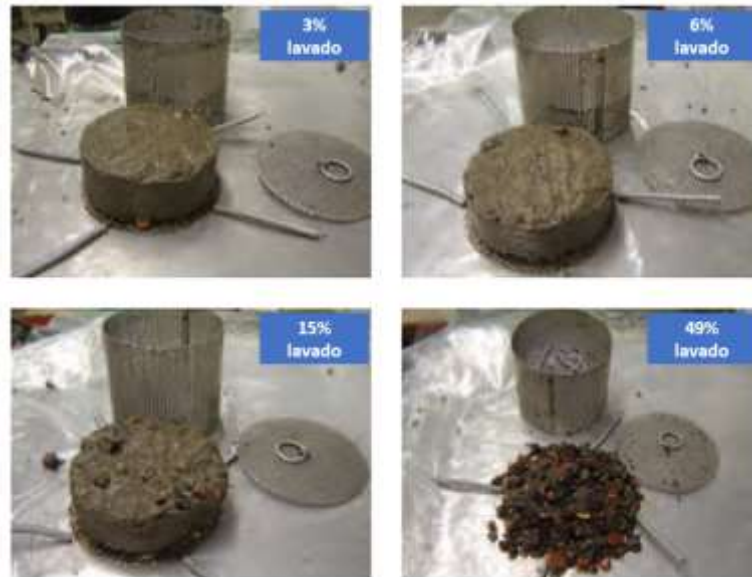


FIG. X1.4 VSI = 3 – Concentration of Coarse Aggregate at Center of Concrete Mass and Presence of a Mortar Halo.

#### 1.5.1.3.2.1.6. Resistencia a la pérdida de finos

La resistencia a la pérdida de finos, también denominado “washout”, es la pérdida de materiales componentes que sufre una mezcla fresca de concreto cuando está en contacto con el agua (Rochna, 2003). El porcentaje de reducción de lavado de finos se puede evaluar de acuerdo a la norma CRD C61-89A del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos.

**Figura 9** Representación visual del efecto de varios niveles de resistencia al lavado.  
Fuente: GCP Applied Technologies, 2018.



Este método de prueba consiste en medir la cantidad de la pasta de cemento que se lava de una muestra de concreto recién mezclada al estar en contacto con el agua (CRD C61-89A). El procedimiento de este ensayo se basa en llenar una canasta perforada con la mezcla y dejar caer libremente la canasta al interior de un tubo acrílico durante tres veces (Rochna, 2003).

Este método permite evaluar las diferentes estrategias aplicadas al diseño de mezclas, como la variación en los contenidos de cementantes, la variación en los contenidos de agregados fino y, por supuesto los más importantes, los tipos de aditivos y sus respectivas dosificaciones (Asocreto, 2015).

**Tabla 20** Valores permisibles de deslave

Norma	Mezcla control	Deslave
Norma CRD C661-06	10-20%	50 % de la mezcla control
Norma BS 8443:2005	-	15 %

*Nota.* Esta tabla muestra los valores permisibles según la norma CRD C661-06 y la norma BS 8443:2005 para una mezcla de concreto antideslave. Fuente: Adaptado de GCP Applied Technologies, 2018.

Según la norma CRD C661-06, Especificaciones para las mezclas antideslave para el concreto, requiere de la selección del diseño de mezcla de un concreto patrón que demuestre un deslave del 10-20% de la masa inicial y, que la mezcla de concreto antideslave, reduzca el deslave en un 50% o menos de la mezcla de concreto patrón (GCP Applied Technologies, 2018).

En cambio, la norma BS 8443:2005 permite cumplir e inclusive exceder significativamente el máximo permitido, que equivale al 15% de deslave de masa inicial. Varios reportes indican que es posible llegar a niveles inferiores al 5% (Zanelli & Fernandez, 2014).

Aunque, un concreto antideslave que se considere como tal debería tener, en este ensayo, un deslave máximo entre el 5 - 8% de la masa inicial, puesto que la mayor parte de especificaciones de proyectos de un antideslave así lo requieren (CEMEX, 2016).

#### **1.5.1.3.2.2. Propiedades en estado endurecido**

Después de su hidratación y su respectivo fraguado, el concreto pasa de su estado fresco a su estado endurecido, adquiriendo rigidez y convirtiéndose así, en un material de consistencia pétreo capaz de soportar grandes esfuerzos.

##### **1.5.1.3.2.2.1. Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área y, se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en  $kg/cm^2$ , MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgadas cuadrada (psi). Osorio (citado por Vergara, 2018).

La resistencia a la compresión se puede evaluar de acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP 339.034:2015. Este método consiste en determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto. El ACI 304R expresa que el concreto colocado bajo el agua, diseñadas con mezclas ricas, comúnmente tienen una resistencia a la compresión de 4000 a 8000 psi (28 a 55Mpa.).

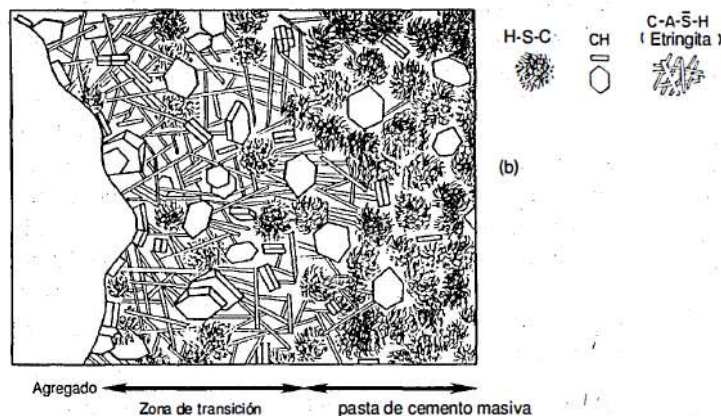
De acuerdo con Portugal (2007), la resistencia a la compresión del concreto se rige principalmente por la resistencia e interacción de sus fases constituyentes:

- La resistencia de la pasta hidratada y endurecida (matriz).
- La resistencia de las partículas del árido.
- La resistencia de la interfase árido – pasta.



La interfase agregado – matriz o, también conocido como árido – pasta, es la zona más frágil del concreto en estado endurecido, la presencia de la zona de transición hace que el concreto se fracture a niveles de carga considerablemente más bajos que las resistencias de cualquiera de sus otros componentes principales (pasta de cemento y árido). Mehta (citado por Puertas et al., 1991).

**Figura 10** Representación gráfica de la zona de transición y la pasta masiva en el concreto.  
Fuente: Mehta & Monteiro, 1998.



La zona de transición se describe como una región que se extiende radialmente hacia afuera desde la superficie del agregado y se introduce gradualmente en la pasta de cemento. Diamond (citado por Puertas et al., 1991). Su espesor aproximado es de unos  $50 \mu m$ , y destaca por su elevada porosidad y elevado contenido de portlandita (CH), contenido que son menos adherentes y resistentes que los hidratos de silicato de calcio (C-S-H), además de favorecer a la propagación de micro fisuras (Puertas et al., 1991).

Los concretos sin adiciones minerales poseen una zona de transición más frágil y permeable, mientras que en los concretos con adiciones minerales suelen tener una zona más densa debido a la presencia de finos, creando mecanismos de alta adherencia entre el árido y la pasta de cemento (Portugal, 2007).

Otro factor que destaca en la resistencia a la compresión del concreto es la relación agua/cemento. Las mezclas con bajo contenido de agua presentan una resistencia a la compresión alta, pues conforme aumenta la cantidad de agua, disminuye la resistencia a la compresión. Esta última está relacionada directamente a la porosidad del concreto; al contener mayor cantidad de agua en la mezcla, ocuparán mucho volumen, y cuando se lleven a cabo las reacciones de hidratación, quedarán espacios vacíos en el concreto. Estos últimos se denominan poros, los cuales hacen que el concreto se debilite y no resista a esfuerzos de compresión (Guevara et al., 2012).

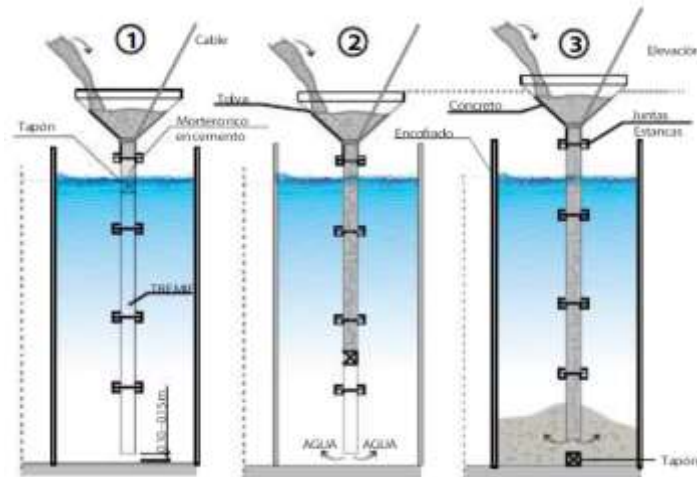
Por último, la presencia de los agregados también incide notablemente en la heterogeneidad, a causa de la diversidad de tamaños, textura superficial y geometría de las mismas, haciendo imposible lograr una perfecta adherencia (Portugal, 2007).

### 1.5.1.3.3. Método tremie

La colocación de concreto por el método de tubo-embudo (tremie), es la que más frecuentemente se usa para vaciar concreto bajo agua o en cimentación profunda. En términos generales, el procedimiento consiste en aprovechar el principio físico de los vasos comunicantes que caracteriza a los fluidos. La colocación suele ser alimentada por gravedad, desde arriba de la superficie del agua, por un tubo vertical conectado a una tolva en forma de embudo en la parte superior. El concreto fluye por el tubo-embudo hacia fuera desde el fondo del tubo, empujando la masa hacia fuera y hacia arriba (Gutiérrez, 2013, p.111).

La maniobra comienza apoyando el tubo en el fondo, para evitar que el concreto se contamine o se lave con el agua. Se coloca un tapón en la boca del embudo, generalmente una pelota o globo de goma inflado, de modo que el concreto lo empuje hasta el fondo, pudiéndose recuperar posteriormente cuando sale a la superficie. Una vez llena la tubería con el concreto, se levanta el tubo entre 10 y 15 cm, para permitir que el concreto fluya (Matallana, 2019, p.165).

**Figura 11** Esquema general y funcionamiento del sistema tremie. Fuente: Matallana, 2019.



La colocación del concreto con el tubo tremie debe ser tan continua como sea posible, debido a que largos intervalos facilitan su endurecimiento, dificultan la fluencia y continuación de la operación. Mientras que interrupciones de hasta 30 minutos permiten continuar las operaciones sin mayores dificultades (FIUBA, 2009).

Durante la operación de vaciado es imposible la inspección directa visual del concreto depositado normalmente, de modo que el progreso de esta operación debe controlarse cuidadosamente observando el volumen de concreto colocado y la altura alcanzada en el tubo (Asocreto, 2015).

#### **1.5.1.4. Ventajas**

Zanelli & Fernandez (2014) sugiere que cuando se tengan estructuras de difícil acceso y en ambientes desfavorables en presencia de agua, el uso del concreto antideslave es una solución técnicamente probada por sus grandes ventajas:

- Posee una elevada acción tixotrópica, propiedad que impide al concreto lavarse al ser colocado bajo el agua.
- No existen riesgos de modificar los contenidos de agua en la mezcla.
- Reduce el impacto ambiental marino porque la mezcla del concreto no se dispersa en el agua, evitando la afectación en los ecosistemas marinos.
- Presenta una elevada trabajabilidad.
- Disminuye y controla el sangrado y la segregación.
- Permite la reducción de mano de obra y plazos de ejecución de obra.
- Reduce o elimina costos de operaciones de drenaje.
- Disminuye y controla el sangrado y la segregación.
- Es bombeable y mantiene el tiempo de fraguado de un concreto convencional.
- No requiere de equipos especiales para su colocación.

#### **1.5.1.5. Aplicaciones**

Se ha empleado el concreto antideslave en grandes obras de ingeniería como las bases del Puente Akashi Kaikyo (Japón), las cimentaciones de los puentes de conexión a Ciudad del Carmen en Campeche (México) y en las reparaciones de la presa Braddock sobre el río Monongahela en Pittsburgh, Pennsylvania (Estados Unidos), entre otros. Son muchas las estructuras en que este material puede ser útil: diques, malecones, plataformas costeras, puertos, estructuras de puentes, estructuras hidráulicas, construcción de ataguías, cajones de cimentación, etc. (Asocreto, 2015).

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Operacionalización de variables

#### 2.1.1. Variable independiente

- Factor (A): Microsílice.
- Factor (B): Aditivo superplastificante.

#### 2.1.2. Variable dependiente

- Propiedades del concreto antideslave.

**Tabla 21** Operacionalización de la variable dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Propiedades del concreto antideslave	Son propiedades, tanto en estado fresco como endurecido, que describe el comportamiento de un concreto en contacto con el agua	Se elaboraron 162 muestras de mezclas en estado fresco y 135 probetas cilíndricas de concreto de 8" x 4" con diversos porcentajes de adición de microsílice y aditivo superplastificante	Capacidad de llenado	Escurrimiento T50	mm s
			Capacidad de paso	Caja en L	H2/H1
			Viscosidad	Embudo en V	s
			Resistencia a la segregación	Índice de estabilidad visual	Valor VSI
			Resistencia a la pérdida de finos	Porcentaje de lavado	%
			Método de colocación	Tubería tremie	¿Qué tan estable es la mezcla de concreto antideslave bajo el agua?
			Resistencia a la compresión	Fuerza Área	Kg. f cm <sup>2</sup>

*Nota.* La tabla muestra el procedimiento establecido para medir la variable dependiente de la presente investigación.

### 2.2. Tipo de investigación

#### 2.2.1. Según el propósito

Es una investigación de tipo aplicada, porque busca prevalecer la aplicación de los conocimientos que se adquieren y, así mismo, proponer soluciones ante una necesidad o problema que suceda en un área específica; como es el caso de la presente investigación, que está orientada a determinar la influencia de la microsílice y el aditivo superplastificante sobre las propiedades del concreto antideslave y, además de su aplicación en el ámbito de la construcción.

### 2.2.2. Según el diseño

Es una investigación de tipo experimental, dado que se basa en la manipulación de las variables independientes (microsilíce y aditivo superplastificante) para observar la variación que se tiene en la variable dependiente (propiedades del concreto antideslave).

### 2.2.3. Según el nivel

Es una investigación de tipo explicativa, pues se espera establecer relaciones de causa-efecto referido al comportamiento de una mezcla con microsilíce y aditivo superplastificante. Proporciona un modelo más cercano a la realidad del objeto de estudio.

## 2.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación es experimental puro de tipo bifactorial, puesto que se pretende analizar experimentalmente el efecto que tiene la manipulación de dos variables independientes sobre la variable dependiente.

**Tabla 22** Niveles de las variables de estudio

Variables independientes de estudio		Niveles de estudio
Factor (A): Microsilíce	Factor ( $a_1$ )	5%
	Factor ( $a_2$ )	10%
	Factor ( $a_3$ )	15%
Factor (B): Aditivo superplastificante	Factor ( $b_1$ )	0.85%
	Factor ( $b_2$ )	1.00%
	Factor ( $b_3$ )	1.15%
	Factor ( $b_4$ )	1.15%
	Factor ( $b_5$ )	1.25%
	Factor ( $b_6$ )	1.35%
	Factor ( $b_7$ )	1.25%
	Factor ( $b_8$ )	1.50%
	Factor ( $b_9$ )	1.75%
Variables dependientes de estudio		
Capacidad de llenado		
Capacidad de paso		
Viscosidad		
Resistencia a la segregación		
Resistencia a la pérdida de finos		
Método Tremie		
Resistencia a la compresión		

*Nota.* La tabla muestra los diferentes niveles de estudio que componen de la variable independiente (porcentajes de microsilíce y aditivo superplastificante) y los componentes de la variable dependiente (propiedades del concreto antideslave).

De este modo, se puso en evidencia la influencia del porcentaje de adición de microsílíce y el porcentaje de aditivo superplastificante que se produjo sobre las propiedades del concreto antideslave.

**Tabla 23** Matriz de diseño experimental

A	Factor (B): Aditivo superplastificante								
	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$	$b_8$	$b_9$
Factor (A): Microsílíce	$a_1$	$a_1b_1$	$a_1b_2$	$a_1b_3$					
	$a_2$				$a_2b_4$	$a_2b_5$	$a_2b_6$		
	$a_3$							$a_3b_7$	$a_3b_8$
									$a_3b_9$

*Nota.* La tabla muestra la matriz empleada para el diseño experimental.

## 2.4. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

### 2.4.1. Unidad experimental

La unidad experimental son las muestras de concreto antideslave en estado fresco y en su estado endurecido, sometido a diversos ensayos y variación de porcentajes de adición de microsílíce y aditivo superplastificante.

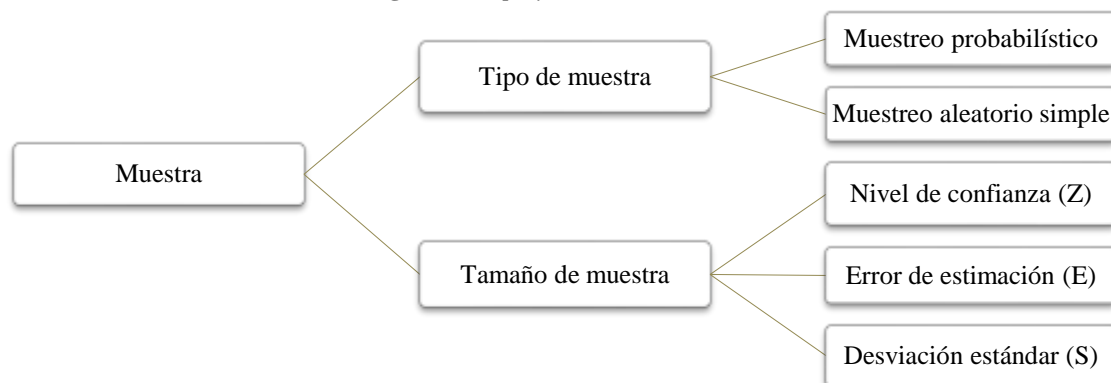
### 2.4.2. Población

Todo concreto antideslave adicionado con microsílíce y aditivo superplastificante en la ciudad de Trujillo en el año 2021.

### 2.4.3. Muestra

La muestra es de tipo probabilístico, de tamaño  $n$  tomada de una población de tamaño  $N$  elementos, cuyo procedimiento de muestreo es aleatorio simple, ya que cada elemento tiene la misma probabilidad de pertenecer a la muestra y la técnica a utilizarse es la misma para todos. Por ello, el muestreo se determinará en base al Manual de estadística de la Universidad Privada del Norte (2014).

**Figura 12** Tipo y tamaño de muestra



El tamaño de la muestra se obtiene con la siguiente fórmula:

*Ecuación 1:* Tamaño de muestra

$$n_o = \frac{Z^2 * S^2}{E^2}$$

Donde:

$n_o$  = Tamaño de muestra.

Z = Es el valor de la distribución normal estandarizada para un nivel de confianza fijado por el investigador.

S = Es la desviación estándar de la variable fundamental del estudio o de interés para el investigador. Obtenida por estudios anteriores, muestra piloto, criterio de experto o distribución de la variable de interés.

E = % de error del estimador o en valor absoluto (unidades). Fijada por el investigador.

Para la obtención del tamaño de muestra se tomó en cuenta los siguientes datos:

- Z = El nivel de confianza será del 95% con una significancia de 0.05, cuyo valor bilateral es de 1.96

**Tabla 24** Valores de la distribución normal estandarizada

<b>Error (Tipo I): Puede ser unilateral o bilateral</b>			
<b>Nivel de confianza (1-<math>\alpha</math>)</b>	<b>Error (<math>\alpha</math>)</b>	<b>Valor Z</b>	
		<b>Bilateral</b>	<b>Unilateral</b>
90%	0.10	1.64	1.28
95%	0.05	1.96	1.64
99%	0.01	2.57	2.32
<b>Error (Tipo II): Siempre es unilateral</b>			
<b>Poder (1- <math>\beta</math>)</b>	<b>Error (<math>\beta</math>)</b>	<b>Valor Z</b>	
0.80	0.20	0.842	
0.90	0.10	1.282	
0.95	0.05	1.645	
0.99	0.01	2.326	

*Nota.* La tabla muestra los valores establecidos para una distribución normal según el tipo de error y el nivel de confianza. Fuente: Manual de estadística UPN, 2014.

- S = Según datos de la tesis de García (2018), se indican los siguientes resultados promedio de los ensayos de resistencia a compresión a los 28 días.

**Tabla 25** Resistencia a la compresión de la adición óptima con diferentes relaciones de agua/cemento a 28 días

Adición óptima		Relación agua/cemento		
Microsílice	Aditivo superplastificante	0.30	0.35	0.40
8%	1.60%	815.80	823.90	769.20

*Nota.* Esta tabla muestra los resultados de un concreto con adición de microsilíce y aditivo superplastificante expuesto al ensayo de resistencia a la compresión. Fuente: Adaptado de García, 2018.

Para el cálculo de la desviación estándar se usó la siguiente fórmula:

**Ecuación 2:** Desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde:

S = Desviación estándar.

X = Valor de un dato.

$\bar{x}$  = Valor de la media.

n = Número de datos.

**Tabla 26** Estimación de la desviación estándar

x	$\bar{x}$	x - $\bar{x}$	(x - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	$\sum (x - \bar{x})^2$	n - 1	S
815.80		12.83	164.6944			
823.90	802.97	20.93	438.2044	1743.09	2	29.52
769.20		-33.77	1140.1878			

*Nota.* La tabla muestra la desviación estándar de los resultados obtenidos de un concreto con adición de microsilíce y aditivo superplastificante, expuesto al ensayo de resistencia a la compresión.

Por lo que se demostró tener una resistencia promedio de 802.97 kg/cm<sup>2</sup>.y una desviación estándar de 29.52 kg/cm<sup>2</sup>.

- E = Se considera un error del 5% en función del promedio.

$$E = 5\% (\bar{x}) = (5/100) (802.97) = 40.15 \text{ kg/cm}^2.$$

Obteniendo un valor para E de 40.15 kg/cm<sup>2</sup>.

Reemplazando los datos obtenidos en cada parámetro se tiene lo siguiente:

$$n_o = \frac{1.96^2 * 29.52^2}{40.15^2}$$

$$n_o = 2.08 \approx 2 \text{ repeticiones}$$



Debido a la recomendación del asesor de esta investigación, se optó por trabajar con  $n_o = 5$  repeticiones para ensayos de resistencia a la compresión, de esta manera se podrá realizar una mayor recolección de datos y así tener una investigación más confiable.

**Tabla 27** Muestras para ensayos en estado endurecido

<b>Ensayo en estado endurecido – Resistencia a la compresión</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Días de curado</b>			<b>Subtotal</b>
	<b>7</b>	<b>28</b>	<b>56</b>	
5% Sika Fume + 0.85% Sika ViscoCrete SC-50	5	5	5	15
5% Sika Fume + 1.00% Sika ViscoCrete SC-50	5	5	5	15
5% Sika Fume + 1.15% Sika ViscoCrete SC-50	5	5	5	15
10% Sika Fume + 1.15% Sika ViscoCrete SC-50	5	5	5	15
10% Sika Fume + 1.25% Sika ViscoCrete SC-50	5	5	5	15
10% Sika Fume + 1.35% Sika ViscoCrete SC-50	5	5	5	15
15% Sika Fume + 1.25% Sika ViscoCrete SC-50	5	5	5	15
15% Sika Fume + 1.50% Sika ViscoCrete SC-50	5	5	5	15
15% Sika Fume + 1.75% Sika ViscoCrete SC-50	5	5	5	15
<b>Número total de probetas cilíndricas</b>				<b>135</b>

*Nota.* Esta tabla muestra las cantidades de probetas cilíndricas a ensayar a 7, 28 y 56 días de curado en estado endurecido del concreto antideslave.

Para el desarrollo de los ensayos en estado fresco del concreto antideslave, se realizó bajo las recomendaciones de los documentos normativos UNE (Asociación Española de Normalización).

Teniendo en cuenta a Reyes & Echevarría (2019), menciona que las normas UNE no posee parámetros estadísticos: desviación estándar, nivel de confianza y menos de un porcentaje de error, en la cual se pueda estimar el número de muestras en estado fresco de un concreto autocompactante, por lo que recomiendan un muestreo mínimo de 3 réplicas para cada ensayo según sus propiedades.

El concreto antideslave en estado fresco tiene propiedades que obedece la misma orden de un concreto autocompactante, debido a esta relación, se decide tomar  $n_o = 3$  repeticiones para cada ensayo en estado fresco.

**Tabla 28** Muestras para ensayos en estado fresco

Descripción	Ensayos en estado fresco						Subtotal
	Extensión de flujo	Caja L	Embudo V	Índice de estabilidad visual	Pérdida de finos	Método tremie	
5% Sika Fume + 0.85% Sika ViscoCrete SC-50	3	3	3	3	3	3	18
5% Sika Fume + 1.00% Sika ViscoCrete SC-50	3	3	3	3	3	3	18
5% Sika Fume + 1.15% Sika ViscoCrete SC-50	3	3	3	3	3	3	18
10% Sika Fume + 1.15% Sika ViscoCrete SC-50	3	3	3	3	3	3	18
10% Sika Fume + 1.25% Sika ViscoCrete SC-50	3	3	3	3	3	3	18
10% Sika Fume + 1.35% Sika ViscoCrete SC-50	3	3	3	3	3	3	18
15% Sika Fume + 1.25% Sika ViscoCrete SC-50	3	3	3	3	3	3	18
15% Sika Fume + 1.50% Sika ViscoCrete SC-50	3	3	3	3	3	3	18
15% Sika Fume + 1.75% Sika ViscoCrete SC-50	3	3	3	3	3	3	18
<b>Número total de muestras en estado fresco</b>							<b>162</b>

*Nota.* Esta tabla muestra las cantidades de réplicas para cada ensayo del concreto antideslave en estado fresco.

Por lo tanto, la población está conformado por 297 muestras, las cuales se dividen en estado fresco y endurecido. Se empleó un total de 162 muestras en estado fresco para los ensayos de extensión de flujo, caja L, embudo V, índice de estabilidad visual, pérdida de finos y el método tremie, de igual forma, se elaboró un total de 135 probetas cilíndricas para ensayos de resistencia a la compresión de concreto en estado endurecido a 7, 28, 56 días de curado.

## **2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

### **2.5.1. Técnica de recolección de datos**

La técnica de recolección de datos fue por observación directa, porque nos permitió ver y analizar a detalle el fenómeno que se está experimentando en un determinado lugar y tiempo específico. Es decir, se espera percibir el comportamiento de la mezcla con la adición de microsíllice y aditivo superplastificante, por medio de ensayos de laboratorio y conforme al cumplimiento de las normas establecidas por la ASTM, UNE y CRD-C.

### **2.5.2. Instrumento de recolección de datos**

El instrumento de recolección de datos que se empleó es la guía de observación, puesto que este instrumento ayudó a recolectar y registrar la información de lo observado de cada ensayo para cada propiedad predominante, tanto en estado fresco como endurecido, del concreto antideslave.

### **2.5.3. Validez del instrumento de recolección de datos**

La validación del instrumento fue respaldada por las normas respectivas de cada ensayo realizado y descrito. Asimismo, para dar mayor validez y conformidad al instrumento, serán firmados por el asesor de esta investigación: Ingeniero Civil de profesión y especialista en el área de tecnología de materiales y concreto para la construcción.

### **2.5.4. Técnica de análisis de datos**

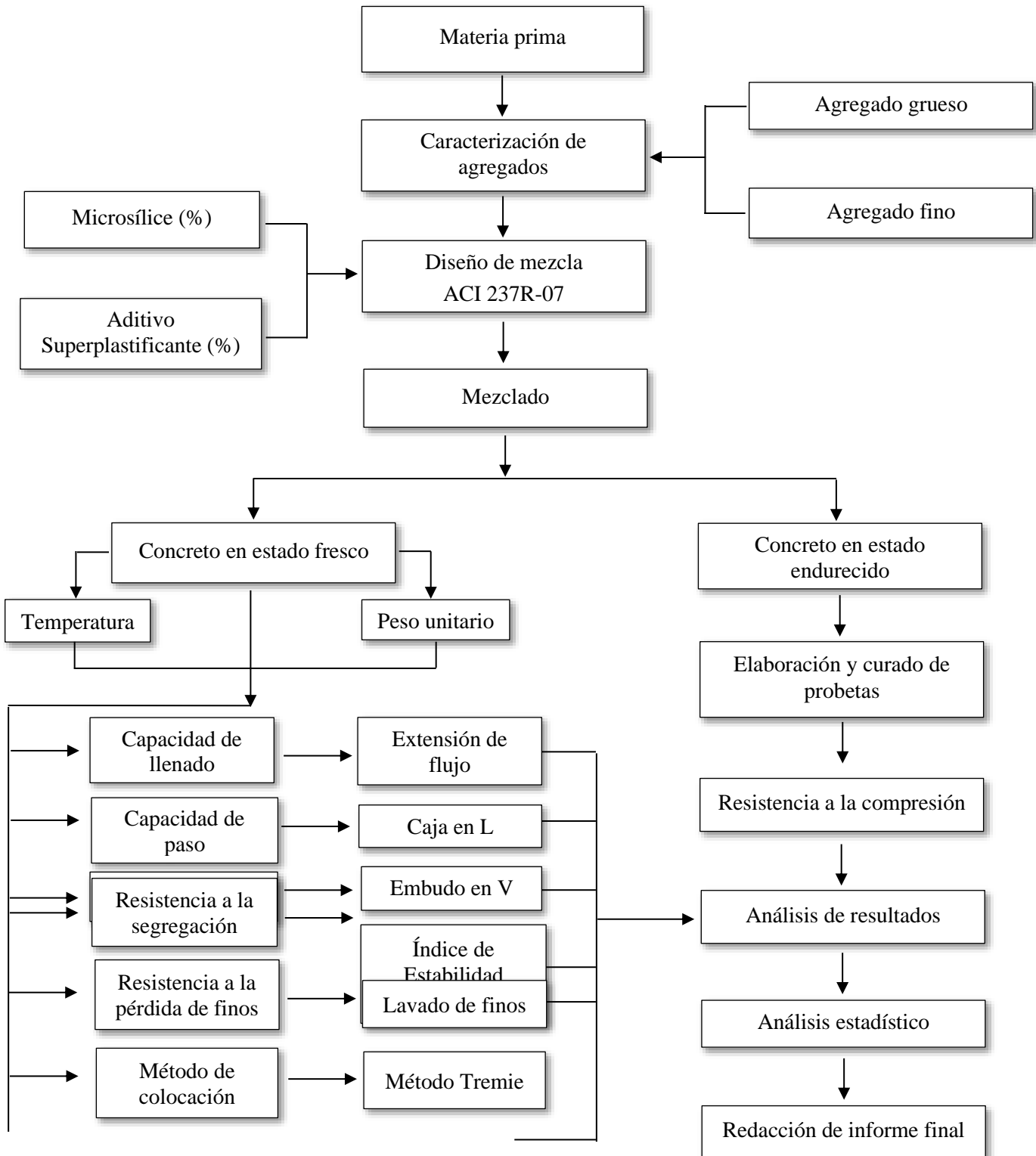
La técnica de análisis de datos se realizó tanto por estadística descriptiva, cuyo objetivo es organizar y establecer una clasificación de los datos obtenidos de una muestra mediante tablas de resumen, diagrama de barras y medidas de tendencia central; así como la estadística inferencial, pues a través de los datos extraídos se aplicará la deducción o inferencia para determinar las propiedades de una muestra, a fin de obtener conclusiones válidas para una población.

### **2.5.5. Instrumento de análisis de datos**

Los instrumentos de análisis de datos fueron las hojas de cálculo del software Microsoft Excel y el software estadístico IBM SPSS v25. Las hojas de cálculo permitieron el procesamiento de datos y su tabulación, con el fin de generar tablas y gráficos. De manera similar, el software IBM SPSS v25 permite trabajar con datos, pero mediante pruebas estadísticas. Se usó con el propósito de verificar la normalidad de los datos (prueba de Shapiro-Wilk), la homogeneidad de varianzas (prueba de Levene), el análisis de varianza (Anova), y de realizar un análisis Post Hoc de Anova (prueba de Tukey).

## 2.6. Procedimiento de recolección de datos

Figura 13 Diagrama experimental del procedimiento de desarrollo de tesis.



## 2.7. Desarrollo de tesis

### **2.7.1. Materia prima**

Los agregados empleados, se obtuvieron de la cantera “Quebrada El León”, ubicada en el Centro Poblado El Milagro, ya que cumple con estándares de calidad requerida y es constantemente recomendado por profesionales del área. Se adquirió agregado grueso (piedra zarandeada huso 8) y agregado fino (arena gruesa zarandeada).

El cemento utilizado es el cemento portland de tipo I, distribuido por la empresa Pacasmayo, dado que es de uso general y conforme a la NTP 334.009/ASTM C150.

El agua que se suministró es de uso potable y libre de materia orgánica, fue obtenido en el laboratorio Quality Control Express SAC.

La microsíllice y el aditivo superplastificante empleado es Sika Fume y Sika ViscoCrete SC-50 respectivamente, estos se adquirieron gracias al asesor de esta investigación.

### **2.7.2. Caracterización de los agregados**

Se realizará una serie de ensayos para caracterizar el agregado grueso y fino, según las normas NTP y ASTM.

#### **2.7.2.1. Ensayo granulométrico del agregado fino y grueso (NTP 400.012/ASTM C136)**

##### **2.7.2.1.1. Análisis granulométrico del agregado fino**

###### **Equipos:**

- ✓ Horno, con una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Balanza analítica, con aproximación de 0.1 g.
- ✓ Tamices, debe cumplir con la NTP 350.001 desde la malla N°4 hasta la malla N°200 más fondo.

###### **Procedimiento:**

- ✓ Se realizó el muestreo del agregado fino dividiendo el material en cuatro partes iguales y la selección de la muestra proviene de los cuartos opuestos.
- ✓ Se colocó la muestra en una bandeja y se dejó secar en el horno durante 24 horas a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Luego, se seleccionaron los tamices necesarios para el presente ensayo y se ordenaron de forma decreciente (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y fondo).
- ✓ Posteriormente, se efectuó la operación de tamizado manual por un periodo de 5 minutos.

- ✓ Se pesó cada tamiz con la muestra retenida y se registraron los resultados en la tabla N° 29.
- ✓ Por último, se determinó el módulo de finura del agregado fino con la siguiente ecuación.

**Ecuación:**

*Ecuación 3: Módulo de finura del agregado fino*

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Peso retenido acumulado hasta el tamiz N}^\circ 100}{100}$$

**Tabla 29** Formato para el análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa	Límites (NTP 400.037)
1/2"						
3/8"						
N° 4						
N° 8						
N° 16						
N° 30						
N° 50						
N° 100						
N° 200						
Fondo						
Total						

*Nota.* La tabla muestra el formato empleado para la recolección de datos del análisis granulométrico del agregado fino.

**2.7.2.1.2. Análisis granulométrico del agregado grueso**

**Equipos:**

- ✓ Horno, con una temperatura de 110 °C ± 5 °C.
- ✓ Balanza analítica, con aproximación de 0.1 g.
- ✓ Tamices, debe cumplir con la NTP 350.001 desde la malla N°1 1/2" hasta la malla N°16 más fondo.

**Procedimiento:**

- ✓ Se procedió a realizar el muestreo del agregado grueso dividiendo el material en cuatro partes iguales sobre una base plana y limpia, la selección de la muestra proviene de los cuartos opuestos.
- ✓ Se colocó la muestra en una bandeja y se dejó secar en el horno durante 24 horas a una temperatura de 110 °C ± 5 °C.
- ✓ Se seleccionó los tamices adecuados y se ordenó de forma decreciente (1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16 y fondo).
- ✓ Luego, se colocó la muestra en los tamices y se efectuó la operación de tamizado manual por un lapso de 5 minutos.

- ✓ Se pesó cada tamiz con la muestra retenida y se anotaron los resultados en la tabla N° 30.
- ✓ Por último, se determinó el módulo de finura, el tamaño máximo nominal y tamaño máximo del agregado grueso.

**Ecuación:**

*Ecuación 4: Módulo de finura del agregado grueso*

$$MF = \frac{\sum \% P. R. A. Tamiz 3/8" hasta N^{\circ} 100}{100}$$

**Tabla 30** Formato para el análisis granulométrico del agregado grueso

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa	Límites (NTP 400.037)
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
N° 8						
N° 4						
N° 16						
Fondo						
Total						

*Nota.* La tabla muestra el formato empleado para la recolección de datos del análisis granulométrico del agregado grueso.

**2.7.2.2. Ensayo del contenido de humedad (NTP 339.185/ASTM C566)**

**Equipos:**

- ✓ Balanza, debe tener una sensibilidad de 0.1% del peso de la muestra.
- ✓ Horno, capaz de mantener una temperatura de 110 °C ± 5 °C.
- ✓ Recipiente para la muestra, envase que no sea afectado por un calor elevado.

**Procedimiento:**

- ✓ Se determinó el peso inicial de los recipientes vacíos (taras).
- ✓ Después, se registró el peso del recipiente con la muestra en estado natural.
- ✓ Los recipientes, con cada una de las muestras, se colocaron en el horno durante 24 horas a una temperatura de 110 °C ± 5 °C y se registraron el peso de los recipientes con la muestra seca.
- ✓ Se calculó el contenido de humedad con la siguiente ecuación y se anotaron los resultados en la tabla N° 31.

**Ecuación:**

*Ecuación 5: Contenido de humedad*

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

Donde:

w% = Contenido de humedad (%).

Ph = Peso de la muestra natural (g).

Ps = Peso de la muestra seca (g).

**Tabla 31** Formato para el contenido de humedad de los agregados

Muestra	Código	Tara (g)	Tara + Muestra natural (g)	Tara + Muestra seca (g)	Peso de la muestra natural (g)	Peso de la muestra seca (g)	Humedad (w%)
	M1						
Agregado	M2						
	M3						
							Promedio

*Nota.* La tabla muestra el formato empleado para la recolección de datos del contenido de humedad.

### 2.7.2.3. Ensayo del peso unitario suelto y compactado del agregado fino y grueso (NTP 400.017/ASTM C29)

#### Equipos:

- ✓ Balanza, debe tener una precisión de 0.01 g.
- ✓ Horno, capaz de mantener una temperatura de 110 °C ± 5 °C.
- ✓ Varilla de acero lisa, diámetro de 5/8" y con una longitud de 60 cm.
- ✓ Recipiente cilíndrico de metal.
- ✓ Martillo de goma.
- ✓ Cucharón mediano.

#### Procedimiento:

- ✓ Se colocó la muestra de los agregados en bandejas y se dejó secar en el horno durante 24 horas a una temperatura de 110 °C ± 5 °C.
- ✓ Se determinó el peso del recipiente metálico y el volumen interno.
- ✓ Para el peso unitario suelto de los agregados, se llenó la muestra en el recipiente con el cucharón a una altura no mayor de 5cm del borde superior y luego se enrazó la superficie con la varilla.



- ✓ Para el peso unitario compactado de los agregados, se llenó el recipiente en 3 capas iguales, en cada capa se realizó el apisonado de 25 varilladas en toda el área, seguido de 16 golpes en el contorno exterior del recipiente con el martillo de goma y después se enrazó la superficie con la varilla.
- ✓ Se pesó el recipiente con la muestra suelta y compactada en una balanza de 25 kg, se repitió el ensayo 3 veces como mínimo.
- ✓ Se calculó el peso unitario suelto y compactado de los agregados con las siguientes ecuaciones y luego se registraron los resultados en la tabla N° 32.

**Ecuación:**

*Ecuación 6: Peso unitario suelto seco (PUSS) de los agregados*

$$PUSS = \frac{Ps - Pm}{Vm}$$

*Ecuación 7: Peso unitario compactado seco (PUCS) de los agregados*

$$PUCS = \frac{Pc - Pm}{Vm}$$

Donde:

Pm = Peso del recipiente (kg).

Vm = Volumen del recipiente (m<sup>3</sup>).

Ps = Peso de la muestra suelta (kg).

Pc = Peso de la muestra compactada (kg).

**Tabla 32** Formato para el peso unitario suelto y compactado de los agregados

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de recipiente (kg)			
Peso de recipiente + Muestra suelta (kg)			
Peso de recipiente + Muestra compactada (kg)			
Peso de muestra en estado suelto (kg)			
Peso de muestra en estado compactado (kg)			
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> )			
Peso unitario suelto seco – PUSS (kg/m <sup>3</sup> )			
<b>Promedio PUSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>			
Peso unitario compactado seco (kg/m <sup>3</sup> )			
<b>Promedio PUCS (kg/m<sup>3</sup>)</b>			

*Nota.* La tabla muestra el formato empleado para la recolección de datos del ensayo de peso unitario suelto y compactado de los agregados.

#### 2.7.2.4. Ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021/ASTM C127)

##### Equipos:

- ✓ Horno, capaz de mantener una temperatura de  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .
- ✓ Balanza, debe tener una precisión de 0.1 g.
- ✓ Canasta metálica, capaz de estar suspendida bajo agua.
- ✓ Bandejas metálicas.

##### Procedimiento:

- ✓ Se sumergió el agregado grueso en una bandeja metálica con agua por un periodo de  $24 \pm 4$  horas a temperatura ambiente.
- ✓ Luego, se procedió a retirar el agua y con ayuda de una franela absorbente se secó el agregado grueso hasta desaparecer cualquier indicio de humedad.
- ✓ Se pesó la muestra en una balanza (B).
- ✓ A continuación, se colocó la muestra en la canasta metálica suspendido bajo agua y se registró su peso (C).
- ✓ Se colocó la misma muestra en el horno a una temperatura de  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$  durante 24 horas, después se retiró y se dejó enfriar de 1 a 3 horas a temperatura ambiente y se registró su peso final (A).
- ✓ Finalmente, se realizó los cálculos con las siguientes ecuaciones y se registraron los resultados en la tabla N° 33.

##### Ecuación:

*Ecuación 8: Peso específico de masa seca (Pem) del agregado grueso*

$$Pem = \frac{A}{B - C}$$

*Ecuación 9: Peso específico saturado superficialmente seca (PeSSS) del agregado grueso*

$$PeSSS = \frac{B}{B - C}$$

*Ecuación 10: Peso específico aparente (Pea) del agregado grueso*

$$Pea = \frac{A}{A - C}$$

*Ecuación 11: Absorción del agregado grueso*

$$\% Abs = \left[ \frac{B - A}{A} \right] \times 100$$

Donde:

A = Peso de la muestra secada en horno al aire (g).

B = Peso de la muestra SSS (g).

C = Peso de la muestra sumergida en agua (g).

**Tabla 33** Formato para el peso específico y absorción del agregado grueso

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
A: Peso de la muestra secada en horno al aire (g)			
B: Peso de la muestra SSS (g)			
C: Peso de la muestra sumergida en agua (g)			
Peso específico de masa seca – Pem (kg/m <sup>3</sup> )			
<b>Promedio Pem (kg/m<sup>3</sup>)</b>			
Peso específico – PeSSS (kg/m <sup>3</sup> )			
<b>Promedio PeSSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>			
Peso específico aparente – Pea (kg/m <sup>3</sup> )			
<b>Promedio Pea (kg/m<sup>3</sup>)</b>			
Absorción (%)			
<b>Promedio Abs (%)</b>			

*Nota.* La tabla muestra el formato empleado para la recolección de datos del ensayo específico y absorción del agregado grueso.

### 2.7.2.5. Ensayo del peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022/ASTM C128)

#### Equipos:

- ✓ Horno, capaz de mantener una temperatura de  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .
- ✓ Balanza, debe tener una precisión de 0.1 g.
- ✓ Molde metálico en forma de cono con las siguientes dimensiones:  $75\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$  de altura y diámetro superior e inferior de  $40\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$  y  $90\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$  respectivamente
- ✓ Pisón metálico con un peso  $340\text{ g} \pm 15\text{ g}$  y  $25\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$  de diámetro.
- ✓ Picnómetro o fiola, frasco apropiado para tener una capacidad de  $500\text{ cm}^3$ .
- ✓ Bandejas metálicas.
- ✓ Estufa, capaz de mantener una temperatura de  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .

#### Procedimiento:

- ✓ Se sumergió el agregado fino en una bandeja metálica con agua por un periodo de  $24 \pm 4$  horas a temperatura ambiente.
- ✓ Se retiró el exceso de agua de la bandeja sin producir alguna pérdida de finos.

- ✓ La muestra fue depositada en otra bandeja sobre la estufa a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mover y mezclar la muestra para garantizar un secado homogéneo.
- ✓ Posteriormente, se colocó una porción de la muestra en el molde del cono hasta el tope y se enrazó lo sobrante, apisonar el material 25 veces con el pisón a caída libre por encima de los 5 cm de la superficie en tres partes iguales.
- ✓ Si al retirar el cono, la muestra presenta una ligera caída que represente el 1/3 del total, entonces la muestra alcanzó la condición en estado saturado superficialmente seco. Caso contrario, se debe repetir el mismo procedimiento del cono hasta conseguir dicha condición.
- ✓ Se llenó la fiola con agua hasta 500 ml y se registró el peso (B)
- ✓ Luego, se colocó 500 g de muestra en condición de estado saturado superficialmente seco en la fiola.
- ✓ Se rodó manualmente la fiola sin degradar la muestra, promoviendo la eliminación de burbujas de aire por un lapso de 15 a 20 minutos.
- ✓ Una vez eliminado las burbujas de aire, se depositó agua en la fiola hasta su capacidad de calibración y así obtener el peso (C).
- ✓ La muestra extraída de la fiola fue colocada al horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por un periodo de 24 horas, luego se retiró y se dejó enfriar en aire a temperatura ambiente entre  $1\text{ h} \pm 1/2\text{ h}$ . Después, la muestra fue pesada (A).
- ✓ Los datos fueron estimados con las siguientes ecuaciones y fueron registrados en la tabla N° 34.

### **Ecuación:**

*Ecuación 12: Peso específico de masa seca (Pem) del agregado fino*

$$Pem = \frac{A}{B + S - C}$$

*Ecuación 13: Peso específico saturado superficialmente seca (PeSS) del agregado fino*

$$PeSS = \frac{S}{B + S - C}$$

*Ecuación 14: Peso específico aparente (Pea) del agregado fino*

$$Pea = \frac{A}{B + A - C}$$

*Ecuación 15: Absorción del agregado fino*

$$\% Abs = \left[ \frac{S - A}{A} \right] \times 100$$

Donde:

A = Peso de la muestra secada en horno al aire (g).

B = Peso de la fiola + agua (g).

C = Peso de la fiola + agua + muestra SSS (g).

S = Peso de la muestra SSS (g).

**Tabla 34** Formato para el peso específico y absorción del agregado fino

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
A: Peso de la muestra secada en horno al aire (g)			
B: Peso de la fiola + Agua (g)			
C: Peso de la fiola + Agua + Muestra SSS (g)			
S: Peso de la muestra SSS (g)			
Peso específico de masa seca – Pem (kg/m <sup>3</sup> )			
<b>Promedio Pem (kg/m<sup>3</sup>)</b>			
Peso específico – PeSSS (kg/m <sup>3</sup> )			
<b>Promedio PeSSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>			
Peso específico aparente – Pea (kg/m <sup>3</sup> )			
<b>Promedio Pea (kg/m<sup>3</sup>)</b>			
Absorción (%)			
<b>Promedio Abs (%)</b>			

*Nota.* La tabla muestra el formato empleado para la recolección de datos del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.

### 2.7.3. Diseño de mezcla (ACI 237R-07)

El diseño de mezcla de un concreto antideslave se rige por los parámetros del ACI 237R-07, debido a las propiedades autocompactantes que posee.

#### Paso 1: Selección de flujo

Para iniciar con el diseño de mezclas se debe seleccionar el flujo de la mezcla, lo cual el ACI 237R-07 recomienda tres estándares de flujo: menor a 55 cm, entre 55 a 65 cm y mayor a 65 cm. La tabla N° 35 proporciona las características que el diseñador desea cumplir de acuerdo al flujo establecido, las casillas sombreadas son niveles críticos de flujo, es decir, son áreas potencialmente problemáticas que deben evitarse y por ende se debe elegir la casilla en blanco que le continúe inmediatamente. Si hay más de una característica a cumplir, se deberá seleccionar el criterio de mayor flujo.

**Tabla 35** *Objetivo del flujo de asentamiento*

Características de elementos estructurales		Slump flow		
		<22 pulg. (<550 mm)	22 a 26 pulg. (550 a 650 mm)	>26 pulg. (>650 mm)
Nivel de refuerzo	Bajo			
	Medio	■		
	Alto	■		
Elementos de forma complicada	Bajo			
	Medio	■		
	Alto	■	■	
Elementos profundos	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Excelentes acabados superficiales	Bajo			
	Medio	■		
	Alto	■	■	
Elementos largos	Bajo			
	Medio	■		
	Alto	■	■	
Paredes delgadas	Bajo			
	Medio	■		
	Alto	■	■	
Contenido de agregado grueso	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Energía de colocación	Bajo			
	Medio	■		
	Alto	■	■	

*Nota.* La tabla muestra los objetivos de escurrimiento más frecuentes a superar para el diseño de un concreto autocompactante. Fuente: Adaptado de ACI 237R-07, 2007.

### Paso 2: Selección de la relación agua/material cementicio (a/mc)

De acuerdo a los parámetros de proporción de mezcla del ACI 237R-07, nos indica en la tabla N° 36 que la relación típica de a/mc está comprendida entre 0.32 a 0.45.

**Tabla 36** *Parámetros de proporción de mezcla*

<b>Volumen absoluto de agregado grueso</b>	28 – 32 % (>1/2", tamaño máximo nominal 12 mm)
	Hasta el 50% (3/8", tamaño máximo nominal 10 mm)
<b>Fracción de pasta</b>	34 – 40 % (volumen total de la mezcla)
<b>Fracción de mortero</b>	68 – 72 % (volumen total de la mezcla)
<b>Relación típica agua/material cementicio</b>	0.32 – 0.45
<b>Contenido de material cementicio</b>	386 – 475 kg/m <sup>3</sup> (contenido menor, usar agentes modificadores de viscosidad)

*Nota.* La tabla muestra las proporciones requeridas para una mezcla de concreto autocompactante. Fuente: Adaptado de ACI 237R-07, 2007.

### Paso 3: Estimación de la cantidad de material cementicio

Según sea el flujo de asentamiento previamente seleccionado se puede estimar el contenido de material cementicio por medio de la tabla N° 37. Esta cantidad incluye el contenido del cemento y de las adiciones (microsílice, cenizas volantes, piedra caliza, etc) que se utilice en el diseño.

**Tabla 37** Rangos sugeridos de contenido de material cementicio

	Slump flow (<550 mm)	Slump flow (550 a 600 mm)	Slump flow (>650 mm)
<b>Contenido de material cementicio (kg/m<sup>3</sup>)</b>	(355 a 385)	(385 a 445)	(+ 458)

*Nota.* La tabla muestra el contenido de material cementicio en base al objetivo fijado de escurrimiento. Fuente: Adaptado de ACI 237R-07, 2007.

### Paso 4: Estimación del agua de diseño

Para obtener la cantidad de agua de diseño requerido se debe tener en cuenta la relación de agua/material cementicio (a/mc) definido y la cantidad de cemento estimado.

$$\text{Agua de diseño (lt/m}^3\text{)} = \text{cemento} \times \text{relación a/mc}$$

### Paso 5: Estimación de aditivo superplastificante

Tomando en cuenta antecedentes de investigaciones, rangos típicos de aplicación por la hoja técnica del aditivo o experimentaciones previas con mezclas de prueba, el diseñador definirá las dosis y, las que sean convenientes a emplearse, deben estar expresados en porcentajes respecto al peso del cemento.

### Paso 6: Elección del contenido de aire atrapado

Se procede a elegir el porcentaje del contenido de aire atrapado en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso según la tabla N° 38.

**Tabla 38** Contenido de aire atrapado

TMN Agregado grueso	Aire atrapado (%)
3/8"	3.00
1/2"	2.50
3/4"	2.00
1"	1.50
1 1/2"	1.00
2"	0.50
3"	0.30
6"	0.20

*Nota.* La tabla muestra el TMN del agregado grueso y el (%) de aire atrapado que le corresponde. Fuente: Adaptado de ACI 211.1, 1991.

### Paso 7: Cálculo de los volúmenes absolutos de la pasta y agregados

Luego de haber obtenido la cantidad (peso seco) de los materiales que componen dicha mezcla, se halló el volumen absoluto de cada material con las siguientes ecuaciones y los resultados son anotados en la tabla N° 39.

*Ecuación 16: Fórmula para obtener el volumen absoluto del cemento*

$$\text{Vol absoluto Cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso seco Cemento}}{\text{P. E Cemento}}$$

*Ecuación 17: Fórmula para obtener el volumen absoluto de agua de diseño*

$$\text{Vol absoluto Agua de diseño (m}^3\text{)} = \frac{\text{Cantidad Agua de diseño}}{1000}$$

*Ecuación 18: Fórmula para obtener el volumen absoluto del microsíllice*

$$\text{Vol absoluto Microsíllice (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso seco Microsíllice}}{\text{P. E Microsíllice}}$$

*Ecuación 19: Fórmula para obtener el volumen absoluto del aditivo superplastificante*

$$\text{Vol absoluto Aditivo Superplastificante (m}^3\text{)} = \frac{\text{Cantidad Aditivo Superplastificante}}{\text{P. E Aditivo Superplastificante}}$$

*Ecuación 20: Fórmula para obtener el volumen absoluto del aire*

$$\text{Vol absoluto Aire (m}^3\text{)} = \frac{\% \text{ Aire atrapado}}{100}$$

**Tabla 39** Formato para volúmenes absolutos de la pasta y agregados por m<sup>3</sup> según el diseño

<b>Materiales</b>	<b>Peso seco</b>	<b>Volumen absoluto</b>
Cemento (kg)		
Agua de diseño (lt)		
Microsíllice (kg)		
Aditivo Superplastificante (lt)		
Aire (%)		
Volumen Abs. Pasta		
Volumen Abs. Agregados		
<b>Volumen Abs. Total</b>		

*Nota.* La tabla muestra el formato empleado para la recolección de los volúmenes absolutos de pasta y agregados para el diseño de mezcla.

### Paso 8: Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino

Para la estimación de la cantidad de agregado grueso y fino por m<sup>3</sup> de concreto, se utilizó el Método de Fuller. Este método se expresa con la siguiente ecuación:

*Ecuación 21: Fórmula para obtener la curva ideal de Fuller*

$$\text{Ley de Fuller: } Pd = 100 \sqrt{\frac{d}{D}}$$



Donde:

$P_d = \% \text{ Que pasa por el tamiz correspondiente.}$

$d = \text{Abertura del tamiz correspondiente en mm.}$

$D = \text{Tamaño máximo nominal del agregado grueso en mm.}$

Previamente, se halló la relación de volúmenes absolutos en que los agregados deben mezclarse, para lo cual se debe emplear las siguientes ecuaciones:

*Ecuación 22: Fórmula para obtener en porcentaje el volumen absoluto del agregado fino*

$$\alpha = \% \text{ en volumen absoluto del A. F} = \frac{C - B}{A - B} \times 100$$

*Ecuación 23: Fórmula para obtener en porcentaje el volumen absoluto del agregado grueso*

$$\beta = \% \text{ en volumen absoluto del A. G} = 100 - \alpha$$

Donde:

$A = \% \text{ Agregado fino que pasa por la malla N}^\circ 4.$

$B = \% \text{ Agregado grueso que pasa por la malla N}^\circ 4.$

$C = \% \text{ Agregado ideal que pasa por la malla N}^\circ 4.$

### **Paso 9: Ajuste por contenido de humedad de los agregados**

Realizar la corrección por humedad de los agregados y el agua mediante el uso de las siguientes ecuaciones y registrar los resultados en la tabla N° 40.

✓ Corrección por humedad de los agregados:

*Ecuación 24: Fórmula para obtener el peso corregido del agregado grueso*

$$\text{Corrección peso A. G} = \text{Peso A. G seco} \times \left(1 + \frac{\%hum}{100}\right)$$

*Ecuación 25: Fórmula para obtener el peso corregido del agregado fino*

$$\text{Corrección peso A. F} = \text{Peso A. F seco} \times \left(1 + \frac{\%hum}{100}\right)$$

✓ Agua corregida por aporte de agregados:

*Ecuación 26: Fórmula para obtener el aporte de agua del agregado grueso*

$$\text{Aporte de agua del A. G} = \text{Peso A. G seco} \times \left(\frac{\%hum - \%abs}{100}\right)$$

*Ecuación 27: Fórmula para obtener el aporte de agua del agregado fino*

$$\text{Aporte de agua del A. F} = \text{Peso A. F seco} \times \left(\frac{\%hum - \%abs}{100}\right)$$

*Ecuación 28: Fórmula para obtener el agua corregida por humedad*

$$\text{Agua corregida por humedad} = \text{Agua inicial} - (\sum \text{aportes agua A. G y A. F})$$

**Tabla 40** Formato para los pesos corregidos por humedad por m<sup>3</sup>

Diseño		Materiales	Pesos corregidos por humedad
Microsilíce	Aditivo		

*Nota.* La tabla muestra el formato empleado para la recolección de los pesos corregidos por humedad para el diseño de mezcla.

### Paso 10: Proporciones en peso y volumen

Finalmente, se efectuó las principales conversiones en obra: proporciones en peso y proporciones en volumen.

✓ Proporciones en peso:

*Cemento : Agregado fino : Agregado grueso / Agua*

**Ecuación 29:** Fórmula para obtener las proporciones en peso por bolsa de cemento

$$\frac{\text{Peso cemento}}{\text{Peso cemento}} : \frac{\text{Peso hum A.F}}{\text{Peso cemento}} : \frac{\text{Peso hum A.G}}{\text{Peso cemento}} / \frac{\text{Agua efectiva}}{\text{Peso cemento}}$$

✓ Proporciones en volumen:

Estimar primero el volumen de cada material.

**Ecuación 30:** Fórmula para obtener el volumen de cemento para su proporción en m<sup>3</sup>

$$\text{Vol cemento (m}^3\text{)} = \text{Peso Cemento (kg/m}^3\text{)} / \text{PU Cemento (kg/m}^3\text{)}$$

**Ecuación 31:** Fórmula para obtener el volumen del agregado fino para su proporción en m<sup>3</sup>

$$\text{Vol A.F (m}^3\text{)} = \text{Peso hum A.F (kg/m}^3\text{)} / \text{PUS hum A.F (kg/m}^3\text{)}$$

**Ecuación 32:** Fórmula para obtener el volumen del agregado grueso para su proporción en m<sup>3</sup>

$$\text{Vol A.G (m}^3\text{)} = \text{Peso hum A.G (kg/m}^3\text{)} / \text{PUS hum A.G (kg/m}^3\text{)}$$

$$\text{Agua (L/bolsa)} = \text{Peso Agua (kg/m}^3\text{)} / \text{Peso Cemento (kg/m}^3\text{)} / 42.5 \text{ kg}$$

Luego, dividir los volúmenes del cemento y de los agregados entre el volumen del cemento, puesto que se emplea como unidad de medida estándar a la bolsa de cemento (ft<sup>3</sup>). Estos resultados son registrados en la tabla N° 41.

*Cemento : Agregado fino : Agregado grueso / Agua (L/bolsa)*

**Ecuación 33:** Fórmula para obtener las proporciones en volumen por bolsa de cemento

$$\frac{\text{Vol cemento}}{\text{Vol cemento}} : \frac{\text{Vol A.F}}{\text{Vol cemento}} : \frac{\text{Vol A.G}}{\text{Vol cemento}} / \text{Agua (L/bolsa)}$$

**Tabla 41** Formato para proporciones en peso y volumen por bolsa de cemento

Diseño		Materiales	Peso por bolsa de cemento	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen por bolsa de cemento m <sup>3</sup>
Microsílice (%)	Aditivo Superplastificante (%)				

*Nota.* La tabla muestra el formato empleado para la recolección de las proporciones en peso y volumen por bolsa de cemento.

#### 2.7.4. Mezclado

Para el mezclado del concreto antideslave, se utilizó un trompo mezclador de marca Bauker con una capacidad de 80 litros. Este tipo de concreto, al ser elaborado con microsíllice y aditivo superplastificante, requiere de un margen de 12 – 15 minutos para que estos dos componentes puedan asegurar su correcto desempeño sobre el concreto y, asimismo, se pueda lograr una mezcla uniforme y homogénea. Por tal razón, se siguieron las sugerencias del asesor de esta investigación, el cual se indica el siguiente orden de mezclado:

- ✓ En primer lugar, se pesaron las cantidades de cada uno de los materiales a utilizar. Los pesos fueron preparados para una tanda de ensayo de 20 litros y depositados en baldes.
- ✓ Humedecer el interior del trompo con un trapo para evitar pérdida de agua. Se aconseja que, si se enjuaga con baldes de agua, se debe asegurar que no contenga en su interior del trompo algún depósito de ello, pues estaría alterando la relación a/c de la mezcla diseñada.
- ✓ Previo a iniciar el trompo, se añadió el 50% del total de agua y simultáneamente, el agregado grueso con el agregado fino.
- ✓ Encender el trompo y mezclar por un minuto para que el agua pueda cubrir y humedecer correctamente a los agregados.
- ✓ Luego de haber transcurrido el tiempo, con el trompo en movimiento, se adicionó el cemento conjuntamente con la microsíllice, igualmente, el 25% del agua restante del total y esperar a que se mezcle por un minuto.
- ✓ Se incorporó el aditivo superplastificante inmediatamente después, aún con el trompo encendido, sobre toda la mezcla, al mismo tiempo, se adicionó el último 25% de lo restante del agua total.

- ✓ Una vez hecho esto, se toma en cuenta el tiempo de mezclado según la cantidad de microsíllice. Son 10 minutos si la microsíllice es menor o igual al 10% en peso del cemento y 15 minutos si es mayor al 10% en peso del cemento. Esto es debido a la alta cantidad de finos presentes en la mezcla y la duración que toman las fases del mecanismo de acción del aditivo superplastificante.
- ✓ Finalmente, se procedió a realizar la limpieza del trompo antes de apagarla con ayuda de una manguera o baldes, se enjuagó con abundante agua para no tener acumulaciones de residuos de mezcla en el interior del trompo. De esta manera, se evita algún imprevisto con los resultados del siguiente diseño a ensayar.

## 2.7.5. Ensayos del concreto en estado fresco

### 2.7.5.1. Temperatura de mezclas de concreto (NTP 339.184/ASTM C1064)

#### Equipos:

- ✓ Dispositivo de medición de temperatura, capaz de medir con una precisión de  $\pm 0.5$  °C.

#### Procedimiento:

- ✓ Ubicar el dispositivo de medición garantizando que se sumerja 75 mm. en el concreto recién mezclado y se cierra el vacío creado por la colocación, presionando suavemente el concreto alrededor del dispositivo de medición.
- ✓ Se deja el dispositivo de medición durante un lapso mínimo de 2 minutos, pero no más de 5 minutos.
- ✓ Leer y registrar la temperatura aproximándolo al 0.5 °C más cercano en la tabla N° 42.

**Tabla 42** Formato de resultados para el ensayo de temperatura

Diseño		Código	Temperatura (°C)	Promedio
Microsíllice (%)	Aditivo Superplastificante (%)			

*Nota.* La tabla muestra el formato empleado para la recolección de datos del ensayo de temperatura.

### 2.7.5.2. Peso unitario del concreto (NTP 339.046/ASTM C138)

#### Equipos:

- ✓ Molde o recipiente, con un borde superior liso y plano cuyo volumen debe ser conocido.
- ✓ Balanza, debe tener una precisión de 45 g.
- ✓ Varilla apisonadora, lisar y de punta redondeada.
- ✓ Cucharón mediano.
- ✓ Martillo de goma, con una masa de  $600 \pm 200$  g.
- ✓ Placa de enrase, de metal con forma rectangular y plana de espesor mínimo de 6 mm.

#### Procedimiento:

- ✓ Antes de iniciar con el ensayo, se pesó el molde y se estimó el volumen.
- ✓ Se vertió el concreto en el molde con ayuda del cucharón en 3 capas iguales. En cada capa se apisona con 25 varilladas en toda el área, el apisonado de la capa del fondo debe atravesarse en todo su espesor evitando que la varilla no golpee el fondo del molde de manera brusca.
- ✓ Luego, se distribuyó entre 10 a 15 golpes sobre toda la sección transversal utilizando el martillo de goma. Esto se debe realizar después de cada capa apisonada con el objetivo de eliminar burbujas de aire atrapadas.
- ✓ Terminado la consolidación, se procedió a enrasar con la placa cubriendo 2/3 de la superficie del borde superior del molde.
- ✓ Se pesó el molde en una balanza con la precisión requerida.
- ✓ Se calculó el peso unitario del concreto con la siguiente ecuación y luego se registraron los resultados en la tabla N° 43.

#### Ecuación:

*Ecuación 34: Peso unitario del concreto*

$$D = \left( \frac{M_c - M_m}{V_m} \right)$$

Donde:

D = Peso unitario del concreto (kg/m<sup>3</sup>).

Mc = Peso del molde más el concreto (kg)

Mm = Peso del molde (kg)

Vm = Volumen del molde (m<sup>3</sup>).

**Tabla 43** Formato de resultados para el ensayo de peso unitario del concreto

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del molde (kg)			
Peso del molde + concreto (kg)			
Volumen del molde (m <sup>3</sup> )			
Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )			
<b>Promedio peso unitario (kg/m<sup>3</sup>)</b>			

*Nota.* La tabla muestra el formato empleado para la recolección de datos del ensayo de peso unitario del concreto.

### 2.7.5.3. Ensayo del Escurrimiento (UNE 83361)

#### Equipos:

- ✓ Molde en forma de un cono truncado con diámetro superior de 100 mm e inferior de 200 mm, con una altura de 300 mm (Cono de Abrams).
- ✓ Placa de acero con una superficie plana y lisa, no absorbente, de forma cuadrada con un área mínima de 900 mm x 900 mm, marcado con un círculo en la parte central para la ubicación del Cono de Abrams, y otro círculo concéntrico de 500 mm de diámetro.
- ✓ Cucharón.
- ✓ Cronómetro, capaz de medir con una resolución de 0.1 s.
- ✓ Wincha, desde 0 mm hasta 1000 mm con intervalos de 1 mm.

#### Procedimiento:

- ✓ Se colocó la placa sobre un terreno estable y firme.
- ✓ Se humedeció la placa y el cono de Abrams.
- ✓ Se puso el cono de forma invertida al centro de la placa y se llenó de concreto sin compactación alguna.
- ✓ Luego, se niveló el concreto hasta el borde superior del cono y se procedió a limpiar lo sobrante que cayó en la placa.
- ✓ Se elevó verticalmente el cono y simultáneamente se registró con el cronómetro el tiempo que tarda el concreto en llegar al círculo de 500 mm de diámetro.
- ✓ Se midió el mayor diámetro final alcanzado y asimismo el diámetro perpendicular a éste.
- ✓ Finalmente, se calculó el promedio de los dos diámetros medidos y se registraron en la tabla N° 44.

### Ecuación:

*Ecuación 35: Diámetro final del escurrimiento*

$$D_f = \left( \frac{D1 + D2}{2} \right)$$

Donde:

$D_f$  = Diámetro final del escurrimiento (mm).

D1 = El mayor diámetro de extensión circular del concreto alcanzado (mm).

D2 = Diámetro de extensión perpendicular al primer diámetro (mm).

**Tabla 44** Formato de resultados para el ensayo de escurrimiento

Diseño		Código	D1 (mm)	D2 (mm)	$D_f$ (mm)	Promedio (mm)	T50 (s)	Promedio (s)
Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)							

*Nota.* La tabla muestra el formato empleado para la recolección de datos del ensayo de escurrimiento.

#### 2.7.5.4. Ensayo de la Caja en L (UNE 83363)

##### Equipos:

- ✓ Caja en L.
- ✓ Cucharón.
- ✓ Cronómetro, capaz de medir con una resolución de 0.1 s.
- ✓ Wincha, desde 0 mm hasta 1000 mm con intervalos de 1 mm.

##### Procedimiento:

- ✓ Se colocó la caja en L sobre un terreno estable y firme.
- ✓ Se humedecieron las superficies interiores de la caja en L.
- ✓ Después, se llenó la sección vertical y se enrasó la parte superior.
- ✓ Se dejó reposar durante  $60 \pm 10$  s.
- ✓ Se elevó la compuerta y se dejó que el concreto fluya libremente sobre la sección horizontal.
- ✓ Se activó el cronómetro de manera simultánea y se registró el tiempo que requirió el concreto para alcanzar las marcas de 200 mm y 400 mm.
- ✓ Se midieron las alturas H1 y H2 cuando el concreto dejó de fluir.

- ✓ Se calculó el coeficiente de bloqueo y se anotaron los resultados en la tabla N° 45.

**Ecuación:**

*Ecuación 36: Coeficiente de bloqueo*

$$Cbl = \left( \frac{H2}{H1} \right)$$

Donde:

Cbl = Coeficiente de bloqueo.

H1 = Altura inicial (cm).

H2 = Altura final (cm).

**Tabla 45** Formato de resultados para el ensayo de caja en L

Diseño		Código	T20 (s)	T40 (s)	H1 (cm)	H2 (cm)	Cbl	Promedio
Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)							

*Nota.* La tabla muestra el formato empleado para la recolección de datos del ensayo de caja en L.

**2.7.5.5. Ensayo del Embudo en V (UNE 83364)**

**Equipos:**

- ✓ Embudo en V.
- ✓ Cucharón.
- ✓ Cronómetro, capaz de medir con una resolución de 0.1 s.
- ✓ Recipiente para almacenar la muestra.

**Procedimiento:**

- ✓ Se fijó de manera firme el embudo en V sobre el suelo.
- ✓ Se humedeció la superficie interna y la compuerta.
- ✓ A continuación, se cerró la compuerta y se colocó un recipiente por debajo del embudo en V para almacenar la muestra.
- ✓ Se llenó el embudo de concreto sin compactación alguna y luego se enrasó la parte superior.
- ✓ Se dejó reposar durante  $10 \pm 2$  s y se abrió la compuerta.



- ✓ Al mismo tiempo, se inició el cronómetro y se registró el tiempo que tomó completar la descarga del concreto.
- ✓ Por último, los resultados son anotados en la tabla N° 46.

**Tabla 46** Formato de resultados para el ensayo de embudo en V

Diseño		Código	$T_v$ (s)	Promedio
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)			

*Nota.* La tabla muestra el formato empleado para la recolección de datos del ensayo de embudo en V.

#### 2.7.5.6. Ensayo de Índice de Estabilidad Visual (ASTM C1611)

##### Equipos:

- ✓ Cono de Abrams.
- ✓ Placa de acero no absorbente de superficie plana y lisa.
- ✓ Cucharón.
- ✓ Cronómetro.
- ✓ Wincha metálica.

##### Procedimiento:

- ✓ Luego de haber realizado el ensayo de escurrimiento (extensión de flujo), se procedió a clasificar el flujo de asentamiento del concreto según los criterios del índice de estabilidad visual (VSI), ensayo que nos permitió evaluar la estabilidad del concreto y su resistencia a la segregación. Las observaciones y valores obtenidos de la prueba visual son registrados en la tabla N° 47.

##### Evaluación:

De acuerdo con la ASTM C1611, existen 4 criterios que son los siguientes:

- 0 = Altamente estable, sin evidencias de segregación o exudación.
- 1 = Estable, sin evidencias de segregación y leve exudación observado como brillo sobre la masa del hormigón.
- 2 = Inestable, presencia de un leve halo de mortero < 10 mm. y/o agrupamiento de agregados en el centro de la masa del hormigón.

- 3 = Altamente inestable, evidencia clara de segregación con un gran halo de mortero > 10 mm. y/o agrupamiento de agregados en el centro de la masa del hormigón.

**Tabla 47** Formato de resultados para el ensayo de índice de estabilidad visual

Diseño		Código	Descripción
Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)		
		Valor VSI	
		DF (mm)	
		Promedio (mm)	
		Segregación	
		Halo	
		Concentración de agregados	

*Nota.* La tabla muestra el formato empleado para la recolección de datos del ensayo de índice de estabilidad visual.

#### 2.7.5.7. Ensayo para determinar el porcentaje de pérdida de finos de una mezcla fresca bajo el agua (CRD-C 61-89A)

##### Equipos:

- ✓ Tubo PVC de diámetro interior = 190 mm  $\pm$  2mm, diámetro exterior = 200 mm  $\pm$  2mm, altura = 2000 mm  $\pm$  2mm.
- ✓ Recipiente cilíndrico de acero perforado (canasta perforada) con espesor nominal de 1.4 mm. Las perforaciones son circulares de diámetro nominal de 3 mm y una distancia nominal entre centros de perforaciones adyacentes de 5 mm, el diámetro es de 130 mm  $\pm$  2mm y la altura del recipiente es de 120 mm  $\pm$  2mm.
- ✓ Soga de 2.50 m de longitud.
- ✓ Balanza, con una precisión de 0.05% del peso de la muestra.
- ✓ Varilla de acero recto de diámetro de 3/8" y un largo aproximado de 300 mm.

##### Procedimiento:

- ✓ Se niveló la base del tubo y se llenó con agua hasta una altura de 1700 mm  $\pm$  5 mm.
- ✓ Se determinó la masa de la canasta perforada.
- ✓ Se llenó la canasta perforada de concreto con una masa ligeramente mayor a 2000 g.
- ✓ Se compactó 10 veces con la varilla de acero y se golpeó la parte externa de la canasta perforada entre 10 a 15 veces.

- ✓ Luego, se procedió a nivelar la parte superior de la canasta perforada y a retirar el exceso de concreto con la varilla. La canasta perforada con la muestra se pesó y se registró como la masa inicial.
- ✓ Se sujetó la cuerda a la canasta perforada con la muestra y se dejó caer libremente hasta el fondo del tubo.
- ✓ Transcurrido un periodo de 15 segundos de inmersión, se retiró el recipiente en no más de 5 segundos.
- ✓ El recipiente con la muestra es dejado al aire libre por 2 minutos e inclinada levemente, con el fin de extraer el exceso de agua superficial.
- ✓ Se realizó la secuencia durante 3 veces, determinando el  $M_f$ . Finalmente, se registraron los resultados en la tabla N° 48.

### Ecuación:

*Ecuación 37: Pérdida de finos*

$$D = \left[ \frac{M_i - M_f}{M_i} \right] \times 100$$

Donde:

D = Pérdida de finos (%)

$M_i$  = Masa inicial (g).

$M_f$  = Masa final (g).

**Tabla 48** *Formato de resultados para el ensayo de pérdida de finos*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del recipiente (g)			
Peso del recipiente + Masa inicial (g)			
Peso del recipiente + Masa final (g)			
Masa inicial (g)			
Masa final (g)			
Pérdida de finos (%)			
<b>Promedio pérdida de finos (%)</b>			

*Nota.* La tabla muestra el formato empleado para la recolección de datos de pérdida de finos.

### 2.7.5.8. Método Tremie

El presente método consiste en colocar concreto bajo el agua por medio de un tubo, cuyo objetivo es evaluar el comportamiento que presenta el concreto durante la operación de vaciado, obteniendo como resultados, observaciones directas de carácter cualitativo. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA, 2009).

**Equipos:**

- ✓ Tubo PVC de  $\varnothing = 6''$ .
- ✓ Tapón.
- ✓ Recipiente rectangular de vidrio (0.60 x 0.30 x 0.50) m.

**Procedimiento:**

- ✓ Humedecer el interior de la superficie del tubo antes de iniciar el ensayo.
- ✓ Se llena el recipiente rectangular de vidrio con agua hasta la mitad de su altura.
- ✓ Se procede a taponear la parte superior del tubo, de manera que no exista contacto con el agua hasta que la mezcla del concreto, por acción de su propio peso, descienda el tapón hasta la parte inferior del tubo.
- ✓ Conforme se va llenando el tubo de concreto, esta debe quedar suspendido entre 10 a 15 cm del fondo del recipiente de vidrio, con el fin de que el concreto fluya.
- ✓ Finalmente, se observa el comportamiento del concreto antideslave bajo el agua y se describe en la tabla N° 49.

**Tabla 49** Formato para descripción del comportamiento del concreto antideslave por el método tremie.

Muestras	Descripción del comportamiento
Muestra 1	
Muestra 2	
Muestra 3	

*Nota.* La tabla muestra el formato empleado para la recolección de datos del método tremie.

**2.7.6. Ensayos del concreto en estado endurecido**

**2.7.6.1. Elaboración y curado de especímenes de concreto (NTP 339.183/ASTM C31)**

**Equipos:**

- ✓ Moldes de material rígido no absorbentes de 4'' x 8''.
- ✓ Cucharón mediano.
- ✓ Martillo de goma.
- ✓ Varilla de acero lisa, diámetro de 10 mm y 60 cm de longitud.

### **Procedimiento:**

- ✓ Antes de conformar las probetas, se aplicó una capa delgada de aceite mineral o petróleo en la superficie interior de los moldes con fines de lubricación.
- ✓ Se colocaron los moldes sobre una superficie plana, libre de obstáculos y vibraciones.
- ✓ Se conformaron las probetas en dos capas iguales de concreto, en cada capa se realizó el chuseo de 25 varilladas en toda el área, seguido de 15 golpes en el contorno exterior del molde con el martillo de goma y se enrazó la superficie con la varilla.
- ✓ Se codificaron las probetas sin alterar las superficies de los mismos y se depositaron inmediatamente después en un lugar protegido del sol, esto permitió el curado inicial.
- ✓ Transcurrido 24 horas de haber conformado las probetas se desmoldaron con mucho cuidado mediante el uso de una compresora de aire.
- ✓ Se procedió a sumergir las probetas en una poza de agua con cal por 7, 28 y 56 días desde su elaboración. El agua debe cubrir totalmente la probeta a una temperatura de  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

### **2.7.6.2. Resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de concreto (NTP 339.034/ASTM C39)**

#### **Procedimiento:**

- ✓ Las probetas son retiradas de acuerdo a los días que serán ensayados.
- ✓ Se midió el diámetro y la altura de la probeta con la ayuda de una regla vernier.
- ✓ Luego, fue colocado en la prensa por medio de almohadillas de neopreno, por lo que debe estar nivelado y alineado al eje de la probeta.
- ✓ Se le aplicó la carga de manera constante sobre la probeta hasta el momento de su rotura.
- ✓ Por último, los resultados son registrados en la tabla N° 50 y, para hallar la resistencia a la compresión se usó la siguiente ecuación:

#### **Ecuación:**

*Ecuación 38: Resistencia a la compresión*

$$f'c = \frac{F}{A}$$

Donde:

$f^c$  = Resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ ).

F = Carga máxima de rotura (kg).

A = Área de la probeta ( $\text{cm}^2$ ).

**Tabla 50** Formato de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área ( $\text{cm}^2$ )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ )	Resistencia promedio ( $\text{kg/cm}^2$ )
---------	------------------------	------------------------	-----------------------------	--	---

*Nota.* La tabla muestra el formato empleado para la recolección de datos del ensayo de Resistencia a la compresión.

## 2.8. Procedimiento de tratamiento y análisis de datos

A continuación, se describe la secuencia que se realizó para el tratamiento y análisis de datos:

- ✓ En primer lugar, se empleó la prueba de normalidad, a través de la prueba Shapiro-Wilk, debido a que el tamaño de la muestra es menor a 50 y cuya finalidad es verificar si la variable de los grupos de estudio sigue una distribución normal, por lo que la significancia debe ser mayor a 0.05.
  - $H_0$ : La distribución es normal (hipótesis nula). Mayor a 0.05
  - $H_a$ : La distribución no es normal (hipótesis alternativa). Menor a 0.05
- ✓ Si en algunos casos la significancia fue menor a 0.05, se procedió a realizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, para identificar si existen diferencias entre dos o más grupos de estudio.
  - $H_0$ : No existe diferencias entre los grupos (hipótesis nula). Mayor a 0.05
  - $H_a$ : Existe diferencias entre los grupos (hipótesis alternativa). Menor a 0.05
- ✓ Luego, se aplicó la prueba de homogeneidad de varianzas, por intermedio de la prueba de Levene, para verificar la igualdad de varianzas de una variable proveniente de dos o más grupos de estudio, de modo que la significancia debe ser mayor a 0.05 (criterio de homogeneidad).
  - $H_0$ : La varianza de los grupos son homogéneas (hipótesis nula). Mayor a 0.05
  - $H_a$ : La varianza de los grupos no son homogéneas (hipótesis alternativa). Menor a 0.05

- ✓ Después, se utilizó el análisis de varianza de Anova, con el objetivo de comprobar si el efecto de los diversos tratamientos sobre la variable del grupo de estudio es significativo, por ello la significancia debe ser menor a 0.05
  - $H_0$ : No existe diferencia significativa (hipótesis nula). Mayor a 0.05
  - $H_a$ : Existe diferencia significativa (hipótesis alternativa). Menor a 0.05
- ✓ Por último, si la significancia en el análisis de varianza de Anova fue menor a 0.05, se llevó a cabo la prueba de análisis Post Hoc de Anova, mediante la prueba Tukey, para realizar comparaciones entre la media de dos o más grupos de estudio, e identificar el mejor tratamiento sobre la variable del grupo de estudio.

## 2.9. Aspectos éticos

Los aspectos éticos que se tomaron en cuenta son los siguientes:

- ✓ Para la redacción de esta tesis, se ha recopilado información de otras investigaciones procedentes de repositorios de diversas universidades; así también, artículos y revistas científicas de bibliotecas virtuales, tales como Alicia y SciELO, teniendo en cuenta el reconocimiento de la autoría de terceros por medio de citas, referencias y fuentes correspondientes. Es por ello que se utilizó el estilo de American Psychological Association (APA), 7ª edición, con el fin de respetar la propiedad intelectual.
- ✓ En la ejecución de los ensayos de laboratorio, se tuvo presente la aplicación de las siguientes normas: Norma Técnica Peruana (NTP), American Society for Testing and Materials (ASTM), Una Norma Española (UNE), US Army Corps of Engineers (CRD-C), entre otros, siguiendo los procedimientos establecidos y expresando los resultados en su debida precisión.
- ✓ Los resultados obtenidos en laboratorio no han sido manipulados ni alterados, prevaleciendo en todo momento los valores de honestidad y objetividad. Además, se busca promover el valor de la apertura, compartiendo por medio de esta tesis: la metodología, discusiones, resultados y conclusiones con total transparencia; que este documento sea de libre acceso y expuesto a las críticas para la búsqueda de nuevas ideas y el progreso de esta temática en futuras investigaciones.
- ✓ Asimismo, el presente estudio se realizó con la intención de enriquecer y aportar al conocimiento científico con respecto a la microsilice y el aditivo superplastificante, a su vez, el impacto que tiene sobre las propiedades del concreto antideslave. De esta manera, fomentar su aplicación para el beneficio en el ámbito de la construcción.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Caracterización de agregados

#### 3.1.1. Agregado fino

**Tabla 51** Caracterización del agregado fino

Ensayo	Norma	Resultado	Rango
Análisis granulométrico	NTP 400.012/ASTM C136	Conforme	Ver límites granulométricos
Módulo de finura	NTP 400.037/ASTM C136	3.0	2.3 – 3.1
Humedad (%)	NTP 339.185/ASTM C566	0.7	-
Peso unitario suelto – PUSS (kg/m <sup>3</sup> )	NTP 400.017/ASTM C29	1610	-
Peso unitario compactado – PUCS (kg/m <sup>3</sup> )	NTP 400.017/ASTM C29	1800	-
Peso específico – Pem (kg/m <sup>3</sup> )	NTP 400.022/ASTM C128	2650	-
Absorción (%)	NTP 400.022/ASTM C128	1.1	-

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la caracterización del agregado fino para el diseño de mezclas de concreto antideslave.

#### 3.1.2. Agregado grueso

**Tabla 52** Caracterización del agregado grueso

Ensayo	Norma	Resultado	Rango
Análisis granulométrico	NTP 400.012/ASTM C136	Conforme	Huso 8
Módulo de finura	NTP 400.037/ASTM C136	5.7	-
Tamaño máximo nominal	NTP 400.012/ASTM C136	3/8"	-
Tamaño máximo	NTP 400.012/ASTM C136	1/2"	-
Humedad (%)	NTP 339.185/ASTM C566	0.5	-
Peso unitario suelto – PUSS (kg/m <sup>3</sup> )	NTP 400.017/ASTM C29	1320	-
Peso unitario compactado – PUCS (kg/m <sup>3</sup> )	NTP 400.017/ASTM C29	1440	-
Peso específico – Pem (kg/m <sup>3</sup> )	NTP 400.021/ASTM C127	2620	-
Absorción (%)	NTP 400.021/ASTM C127	1.5	-

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la caracterización del agregado grueso para el diseño de mezclas de concreto antideslave.



### 3.2. Diseño de mezcla (ACI 237R-07)

**Tabla 53** *Diseño de mezcla de concreto antideslave: 5% Microsilice + 0.85% Aditivo Superplastificante*

<b>Materiales</b>	<b>Dosis (%)</b>	<b>Peso seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen absoluto (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tanda 20 L (kg)</b>
Cemento		437	0.1401	437	8.74
Agregado Fino		1072	0.4044	1079	21.58
Agregado Grueso		564	0.2151	566	11.33
Agua		197	0.1967	210	4.19
Microsilice	5	23	0.0105	23	0.46
Aditivo Superplastificante	0.85	3.71	0.0034	3.71	0.074
Aire atrapado (3%)	-	-	0.0300	-	-
<b>Total</b>		<b>2295</b>	<b>1.0000</b>	<b>2319</b>	<b>46.38</b>

*Nota.* La tabla muestra los resultados del diseño de mezcla del 5% (0.85%).

**Tabla 54** *Diseño de mezcla de concreto antideslave: 5% Microsilice + 1.00% Aditivo Superplastificante*

<b>Materiales</b>	<b>Dosis (%)</b>	<b>Peso seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen absoluto (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tanda 20 L (kg)</b>
Cemento		437	0.1401	437	8.74
Agregado Fino		1071	0.4040	1078	21.56
Agregado Grueso		563	0.2149	566	11.32
Agua		197	0.1967	210	4.19
Microsilice	5	23	0.0105	23	0.46
Aditivo Superplastificante	1.00	4.37	0.0040	4.37	0.087
Aire atrapado (3%)	-	-	0.0300	-	-
<b>Total</b>		<b>2295</b>	<b>1.0000</b>	<b>2318</b>	<b>46.36</b>

*Nota.* La tabla muestra los resultados del diseño de mezcla del 5% (1.00%).

**Tabla 55** *Diseño de mezcla de concreto antideslave: 5% Microsilice + 1.15% Aditivo Superplastificante*

<b>Materiales</b>	<b>Dosis (%)</b>	<b>Peso seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen absoluto (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tanda 20 L (kg)</b>
Cemento		437	0.1401	437	8.74
Agregado Fino		1070	0.4036	1077	21.54
Agregado Grueso		562	0.2147	565	11.31
Agua		197	0.1967	210	4.19
Microsilice	5	23	0.0105	23	0.46
Aditivo Superplastificante	1.15	5.03	0.0046	5.03	0.101
Aire atrapado (3%)	-	-	0.0300	-	-
<b>Total</b>		<b>2294</b>	<b>1.0000</b>	<b>2317</b>	<b>46.34</b>

*Nota.* La tabla muestra los resultados del diseño de mezcla del 5% (1.15%).

**Tabla 56** *Diseño de mezcla de concreto antideslave: 10% Microsilice + 1.15% Aditivo Superplastificante*

<b>Materiales</b>	<b>Dosis (%)</b>	<b>Peso seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen absoluto (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tanda 20 L (kg)</b>
Cemento		414	0.1327	414	8.28
Agregado Fino		1082	0.4085	1090	21.80
Agregado Grueso		569	0.2173	572	11.44
Agua		186	0.1863	199	3.99
Microsilice	10	46	0.0209	46	0.92
Aditivo Superplastificante	1.15	4.76	0.0043	4.76	0.095
Aire atrapado (3%)	-	-	0.0300	-	-
<b>Total</b>		<b>2303</b>	<b>1.0000</b>	<b>2326</b>	<b>46.53</b>

*Nota.* La tabla muestra los resultados del diseño de mezcla del 10% (1.15%).

**Tabla 57** *Diseño de mezcla de concreto antideslave: 10% Microsilice + 1.25% Aditivo Superplastificante*

<b>Materiales</b>	<b>Dosis (%)</b>	<b>Peso seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen absoluto (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tanda 20 L (kg)</b>
Cemento		414	0.1327	414	8.28
Agregado Fino		1082	0.4082	1089	21.79
Agregado Grueso		569	0.2172	572	11.44
Agua		186	0.1863	199	3.99
Microsilice	10	46	0.0209	46	0.92
Aditivo Superplastificante	1.25	5.18	0.0047	5.18	0.104
Aire atrapado (3%)	-	-	0.0300	-	-
<b>Total</b>		<b>2302</b>	<b>1.0000</b>	<b>2326</b>	<b>46.52</b>

*Nota.* La tabla muestra los resultados del diseño de mezcla del 10% (1.25%).

**Tabla 58** *Diseño de mezcla de concreto antideslave: 10% Microsilice + 1.35% Aditivo Superplastificante*

<b>Materiales</b>	<b>Dosis (%)</b>	<b>Peso seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen absoluto (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tanda 20 L (kg)</b>
Cemento		414	0.1327	414	8.28
Agregado Fino		1081	0.4080	1089	21.78
Agregado Grueso		569	0.2170	571	11.43
Agua		186	0.1863	199	3.99
Microsilice	10	46	0.0209	46	0.92
Aditivo Superplastificante	1.35	5.59	0.0051	5.59	0.112
Aire atrapado (3%)	-	-	0.0300	-	-
<b>Total</b>		<b>2302</b>	<b>1.0000</b>	<b>2325</b>	<b>46.50</b>

*Nota.* La tabla muestra los resultados del diseño de mezcla del 10% (1.35%).

**Tabla 59** *Diseño de mezcla de concreto antideslave: 15% Microsilice + 1.25% Aditivo Superplastificante*

<b>Materiales</b>	<b>Dosis (%)</b>	<b>Peso seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen absoluto (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tanda 20 L (kg)</b>
Cemento		391	0.1253	391	7.82
Agregado Fino		1095	0.4132	1103	22.05
Agregado Grueso		576	0.2198	579	11.57
Agua		176	0.1760	189	3.78
Microsilice	15	69	0.0314	69	1.38
Aditivo Superplastificante	1.25	4.89	0.0044	4.89	0.098
Aire atrapado (3%)	-	-	0.0300	-	-
<b>Total</b>		<b>2311</b>	<b>1.0000</b>	<b>2335</b>	<b>46.71</b>

*Nota.* La tabla muestra los resultados del diseño de mezcla del 15% (1.25%).

**Tabla 60** *Diseño de mezcla de concreto antideslave: 15% Microsilice + 1.50% Aditivo Superplastificante*

<b>Materiales</b>	<b>Dosis (%)</b>	<b>Peso seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen absoluto (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tanda 20 L (kg)</b>
Cemento		391	0.1253	391	7.82
Agregado Fino		1093	0.4126	1101	22.02
Agregado Grueso		575	0.2195	578	11.56
Agua		176	0.1760	189	3.78
Microsilice	15	69	0.0314	69	1.38
Aditivo Superplastificante	1.50	5.87	0.0053	5.87	0.117
Aire atrapado (3%)	-	-	0.0300	-	-
<b>Total</b>		<b>2310</b>	<b>1.0000</b>	<b>2334</b>	<b>46.68</b>

*Nota.* La tabla muestra los resultados del diseño de mezcla del 15% (1.50%).

**Tabla 61** *Diseño de mezcla de concreto antideslave: 15% Microsilice + 1.75% Aditivo Superplastificante*

<b>Materiales</b>	<b>Dosis (%)</b>	<b>Peso seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen absoluto (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tanda 20 L (kg)</b>
Cemento Tipo I		391	0.1253	391	7.82
Agregado Fino		1092	0.4120	1099	21.99
Agregado Grueso		574	0.2191	577	11.54
Agua		176	0.1760	189	3.78
Microsilice	15	69	0.0314	69	1.38
Aditivo Superplastificante	1.75	6.84	0.0062	6.84	0.137
Aire atrapado (3%)	-	-	0.0300	-	-
<b>Total</b>		<b>2309</b>	<b>1.0000</b>	<b>2332</b>	<b>46.65</b>

*Nota.* La tabla muestra los resultados del diseño de mezcla del 15% (1.75%).

### 3.3. Ensayos en estado fresco

#### 3.3.1. Temperatura (NTP 339.184/ASTM C1064)

**Tabla 62** Ensayo de temperatura: 5% Microsilice + (0.85, 1.00, 1.15) % Aditivo Superplastificante

Diseño		Código	Temperatura (°C)	Promedio (°C)
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)			
5	0.85	T-01	21.0	20.0
		T-02	20.0	
		T-03	20.0	
	1.00	T-01	21.0	21.0
		T-02	21.0	
		T-03	21.0	
	1.15	T-01	21.0	21.0
		T-02	21.0	
		T-03	21.0	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de temperatura de los diseños del 5% (0.85), 5% (1.00) y 5% (1.15%).

**Tabla 63** Ensayo de temperatura: 10% Microsilice + (1.15, 1.25, 1.35) % Aditivo Superplastificante

Diseño		Código	Temperatura (°C)	Promedio (°C)
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)			
10	1.15	T-01	21.0	21.0
		T-02	21.0	
		T-03	20.0	
	1.25	T-01	21.0	20.0
		T-02	20.0	
		T-03	20.0	
	1.35	T-01	21.0	21.0
		T-02	21.0	
		T-03	20.0	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de temperatura de los diseños del 10% (1.15), 10% (1.25) y 10% (1.35%).

**Tabla 64** Ensayo de temperatura: 15% Microsilice + (1.25, 1.50, 1.75) % Aditivo Superplastificante

Diseño		Código	Temperatura (°C)	Promedio (°C)
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)			
15	1.25	T-01	20.0	20.0
		T-02	20.0	
		T-03	20.0	
	1.50	T-01	21.0	21.0
		T-02	22.0	
		T-03	21.0	
	1.75	T-01	21.0	21.0
		T-02	21.0	
		T-03	21.0	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de temperatura de los diseños del 15% (1.25), 15% (1.50) y 15% (1.75%).

### 3.3.2. Peso unitario (NTP 339.046/ASTM C138)

**Tabla 65** Ensayo de peso unitario: 5% Microsílice + (0.85, 1.00, 1.15) % Aditivo Superplastificante

Diseño		Código	Peso unitario del concreto (kg/m <sup>3</sup> )	Promedio (kg/m <sup>3</sup> )
Microsílice (%)	Aditivo Superplastificante (%)			
5	0.85	PU-01	2401	2380
		PU-02	2376	
		PU-03	2372	
	1.00	PU-01	2382	2390
		PU-02	2400	
		PU-03	2375	
	1.15	PU-01	2394	2400
		PU-02	2411	
		PU-03	2394	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de peso unitario de los diseños del 5% (0.85), 5% (1.00) y 5% (1.15%).

**Tabla 66** Ensayo de peso unitario: 10% Microsílice + (1.15, 1.25, 1.35) % Aditivo Superplastificante

Diseño		Código	Peso unitario del concreto (kg/m <sup>3</sup> )	Promedio (kg/m <sup>3</sup> )
Microsílice (%)	Aditivo Superplastificante (%)			
10	1.15	PU-01	2425	2400
		PU-02	2395	
		PU-03	2375	
	1.25	PU-01	2388	2380
		PU-02	2373	
		PU-03	2392	
	1.35	PU-01	2417	2410
		PU-02	2414	
		PU-03	2394	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de peso unitario de los diseños del 10% (1.15), 10% (1.25) y 10% (1.35%).

**Tabla 67** Ensayo de peso unitario: 15% Microsílice + (1.25, 1.50, 1.75) % Aditivo Superplastificante

Diseño		Código	Peso unitario del concreto (kg/m <sup>3</sup> )	Promedio (kg/m <sup>3</sup> )
Microsílice (%)	Aditivo Superplastificante (%)			
10	1.15	PU-01	2362	2370
		PU-02	2369	
		PU-03	2382	
	1.25	PU-01	2431	2410
		PU-02	2416	
		PU-03	2389	
	1.35	PU-01	2421	2420
		PU-02	2422	
		PU-03	2424	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de peso unitario de los diseños del 15% (1.25), 15% (1.50) y 15% (1.75%).

### 3.3.3. Capacidad de llenado

#### 3.3.3.1. Ensayo de escurrimiento (UNE 83361)

**Tabla 68** Ensayo de escurrimiento: 5% Microsilíce + (0.85, 1.00, 1.15) % Aditivo Superplastificante

Diseño		Código	D1 (mm)	D2 (mm)	$d_f$ (mm)	Promedio (mm)	$T_{50}$ (s)	Promedio (s)
Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)							
5	0.85	EF-01	700	695	698	684	3.34	4.60
		EF-02	670	670	670			
		EF-03	690	680	685			
	1.00	EF-01	730	705	718	734	3.01	2.67
		EF-02	755	710	733			
		EF-03	760	740	750			
	1.15	EF-01	710	670	690	673	5.87	6.15
		EF-02	700	660	680			
		EF-03	660	640	650			

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de escurrimiento de los diseños del 5% (0.85), 5% (1.00) y 5% (1.15%).

**Tabla 69** Ensayo de escurrimiento: 10% Microsilíce + (1.15, 1.25, 1.35) % Aditivo Superplastificante

Diseño		Código	D1 (mm)	D2 (mm)	$d_f$ (mm)	Promedio (mm)	$T_{50}$ (s)	Promedio (s)
Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)							
10	1.15	EF-01	660	655	658	630	5.75	6.37
		EF-02	605	600	603			
		EF-03	640	620	630			
	1.25	EF-01	680	670	675	651	4.93	5.59
		EF-02	645	640	643			
		EF-03	640	630	635			
	1.35	EF-01	675	650	663	664	4.88	4.78
		EF-02	680	675	678			
		EF-03	660	640	650			

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de escurrimiento de los diseños del 10% (1.15), 10% (1.25) y 10% (1.35%).

**Tabla 70** Ensayo de escurrimiento: 15% Microsilíce + (1.25, 1.50, 1.75) % Aditivo Superplastificante

Diseño		Código	D1 (mm)	D2 (mm)	$d_f$ (mm)	Promedio (mm)	$T_{50}$ (s)	Promedio (s)
Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)							
15	1.25	EF-01	610	600	605	618	8.17	7.91
		EF-02	620	615	618			
		EF-03	630	630	630			
	1.50	EF-01	645	640	643	645	6.40	6.23
		EF-02	645	645	645			
		EF-03	650	645	648			
	1.75	EF-01	715	695	705	689	3.75	4.10
		EF-02	680	660	670			
		EF-03	695	690	693			

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de escurrimiento de los diseños del 15% (1.25), 15% (1.50) y 15% (1.75%).

### 3.3.4. Capacidad de paso

#### 3.3.4.1. Ensayo de la Caja en L (UNE 83363)

**Tabla 71** Ensayo de Caja en L: 5% Microsilice + (0.85, 1.00, 1.15) % Aditivo Superplastificante

Diseño		Código	T20 (s)	T40 (s)	H1 (cm)	H2 (cm)	$C_{bL}$	Promedio
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)							
5	0.85	CL-01	1.56	4.82	13.60	6.00	0.44	0.43
		CL-02	1.92	5.10	14.00	5.80	0.41	
		CL-03	1.49	4.64	13.50	6.00	0.44	
	1.00	CL-01	1.37	3.19	9.80	8.10	0.83	0.79
		CL-02	1.21	2.53	10.50	7.90	0.75	
		CL-03	1.15	2.31	10.30	8.00	0.78	
	1.15	CL-01	0.92	1.84	8.90	8.40	0.94	0.94
		CL-02	0.97	2.02	9.20	8.20	0.89	
		CL-03	0.89	1.76	8.70	8.50	0.98	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de caja en L de los diseños del 5% (0.85), 5% (1.00) y 5% (1.15%).

**Tabla 72** Ensayo de Caja en L: 10% Microsilice + (1.15, 1.25, 1.35) % Aditivo Superplastificante

Diseño		Código	T20 (s)	T40 (s)	H1 (cm)	H2 (cm)	$C_{bL}$	Promedio
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)							
10	1.15	CL-01	2.13	3.80	10.20	7.60	0.75	0.78
		CL-02	1.86	3.32	10.10	7.80	0.77	
		CL-03	1.54	2.97	9.70	7.90	0.81	
	1.25	CL-01	0.94	2.36	9.00	8.20	0.91	0.90
		CL-02	1.03	2.51	9.30	8.00	0.86	
		CL-03	1.28	2.80	8.80	8.10	0.92	
	1.35	CL-01	0.73	2.23	8.70	8.50	0.98	0.97
		CL-02	0.67	1.98	8.50	8.50	1.00	
		CL-03	0.78	2.45	8.90	8.30	0.93	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de caja en L de los diseños del 10% (1.15), 10% (1.25) y 10% (1.35%).

**Tabla 73** Ensayo de Caja en L: 15% Microsilice + (1.25, 1.50, 1.75) % Aditivo Superplastificante

Diseño		Código	T20 (s)	T40 (s)	H1 (cm)	H2 (cm)	$C_{bL}$	Promedio
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)							
15	1.25	CL-01	2.66	5.70	9.50	8.10	0.85	0.82
		CL-02	3.09	6.22	10.00	7.90	0.79	
		CL-03	2.78	6.15	9.80	8.00	0.82	
	1.50	CL-01	1.09	2.19	8.50	8.50	1.00	0.93
		CL-02	1.51	3.76	9.20	8.20	0.89	
		CL-03	1.12	2.41	9.00	8.00	0.89	
	1.75	CL-01	0.79	2.13	8.50	8.50	1.00	0.98
		CL-02	1.07	3.35	8.80	8.30	0.94	
		CL-03	0.88	2.15	8.50	8.50	1.00	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de caja en L de los diseños del 15% (1.25), 15% (1.50) y 15% (1.75%).

### 3.3.5. Viscosidad

#### 3.3.5.1. Ensayo del Embudo en V (UNE 83364)

**Tabla 74** Ensayo del Embudo en V: 5% Microsilice + (0.85, 1.00, 1.15) % Aditivo Superplastificante

Diseño		Código	$T_V$ (s)	Promedio (s)
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)			
5	0.85	EV-01	10.98	10.34
		EV-02	10.31	
		EV-03	9.72	
	1.00	EV-01	7.68	6.95
		EV-02	7.15	
		EV-03	6.03	
	1.15	EV-01	5.16	5.17
		EV-02	4.87	
		EV-03	5.48	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de embudo en V de los diseños del 5% (0.85), 5% (1.00) y 5% (1.15%).

**Tabla 75** Ensayo del Embudo en V: 10% Microsilice + (1.15, 1.25, 1.35) % Aditivo Superplastificante

Diseño		Código	$T_V$ (s)	Promedio (s)
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)			
10	1.15	EV-01	12.15	12.68
		EV-02	12.84	
		EV-03	13.06	
	1.25	EV-01	9.93	9.29
		EV-02	8.73	
		EV-03	9.21	
	1.35	EV-01	6.06	5.78
		EV-02	5.75	
		EV-03	5.54	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de embudo en V de los diseños del 10% (1.15), 10% (1.25) y 10% (1.35%).

**Tabla 76** Ensayo del Embudo en V: 15% Microsilice + (1.25, 1.50, 1.75) % Aditivo Superplastificante

Diseño		Código	$T_V$ (s)	Promedio (s)
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)			
15	1.25	EV-01	14.72	14.04
		EV-02	13.09	
		EV-03	14.31	
	1.50	EV-01	10.40	10.18
		EV-02	10.85	
		EV-03	9.29	
	1.75	EV-01	8.14	8.21
		EV-02	7.67	
		EV-03	8.81	


*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de embudo en V de los diseños del 15% (1.25), 15% (1.50) y 15% (1.75%).



### 3.3.6. Resistencia a la segregación

#### 3.3.6.1. Ensayo del Índice de Estabilidad Visual (ASTM C1611)

**Tabla 77** Ensayo del Índice de Estabilidad Visual: 5% Microsilíce + 0.85 % Aditivo Superplastificante

Diseño				Descripción			
Microsilíce (%)	5	Aditivo Superplastificante (%)	0.85	Código	VSI-01	VSI-02	VSI-03
				Valor VSI	0		
				$d_f$ (mm)	698	670	685
				Promedio (mm)	684		
				Segregación	No	No	No
				Halo	No	No	No
				Concentración de agregados	No	No	No

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de índice de estabilidad visual del diseño de 5% (0.85%).

**Tabla 78** Ensayo del Índice de Estabilidad Visual: 5% Microsilíce + 1.00 % Aditivo Superplastificante

Diseño				Descripción			
Microsilíce (%)	5	Aditivo Superplastificante (%)	1.00	Código	VSI-01	VSI-02	VSI-03
				Valor VSI	0		
				$d_f$ (mm)	718	733	750
				Promedio (mm)	734		
				Segregación	No	No	No
				Halo	No	No	No
				Concentración de agregados	No	No	No

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de índice de estabilidad visual del diseño de 5% (1.00%).

**Tabla 79** Ensayo del Índice de Estabilidad Visual: 5% Microsilíce + 1.15 % Aditivo Superplastificante

Diseño				Descripción			
Microsilíce (%)	5	Aditivo Superplastificante (%)	1.15	Código	VSI-01	VSI-02	VSI-03
				Valor VSI	3		
				$d_f$ (mm)	690	680	650
				Promedio (mm)	673		
				Segregación	Si	Si	Si
				Halo	>10mm	>10mm	>10mm
				Concentración de agregados	Si	Si	Si


*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de índice de estabilidad visual del diseño de 5% (1.15%).

**Tabla 80** Ensayo del Índice de Estabilidad Visual: 10% Microsílice + 1.15 % Aditivo Superplastificante

Diseño				Descripción			
Microsílice (%)	10	Aditivo Superplastificante (%)	1.15	Código	VSI-01	VSI-02	VSI-03
	Valor VSI			0			
	$d_f$ (mm)			658	603	630	
	Promedio (mm)			630			
	Segregación			No	No	No	
	Halo			No	No	No	
	Concentración de agregados			No	No	No	

Nota. La tabla muestra los resultados del ensayo de índice de estabilidad visual del diseño de 10% (1.15%).

**Tabla 81** Ensayo del Índice de Estabilidad Visual: 10% Microsílice + 1.25 % Aditivo Superplastificante

Diseño				Descripción			
Microsílice (%)	10	Aditivo Superplastificante (%)	1.25	Código	VSI-01	VSI-02	VSI-03
	Valor VSI			0			
	$d_f$ (mm)			675	643	635	
	Promedio (mm)			651			
	Segregación			No	No	No	
	Halo			No	No	No	
	Concentración de agregados			No	No	No	


Nota. La tabla muestra los resultados del ensayo de índice de estabilidad visual del diseño de 10% (1.25%).

**Tabla 82** Ensayo del Índice de Estabilidad Visual: 10% Microsílice + 1.35 % Aditivo Superplastificante

Diseño				Descripción			
Microsílice (%)	10	Aditivo Superplastificante (%)	1.35	Código	VSI-01	VSI-02	VSI-03
	Valor VSI			2			
	$d_f$ (mm)			663	678	650	
	Promedio (mm)			664			
	Segregación			No	No	No	
	Halo			<10mm	<10mm	<10mm	
	Concentración de agregados			Si	Si	Si	


Nota. La tabla muestra los resultados del ensayo de índice de estabilidad visual del diseño de 10% (1.35%).

**Tabla 83** Ensayo del Índice de Estabilidad Visual: 15% Microsílice + 1.25 % Aditivo Superplastificante

Diseño				Descripción			
Microsílice (%)	15	Aditivo Superplastificante (%)	1.25	Código	VSI-01	VSI-02	VSI-03
				Valor VSI	0		
				$d_f$ (mm)	605	618	630
				Promedio (mm)	618		
				Segregación	No	No	No
				Halo	No	No	No
				Concentración de agregados	No	No	No

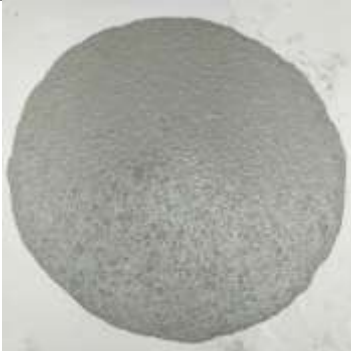
Nota. La tabla muestra los resultados del ensayo de índice de estabilidad visual del diseño de 15% (1.25%).

**Tabla 84** Ensayo del Índice de Estabilidad Visual: 15% Microsílice + 1.50 % Aditivo Superplastificante

Diseño				Descripción			
Microsílice (%)	15	Aditivo Superplastificante (%)	1.50	Código	VSI-01	VSI-02	VSI-03
				Valor VSI	0		
				$d_f$ (mm)	643	645	648
				Promedio (mm)	645		
				Segregación	No	No	No
				Halo	No	No	No
				Concentración de agregados	No	No	No

Nota. La tabla muestra los resultados del ensayo de índice de estabilidad visual del diseño de 15% (1.50%).

**Tabla 85** Ensayo del Índice de Estabilidad Visual: 15% Microsílice + 1.75 % Aditivo Superplastificante

Diseño				Descripción			
Microsílice (%)	15	Aditivo Superplastificante (%)	1.75	Código	VSI-01	VSI-02	VSI-03
				Valor VSI	0		
				$d_f$ (mm)	705	670	693
				Promedio (mm)	689		
				Segregación	No	No	No
				Halo	No	No	No
				Concentración de agregados	No	No	No

Nota. La tabla muestra los resultados del ensayo de índice de estabilidad visual del diseño de 15% (1.75%).

### 3.3.7. Resistencia a la pérdida de finos

#### 3.3.7.1. Ensayo de pérdida de finos (CRD-C 61-89A)

**Tabla 86** Ensayo de pérdida de finos: 5% Microsilíce + (0.85, 1.00, 1.15) % Aditivo Superplastificante

Diseño		Código	Pérdida de finos (%)	Promedio (%)
Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)			
5	0.85	PF-01	3.11	3.15
		PF-02	3.34	
		PF-03	3.01	
	1.00	PF-01	6.23	6.40
		PF-02	6.55	
		PF-03	6.43	
	1.15	PF-01	84.23	84.76
		PF-02	84.92	
		PF-03	85.14	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de pérdida de finos de los diseños del 5% (0.85%), 5% (1.00%) y 5% (1.15%).

**Tabla 87** Ensayo de pérdida de finos: 10% Microsilíce + (1.15, 1.25, 1.35) % Aditivo Superplastificante

Diseño		Código	Pérdida de finos (%)	Promedio (%)
Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)			
10	1.15	PF-01	3.03	2.84
		PF-02	2.66	
		PF-03	2.84	
	1.25	PF-01	4.47	4.63
		PF-02	4.84	
		PF-03	4.59	
	1.35	PF-01	7.68	7.80
		PF-02	7.75	
		PF-03	7.96	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de pérdida de finos de los diseños del 10% (1.15%), 10% (1.25%) y 10% (1.35%).

**Tabla 88** Ensayo de pérdida de finos: 15% Microsilíce + (1.25, 1.50, 1.75) % Aditivo Superplastificante

Diseño		Código	Pérdida de finos (%)	Promedio (%)
Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)			
15	1.25	PF-01	1.17	1.12
		PF-02	1.25	
		PF-03	0.93	
	1.50	PF-01	3.88	3.83
		PF-02	3.66	
		PF-03	3.94	
	1.75	PF-01	6.48	6.70
		PF-02	6.90	
		PF-03	6.72	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de pérdida de finos de los diseños del 15% (1.25%), 15% (1.50%) y 15% (1.75%).

### 3.4. Método de colocación

#### 3.4.1.1. Método Tremie

**Tabla 89** Método tremie: 5% Microsilíce + (0.85, 1.00, 1.15) % Aditivo Superplastificante

Diseño		Código	Descripción del comportamiento de la mezcla
Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)		
5	0.85	MT-01	La mezcla presentó un significativo lavado del material cementante, obteniendo una baja visibilidad alrededor del recipiente de vidrio.
		MT-02	
		MT-03	
	1.00	MT-01	La mezcla presentó un significativo lavado del material cementante, obteniendo una baja visibilidad alrededor del recipiente de vidrio.
		MT-02	
		MT-03	
	1.15	MT-01	La mezcla sigue presentando un significativo lavado del material cementante, obteniendo una baja visibilidad alrededor del recipiente de vidrio.
		MT-02	
		MT-03	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del método tremie de los diseños del 5% (0.85%), 5% (1.00%) y 5% (1.15%).

**Tabla 90** Método tremie: 10% Microsilíce + (1.15, 1.25, 1.35) % Aditivo Superplastificante

Diseño		Código	Descripción del comportamiento de la mezcla
Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)		
10	1.15	MT-01	Esta mezcla demostró tener un lavado moderado del material cementante, afectando la visión del recipiente donde se colocó la mezcla.
		MT-02	
		MT-03	
	1.25	MT-01	La mezcla demostró tener un lavado moderado del material cementante, opacó la visibilidad alrededor del sitio de colocación.
		MT-02	
		MT-03	
	1.35	MT-01	La mezcla sigue demostrando tener un lavado moderado del material cementante, opacando la visibilidad alrededor del recipiente de vidrio.
		MT-02	
		MT-03	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del método tremie de los diseños del 10% (1.15%), 10% (1.25%) y 10% (1.35%).

**Tabla 91** Método tremie: 15% Microsilíce + (1.25, 1.50, 1.75) % Aditivo Superplastificante

Diseño		Código	Descripción del comportamiento de la mezcla
Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)		
15	1.25	MT-01	La mezcla mostró un leve lavado del material cementante, no afectó mucho a la visibilidad y demostró tener un ligero inconveniente al momento de auto compactarse.
		MT-02	
		MT-03	
	1.50	MT-01	En este diseño, la mezcla también mostró un leve lavado del material cementante, no afectó mucho a la visibilidad y pudo auto compactarse mejor conforme al vaciado.
		MT-02	
		MT-03	
	1.75	MT-01	La mezcla sigue presentando un leve lavado del material cementante, no afectó mucho a la visibilidad y logró auto compactarse con mayor facilidad.
		MT-02	
		MT-03	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del método tremie de los diseños del 15% (1.25%), 15% (1.50%) y 15% (1.75%).

### 3.5. Ensayos en estado endurecido

#### 3.5.1. Resistencia a la compresión (NTP 339.034/ASTM C39)

**Tabla 92** Ensayo de resistencia a la compresión: 5% Microsilice + 0.85 % Aditivo Superplastificante

Código	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )					
	7 días	Promedio	28 días	Promedio	56 días	Promedio
LRC-01	458		631		725	
LRC-02	476		611		711	
LRC-03	487	484	615	628	662	703
LRC-04	461		631		715	
LRC-05	536		653		702	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a 7, 28 y 56 días del diseño de 5% (0.85%).

**Tabla 93** Ensayo de resistencia a la compresión: 5% Microsilice + 1.00 % Aditivo Superplastificante

Código	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )					
	7 días	Promedio	28 días	Promedio	56 días	Promedio
LRC-01	376		510		694	
LRC-02	460		515		603	
LRC-03	458	447	500	519	676	628
LRC-04	484		525		599	
LRC-05	457		547		566	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a 7, 28 y 56 días del diseño de 5% (1.00%).

**Tabla 94** Ensayo de resistencia a la compresión: 5% Microsilice + 1.15 % Aditivo Superplastificante

Código	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )					
	7 días	Promedio	28 días	Promedio	56 días	Promedio
LRC-01	423		513		605	
LRC-02	432		506		613	
LRC-03	379	396	549	530	635	632
LRC-04	385		505		722	
LRC-05	363		579		585	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a 7, 28 y 56 días del diseño de 5% (1.15%).

**Tabla 95** *Ensayo de resistencia a la compresión: 10% Microsilice + 1.15 % Aditivo Superplastificante*

Código	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )					
	7 días	Promedio	28 días	Promedio	56 días	Promedio
LRC-01	491		605		763	
LRC-02	525		640		912	
LRC-03	480	495	647	638	778	854
LRC-04	485		661		938	
LRC-05	493		638		881	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a 7, 28 y 56 días del diseño de 10% (1.15%).

**Tabla 96** *Ensayo de resistencia a la compresión: 10% Microsilice + 1.25 % Aditivo Superplastificante*

Código	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )					
	7 días	Promedio	28 días	Promedio	56 días	Promedio
LRC-01	488		660		779	
LRC-02	482		680		805	
LRC-03	493	488	642	654	813	795
LRC-04	488		631		792	
LRC-05	489		655		787	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a 7, 28 y 56 días del diseño de 10% (1.25%).

**Tabla 97** *Ensayo de resistencia a la compresión: 10% Microsilice + 1.35 % Aditivo Superplastificante*

Código	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )					
	7 días	Promedio	28 días	Promedio	56 días	Promedio
LRC-01	404		543		694	
LRC-02	432		530		695	
LRC-03	364	398	581	562	622	670
LRC-04	396		585		685	
LRC-05	393		569		652	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a 7, 28 y 56 días del diseño de 10% (1.35%).

**Tabla 98** *Ensayo de resistencia a la compresión: 15% Microsilice + 1.25 % Aditivo Superplastificante*

Código	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )					
	7 días	Promedio	28 días	Promedio	56 días	Promedio
LRC-01	441		628		813	
LRC-02	465		630		665	
LRC-03	463	463	619	631	702	759
LRC-04	486		611		822	
LRC-05	461		667		794	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a 7, 28 y 56 días del diseño de 15% (1.25%).

**Tabla 99** *Ensayo de resistencia a la compresión: 15% Microsilice + 1.50 % Aditivo Superplastificante*

Código	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )					
	7 días	Promedio	28 días	Promedio	56 días	Promedio
LRC-01	476		625		859	
LRC-02	468		745		757	
LRC-03	457	468	715	715	695	787
LRC-04	471		753		819	
LRC-05	468		735		804	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a 7, 28 y 56 días del diseño de 15% (1.50%).

**Tabla 100** *Ensayo de resistencia a la compresión: 15% Microsilice + 1.75 % Aditivo Superplastificante*

Código	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )					
	7 días	Promedio	28 días	Promedio	56 días	Promedio
LRC-01	425		653		806	
LRC-02	429		644		736	
LRC-03	430	428	636	661	847	779
LRC-04	420		701		730	
LRC-05	434		669		776	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a 7, 28 y 56 días del diseño de 15% (1.75%).



## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

#### 4.1.1. Caracterización de agregados

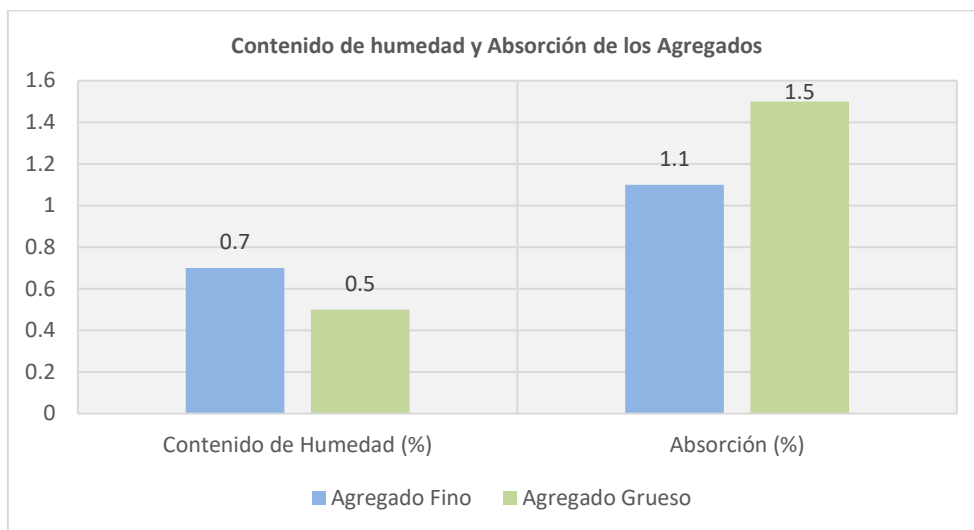
Previo a la etapa del diseño de mezcla, es necesario realizar la caracterización de los agregados con el fin de conocer si los materiales son los adecuados y acordes con lo recomendado por la normativa nacional (NTP); para la elaboración del concreto, así como también, para asegurar el buen desempeño de sus propiedades en sus diferentes estados.

De acuerdo al análisis granulométrico del agregado fino, según lo realizado por la NTP 400.012, presenta una buena gradación y un módulo de fineza de 3, el cual está dentro del rango de 2.30 y 3.10 que establece la NTP 400.037; en la granulometría del agregado grueso se obtuvo un módulo de finura de 5.7 con un tamaño máximo nominal de 3/8", lo cual se encuentra dentro del huso granulométrico 8. En las curvas granulométricas presentadas en el anexo N° 01, se observa que ambos agregados están dentro de los límites del huso correspondiente y conforme a la NTP 400.037. Teniendo en cuenta a Díaz & Soberón (2019), menciona que su módulo de fineza del agregado fino es igual a 3 y del agregado grueso es de 6.35, este último debido al diferente tamaño máximo nominal que presenta, lo cual es de 1/2".

Respecto al ensayo del peso específico y absorción, el agregado fino según las especificaciones requeridas por la NTP 400.022, obtuvo un peso específico de masa de 2650 kg/m<sup>3</sup> y una absorción de 1.1%. En tanto, para el agregado grueso se obtuvo un peso específico de masa de 2620 kg/m<sup>3</sup> y una absorción de 1.5% según las especificaciones requeridas por NTP 400.021. De acuerdo con la investigación de Díaz & Soberón (2019), su agregado fino presenta un peso específico de 2612 kg/m<sup>3</sup> y una absorción de 2.09%, de la misma forma, su agregado grueso presenta un peso específico de 2649 kg/m<sup>3</sup> y una absorción de 1.35%, estableciendo así que los agregados son adecuados para el diseño de mezcla.

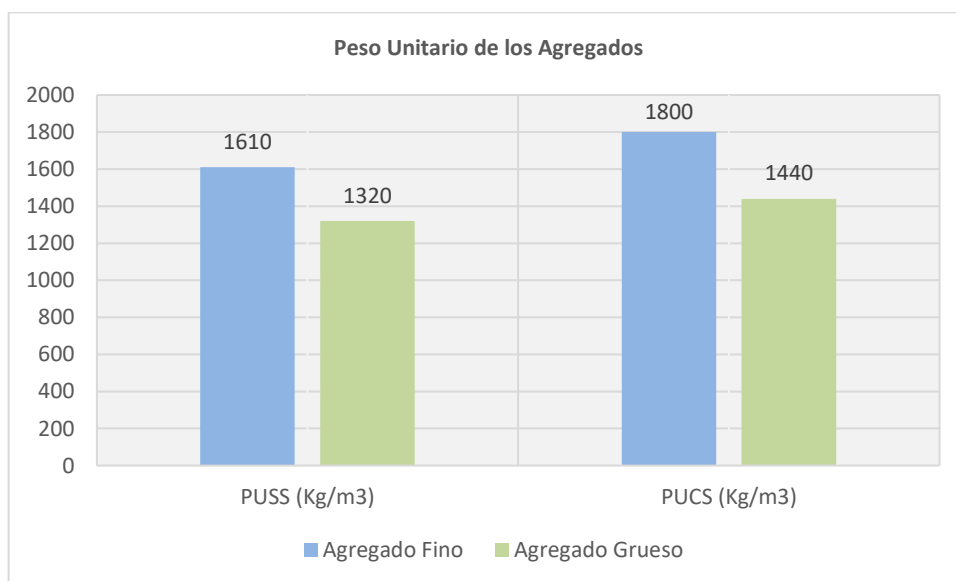
Además, según las especificaciones requeridas por la NTP 339.185, se observa en la figura N° 14 que el agregado fino obtuvo una humedad del 0.7% y el agregado grueso del 0.5%. En comparación al estudio de Díaz & Soberón (2019), el agregado fino tuvo una humedad del 0.31% y el agregado grueso una humedad del 0.51%.

**Figura 14** Contenido de humedad y absorción de los agregados



En cuanto al peso unitario, según las especificaciones requeridas en la NTP 400.17, se observa en la figura N° 15 que el agregado fino obtuvo un peso unitario suelto (PUSS) de 1610 kg/m<sup>3</sup> y un peso unitario compactado (PUCS) de 1800 kg/m<sup>3</sup>. En relación con el agregado grueso, se obtuvo un peso unitario suelto (PUSS) de 1320 kg/m<sup>3</sup> y un peso unitario compactado (PUCS) de 1440 kg/m<sup>3</sup>, determinando así que ambos agregados, en su estado compacto, presenta una menor cantidad de vacíos debido al buen grado de acomodo de sus partículas.

**Figura 15** Peso unitario de los agregados

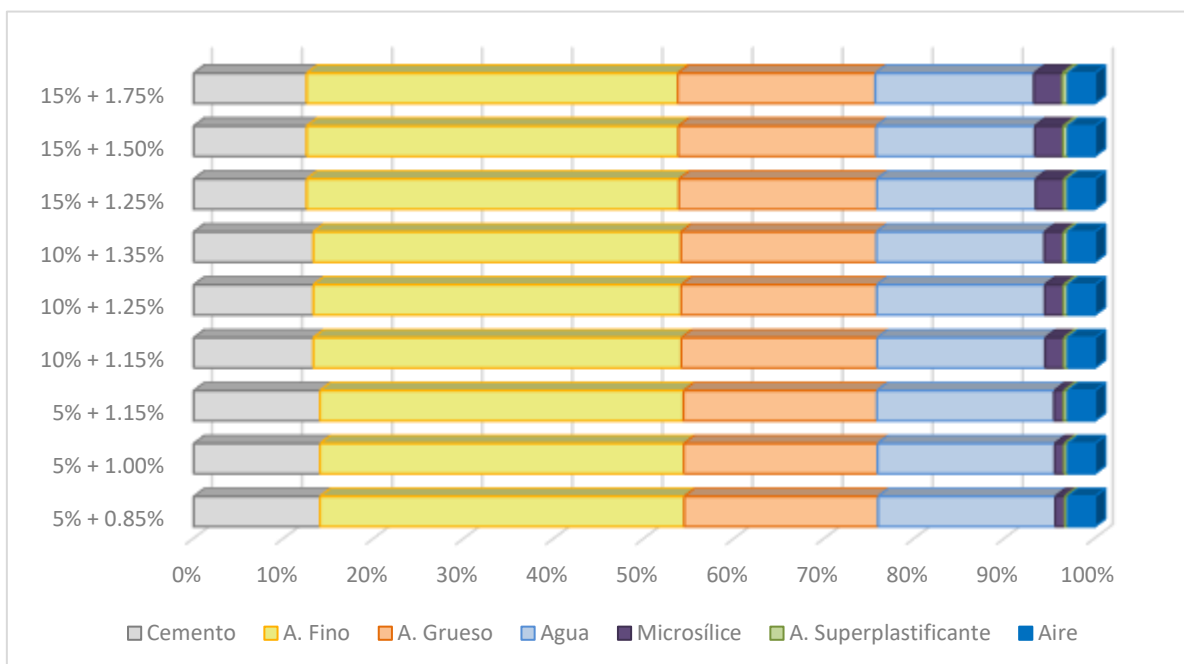


#### 4.1.2. Diseño de mezcla

Para garantizar la obtención de un concreto antideslave, se deben de fijar los parámetros de autocompactabilidad y resistencia al lavado (Bernardo et al., 2016). Bajo esta premisa, se procedió a realizar los diseños de mezclas según la metodología del ACI 237R-07: normativa que establece los indicadores de desempeño para una mezcla de concreto autocompactante.

La figura N° 16 muestra la relación volumétrica de los componentes de cada diseño de mezcla de concreto antideslave con adición de microsíllice Sika Fume y aditivo superplastificante Sika ViscoCrete SC-50, se observa que las cantidades de agregado fino son mayores, comparadas con las cantidades de agregado grueso y con lo utilizado en concretos convencionales. De igual manera, se puede observar que a medida que se aumenta el contenido de microsíllice, disminuye el contenido de agua y cemento.

**Figura 16** Relación volumétrica (%) de los componentes del concreto antideslave



Por otra parte, en la tabla N° 101 se muestra, a modo de resumen, el proporcionamiento promedio de las mezclas diseñadas. Se puede apreciar que las mezclas poseen un rico contenido de material cementicio (cemento y microsíllice), una relación a/mc de 0.45, una alta fracción de pasta (material cementicio, agua, aditivo y aire), una alta fracción de mortero (pasta y agregado fino), y un bajo volumen de agregado grueso. De acuerdo con Vargas & Sciaraffia (2006), el cumplimiento de estos parámetros y el uso de superplastificantes de última generación logra una alta fluidez, una alta resistencia a la segregación y un bajo riesgo de bloqueo.

**Tabla 101** Comparación de proporciones promedio de mezclas de concreto antideslave

Proporcionamiento de mezclas según el ACI 237R-07	Proporción promedio		
	Presente estudio	Díaz & Soberón (2019)	
Volumen absoluto de agregado grueso (%)	28 – 32 (> 1/2", TMN) Hasta el 50 (3/8", TMN)	22	21
Fracción de pasta (%)	34 – 40	37	36
Fracción de mortero (%)	68 – 72	78	79
Relación típica agua/material cementicio	0.32 – 0.45	0.45	0.45
Contenido de material cementicio (kg/m <sup>3</sup> )	386 – 475	460	450

*Nota.* La tabla muestra la comparación entre las proporciones promedio obtenidas en otra investigación, el presente estudio y lo establecido por el ACI 237R-07.

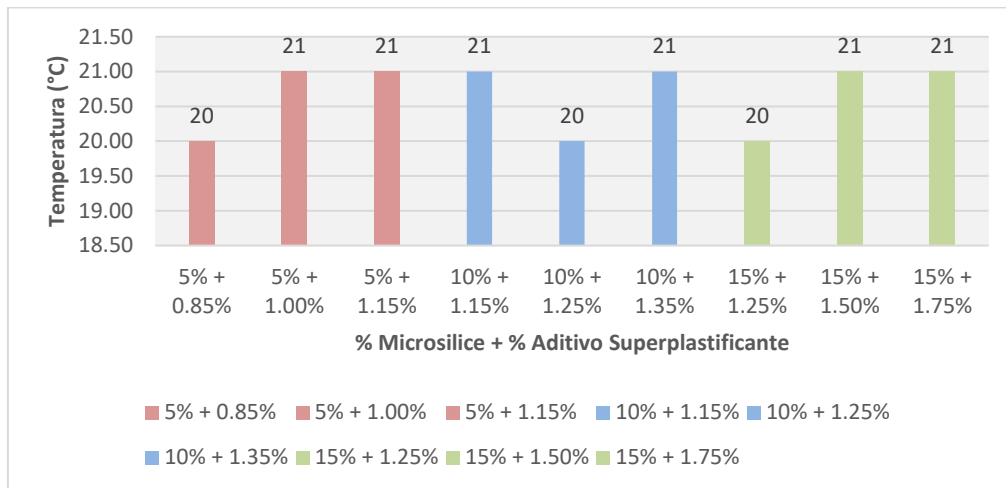
No obstante, la fracción de mortero y el volumen de agregado grueso sobrepasa y está por debajo respectivamente, de los límites recomendados por el ACI 237R-07. Esto sucede debido a que la metodología empleada no considera las condiciones necesarias de exposición que debería tener un concreto antideslave. Teniendo en cuenta a Rochna (2003) afirma que, al tratarse de un concreto autocompactante colocado bajo agua (concreto antideslave), es necesario diseñarse con un mayor contenido de agregado fino para que la fracción de mortero sea más cohesiva y no se pierda estos materiales, por lo que considera una relación de volumen de agregado grueso / volumen de agregado fino (G/F) de 0,55.

En vista de ello, se utilizó el método Fuller, que consiste en obtener la curva ideal de la parábola de Fuller y determinar la granulometría óptima del esqueleto granular (Pasquel, 1998). El proporcionamiento encontrado es de un 65% para agregado fino y un 35% para agregado grueso respecto al contenido del agregado total, teniéndose una relación (G/F) de 0,53. Estos resultados son similares a los conseguidos por Díaz & Soberón (2019), quienes demostraron que con una proporción de 68% para agregado fino y 32% para agregado grueso, se pueden conseguir mezclas acordes con los requisitos de autocompactabilidad y, a su vez, resistentes al lavado de finos.

#### 4.1.3. Temperatura y peso unitario

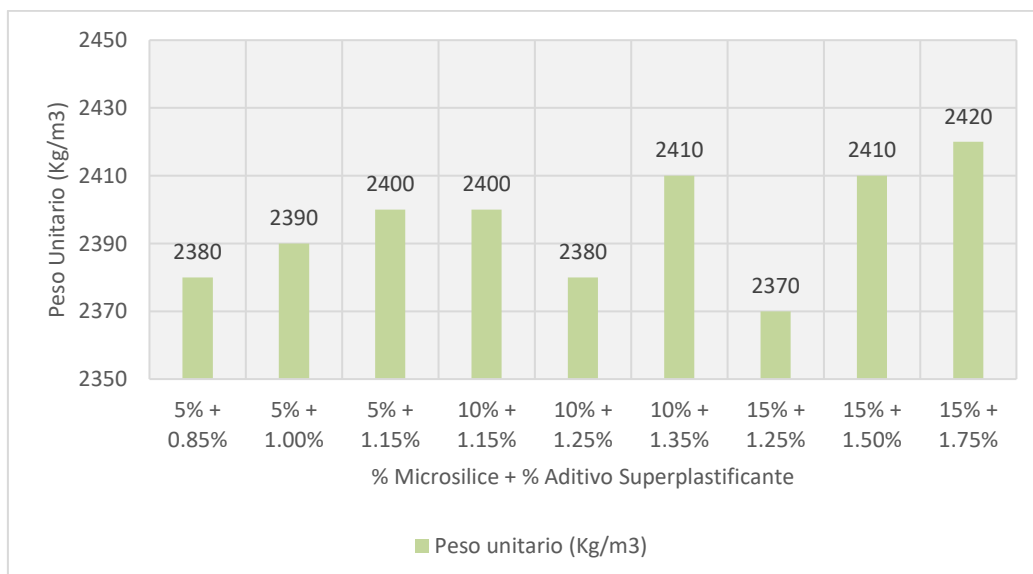
La figura N° 17 muestra la temperatura de las mezclas de concreto antideslave elaboradas con microsilíce Sika Fume y aditivo superplastificante Sika ViscoCrete SC-50. Se observa que las temperaturas van desde los 20 °C hasta los 21 °C, las cuales son aceptables para el concreto.

**Figura 17** Temperatura del concreto



Por otro lado, en la figura N° 18, se observa que los valores del peso unitario están comprendidos entre 2370 kg/m<sup>3</sup> y 2420 kg/m<sup>3</sup>. Estos resultados se diferencian de lo obtenido por Diaz & Soberón (2019), quienes encontraron que el peso unitario tiende a disminuir a medida que se aumenta la dosificación de microsilíce; a pesar de ello, estos resultados, según lo establecido por Zanelli & Fernandez (2014) cumplen con el rango que un concreto antideslave debe presentar que es de 2200 – 2400 kg/m<sup>3</sup>.

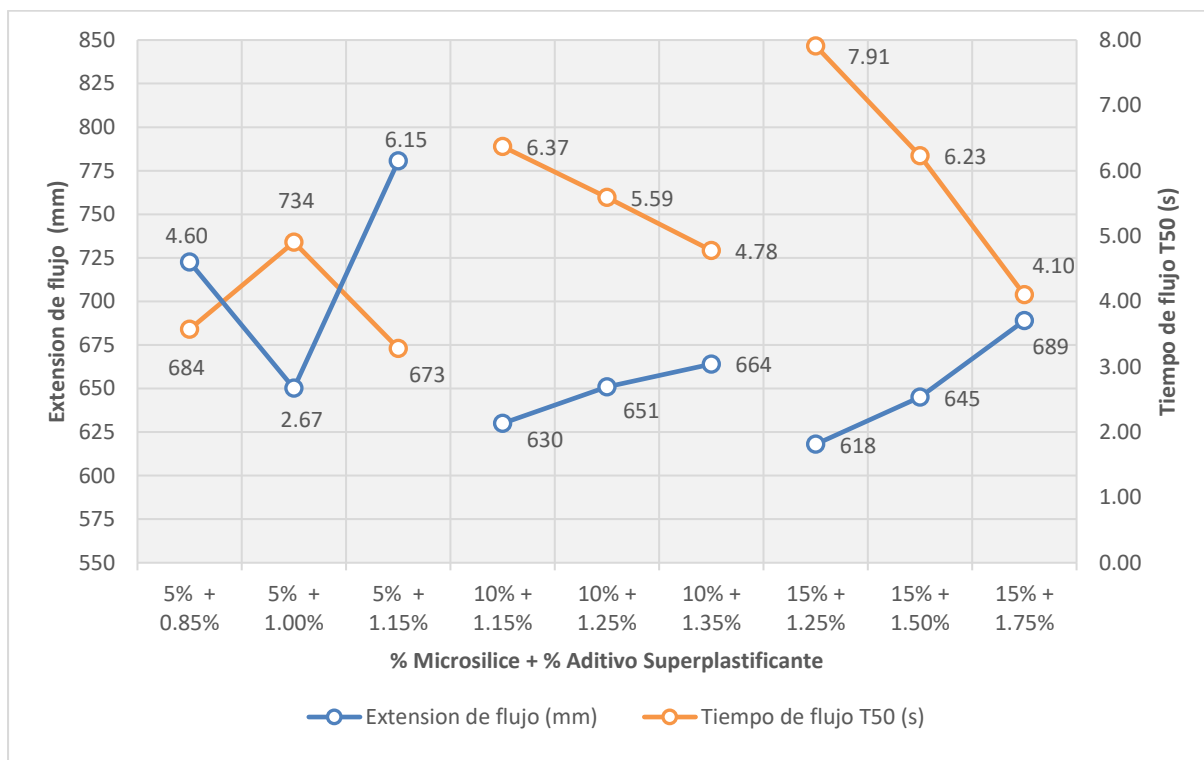
**Figura 18** Peso unitario del concreto



#### 4.1.4. Ensayo de escurrimiento e Índice de Estabilidad Visual

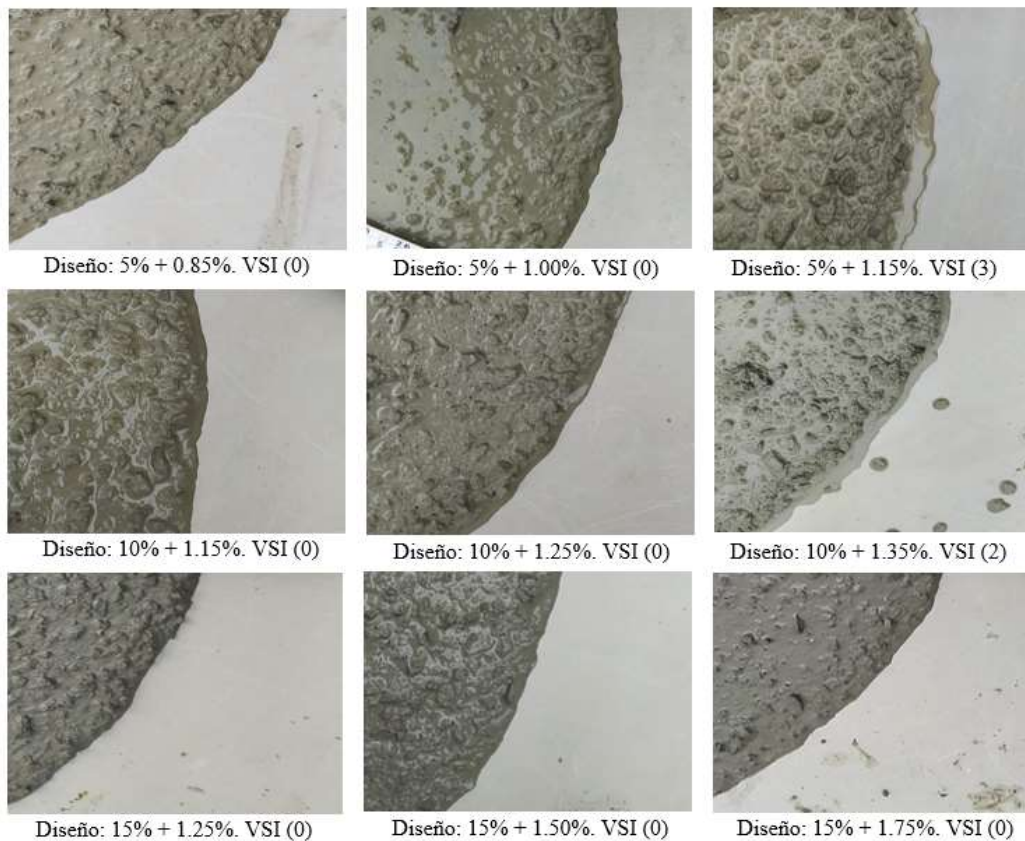
La figura N° 19 muestra la extensión de flujo ( $d_f$ ) y el tiempo de flujo  $T_{50}$  de las mezclas de concreto antideslave elaboradas con microsilíce Sika Fume y aditivo superplastificante Sika ViscoCrete SC-50. Los resultados obtenidos indican que a medida que se aumente la dosis de aditivo superplastificante, la extensión de flujo aumenta, a excepción del diseño del 5% (1.15%). Esta afirmación es respaldada por Alonso (2011), quien refiere que cuanto mayor es la dosificación del aditivo superplastificante, mayor es la adsorción y mayor el efecto fluidificante que induce (efecto dispersante). Asimismo, se observa que el tiempo  $T_{50}$  es inversamente proporcional a los valores de extensión de flujo, lo que está de acuerdo con lo indicado en la literatura del EFNARC (2002), cuanto menor sea el periodo  $T_{50}$ , mayor es la fluidez (extensión de flujo).

**Figura 19** Extensión de flujo ( $D_f$ ) y tiempo  $T_{50}$  del ensayo de escurrimiento



Cabe destacar que las extensiones de flujo y tiempos  $T_{50}$ , en todos los casos satisfacen con lo establecido por el Anejo 17 de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, las cuales están en el rango de 550 a 850 mm y menor a 8 seg. Además de presentar en la mayoría de los casos una alta estabilidad: simetría de la mezcla y distribución uniforme del agregado grueso sin indicios de segregación en los bordes, alcanzando valores de VSI de 0.

**Figura 20** Aspecto de los bordes de las mezclas - Índice de Estabilidad Visual (VSI)



Sin embargo, de la figura N° 20 se aprecia que los diseños del 5% (1.15%) y 10% (1.35%) obtuvieron valores de VSI de 3 y 2 respectivamente; por lo tanto, estas mezclas no son aceptadas según la norma ASTM C1611 debido a su escasa resistencia a la segregación. Para ello, es necesario explicar el origen o las causas que lo generan.

Al observar el diseño del 5% (1.15%), las mezclas presentaron una alta inestabilidad: segregación, halos de mortero mayores a 10 mm en los bordes y concentración de agregado grueso en el centro de la masa. A diferencia del diseño que le antecede; en otras palabras, el diseño 5% (1.00%), existe una pérdida significativa de fluidez en función al aumento de aditivo superplastificante. Estos hallazgos coinciden con lo que sostiene Pasquel (1998), quien señala que las sobredosificaciones de aditivo producen efectos negativos, tales como la segregación y la exudación; del mismo modo que, Alonso (2011), quien indica que el uso de concentraciones elevadas, llega hasta un punto de saturación donde no se logra el incremento de la fluidez, ocasionando una baja trabajabilidad e incluso una pérdida rápida de la misma.

En cuanto al diseño del 10% (1.35%), las mezclas evidenciaron tener acumulación de agregados y halos de mortero menores a 10 mm. Este resultado contradice a Diaz & Soberón (2019), quienes mencionan que con un diseño del 10% de microsíllice y 1.65% de aditivo superplastificante obtuvieron una mezcla estable con una extensión de flujo de 665 mm en 7.29 seg. Por su parte, Rabanal & Su (2017) da a conocer que con un diseño del 10% de microsíllice y 1.50% de aditivo superplastificante se adquiere una mezcla estable con una extensión de flujo de 715 mm en 5 seg. Ambos estudios afirman que con dosis superiores al 1.35% de aditivo superplastificante no existe algún tipo de inestabilidad en las mezclas, lo cual no significa que los resultados obtenidos para este diseño sean erróneos. Tomando en cuenta a Borralleras (2009), respalda que la dosis máxima de aditivo superplastificante determina el punto de saturación y esta cantidad queda definido cuando se desencadene efectos secundarios no deseados sobre la mezcla. En nuestro caso, para un diseño del 10% de microsíllice, queda establecido que la cantidad apropiada de aditivo superplastificante es del 1.25%, puesto que con esta concentración se consigue el máximo efecto dispersante.

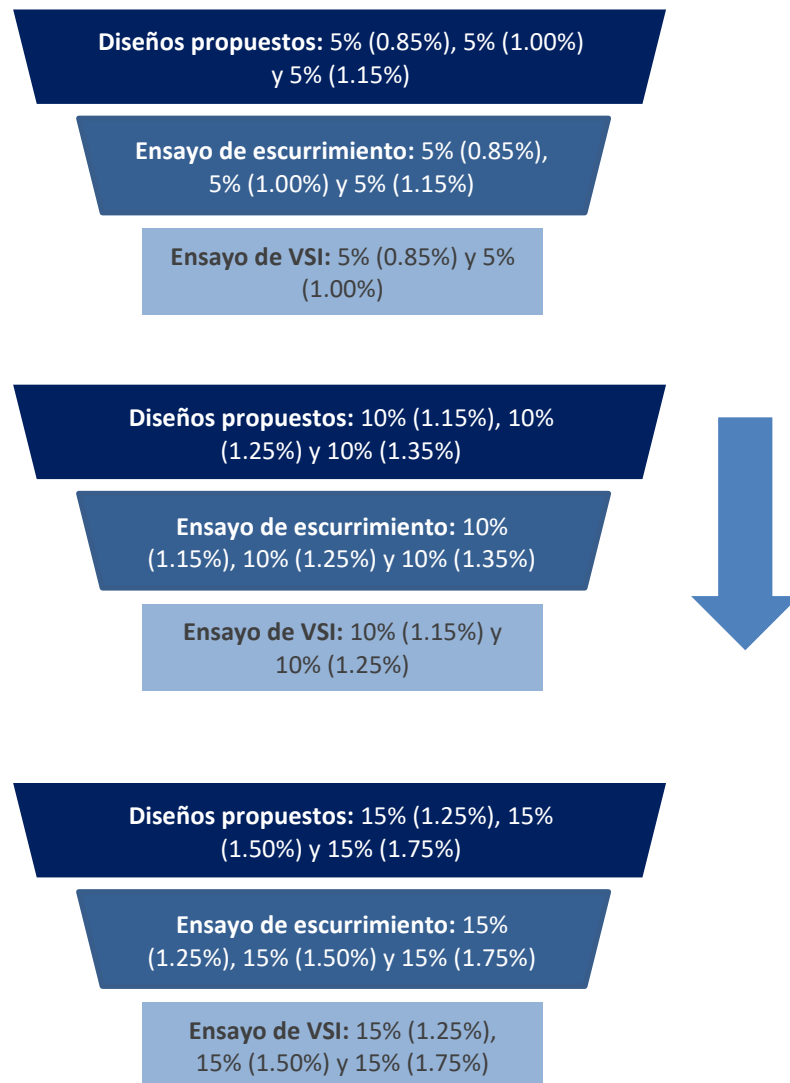
De igual forma, en relación al diseño del 10% (1.35%), se observa que valores de extensión de flujo no disminuyeron como se esperaba en comparación con el caso del 5% (1.15%), de hecho, se obtuvo un incremento sobre el diseño que le anticipa; es decir, el diseño 10% (1.25%). Este comportamiento se relaciona con la adición de microsíllice: un mayor contenido de finos produce que la mezcla mantenga su cohesividad y tenga una menor tendencia a la segregación (Rivva, 2012). Pese a esto, la mezcla no logra la estabilidad requerida según los criterios de la norma ASTM C1611.

Por lo que se puede afirmar, respecto al ensayo de escurrimiento y del índice de estabilidad visual, que los diseños del 5% (1.00%), 15% (1.75%) y 10% (1.25%) presentaron los resultados más óptimos de su grupo: extensibilidades de 734 mm en tiempos de 2.67 seg, de 689 mm en 4.10 seg y de 651 mm en 5.59 seg respectivamente. Aun así, se mantiene en consideración los diseños restantes que también obtuvieron características favorables en cuanto fluidez y estabilidad, a excepción de los casos del 5% (1.15%) y 10% (1.35%).

La figura N° 21 muestra, en síntesis, el procedimiento de selección para cada diseño de mezcla del 5%, 10% y 15% de microsíllice y sus respectivas dosificaciones de aditivo superplastificante, los cuales han sido evaluados a través del ensayo de escurrimiento e índice de estabilidad visual (VSI).



**Figura 21** Procedimiento de selección de diseños de mezclas – Ensayo de escurrimiento e índice de estabilidad visual (VSI)

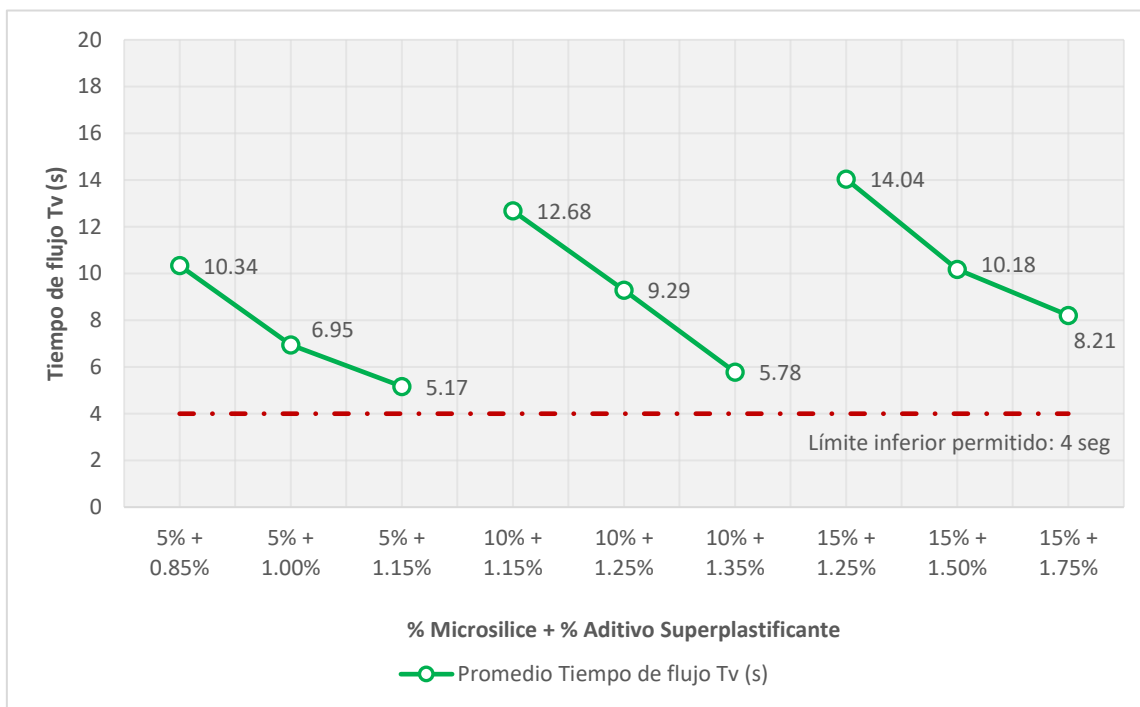


#### 4.1.5. Ensayo de Embudo en V

En la figura N° 22, se muestra el tiempo de flujo  $T_V$  de las mezclas de concreto antideslave elaboradas con microsíllice Sika Fume y aditivo superplastificante Sika ViscoCrete SC-50. Se puede observar que el tiempo  $T_V$  va disminuyendo conforme se incrementa la cantidad de aditivo, tal efecto evita el desarrollo de una mayor viscosidad en la mezcla debido al aumento simultáneo del contenido de la microsíllice. Esta afirmación es corroborada por Borralleras (2009), quien indica que los aditivos superplastificantes basados en policarboxilatos permiten elevadas reducciones de agua pero aportando, a su vez, un control moderado en la viscosidad del concreto que conlleva a la producción de mezclas estables y de fácil manejo (trabajable); sin

embargo, este efecto es contrarrestado con el incremento del contenido de la microsilíce, en otros términos, las mezclas se densifican por la generación de fracciones de pastas altamente cohesivas, provocando la fricción interna entre las partículas sólidas e impidiendo la fluidez del concreto (Grupo de Proyecto Europeo, 2006). Dicha afirmación también coincide con lo que sostienen Diaz & Soberón (2019), quienes señalan que al aumentar la cantidad de microsilíce, la mezcla disminuye su capacidad para fluir a través de espacios reducidos en sentido vertical (tiempo de flujo  $T_V$ ).

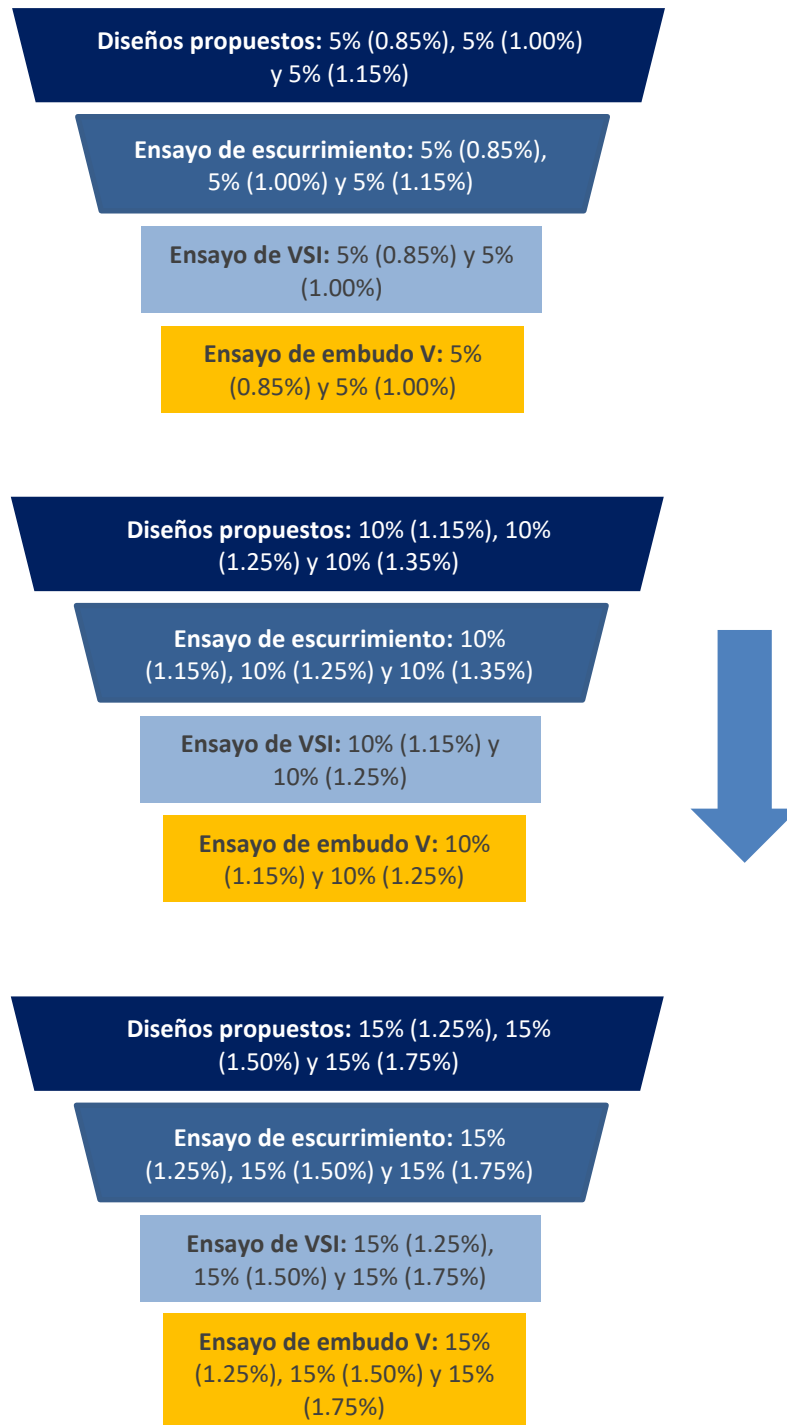
**Figura 22** Tiempo de flujo  $T_V$  del ensayo de Embudo en V



En cuanto a los resultados obtenidos, los tiempos de flujo  $T_V$  en todos los casos, cumplen con los requerimientos que especifica el Anejo 17 de la EHE-08, los cuales se encuentran dentro del rango permisible de 4 a 20 seg. Es necesario señalar que los diseños del 5% (1.15%), 10% (0.35%) y 15% (1.75%), destacan entre sus grupos por presentar tiempos de 5.17 seg, 5.78 seg y 8.21 seg respectivamente; a pesar de ello, algunos diseños, tales como el 5% (1.15%) y el 10% (1.35%), al no cumplir con los requisitos de estabilidad (escasa resistencia a la segregación) quedan descartados. Por lo tanto, se puede afirmar que los diseños del 5% (1.00%), 10% (1.25%) y 15% (1.75%) demostraron tener la viscosidad más baja de su grupo: tiempos de 6.95 seg, 9.29 y 8.21 seg respectivamente; asimismo, se sigue teniendo en consideración los diseños restantes que también obtuvieron datos satisfactorios respecto a fluidez, estabilidad y viscosidad.

La figura N° 23 muestra, en breve, el procedimiento de selección para los diseños de mezclas del 5%, 10% y 15% de microsíllice y sus respectivas concentraciones de aditivo superplastificante, los cuales han sido evaluados a través de los ensayos previamente mencionados y del ensayo embudo en V.

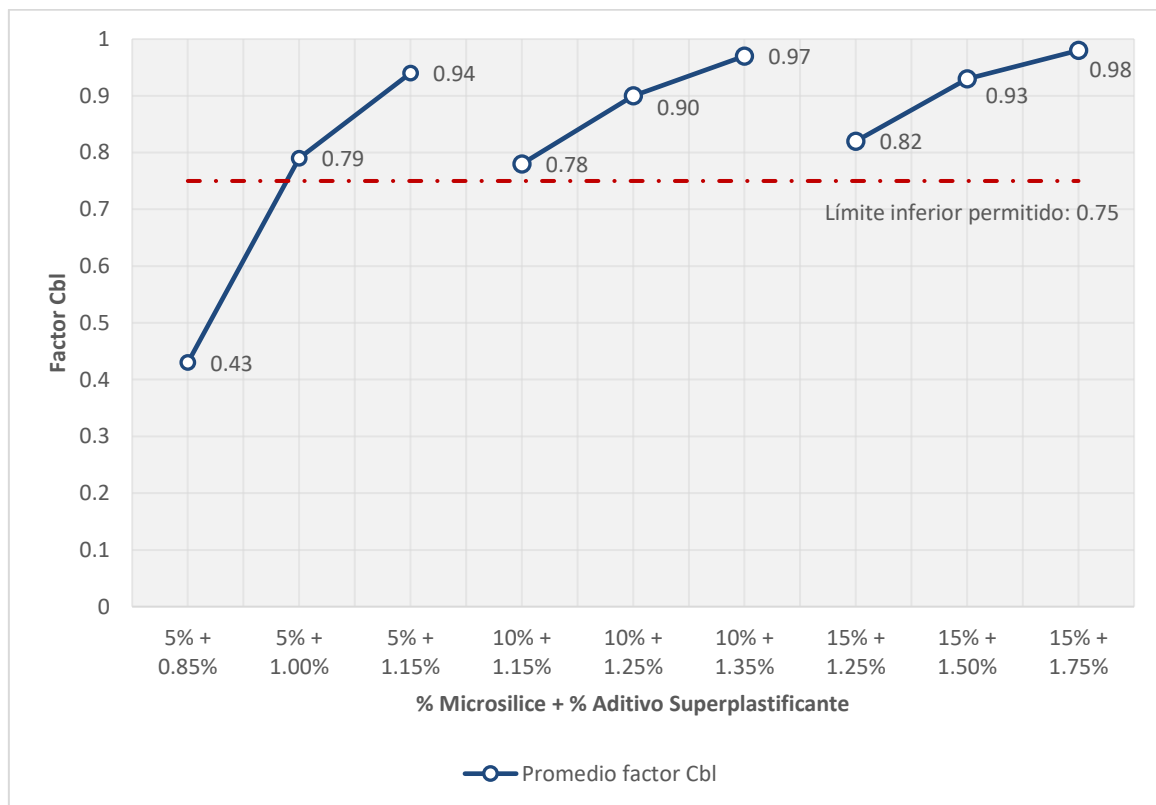
**Figura 23** Procedimiento de selección de diseños de mezclas - Ensayo de embudo en V



#### 4.1.6. Ensayo de Caja en L

La figura N° 24 muestra el factor  $C_{bL}$  (coeficiente de bloqueo) de las mezclas de concreto antideslave elaboradas con microsíllice Sika Fume y aditivo superplastificante Sika ViscoCrete SC-50. En ello se puede observar que las mezclas con mayor concentración de aditivo superplastificante experimentan un aumento en su capacidad de paso, logrando una mayor fluidez en la mezcla sin indicios de bloqueo. Esta afirmación guarda relación con lo que especifica el EFNARC (2002), cuanto más cerca esté el valor de este ensayo a la unidad, mayor será el flujo del concreto.

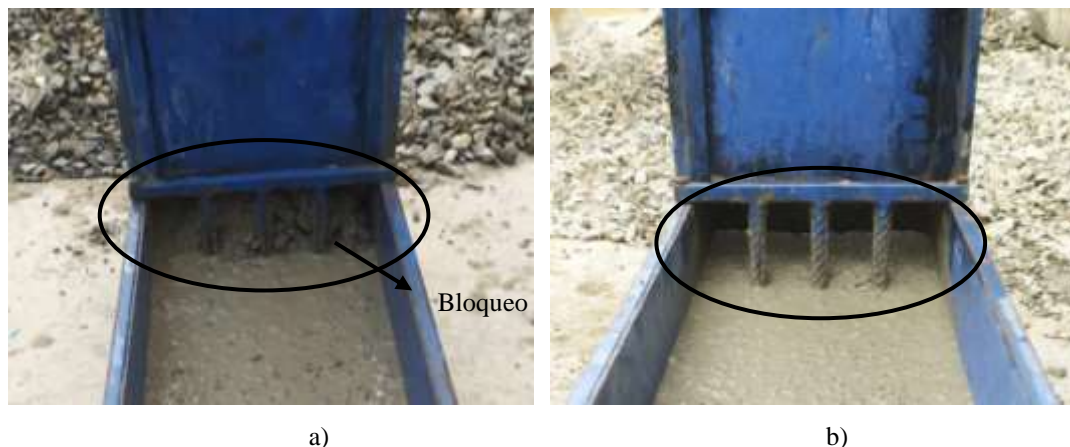
**Figura 24** Factor  $C_{bL}$  (coeficiente de bloqueo) del ensayo de Caja en L



Además, se puede observar que el factor  $C_{bL}$  en casi todos los casos cumplen con lo establecido por el Anejo 17 de la EHE-08, con valores comprendidos entre 0.75 y 1. En cambio, se aprecia que el diseño del 5% (0.85%) obtuvo un coeficiente de 0.43, valor que está por debajo de los límites del parámetro; por lo que esta mezcla es rechazada debido a su poca resistencia al bloqueo. Esto se verifica en la figura N° 25, donde se puede apreciar que los agregados gruesos quedaron obstruidos entre las armaduras del equipo de caja en L, según estudios como Diaz & Soberón (2019) menciona que, si una mezcla presenta un alto contenido de microsíllice, se ve en la necesidad de incorporar mayores concentraciones de aditivo superplastificante para que su coeficiente de

bloqueo no disminuya. Por lo anterior expuesto, se puede determinar que para un diseño del 5% de microsilíce (donde se tiene una alta demanda de finos) la dosis del 0.85% de aditivo no fue lo suficientemente adecuado para alcanzar una buena capacidad de paso.

**Figura 25** Ensayo de caja en L. a) Diseño del 5% (0.85%); b) Diseño del 15% (1.75%)

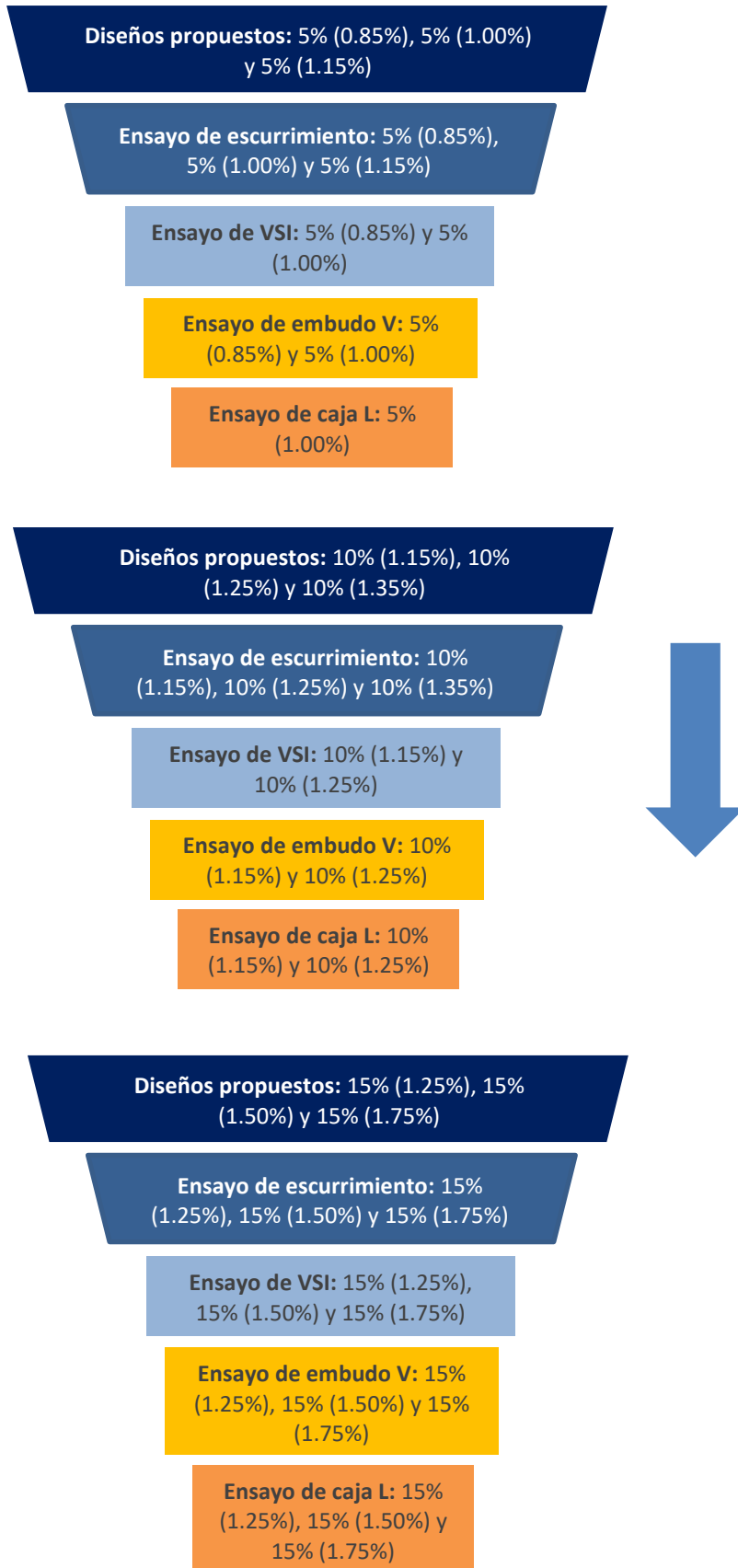


Respecto a los diseños del 10% (1.15%) y 10% (1.25%), se lograron coeficientes de 0.78 y 0.90 correspondientemente, similares a los conseguidos por Diaz & Soberón (2019), quienes alcanzaron un factor de 0.78 con un diseño del 10% de microsilíce y 1.65% de aditivo superplastificante; de la misma forma que Rabanal & Su (2017), quienes señalan que con un diseño del 10% de microsilíce y 1.50% de aditivo superplastificante lograron un cociente de 0.90. En este caso, se estaría constatando que para diseños del 10% de microsilíce, se adquieren mezclas resistentes al bloqueo hasta con dosis del 1.25% de aditivo.

De los resultados obtenidos, los diseños del 15% (1.75%), 10% (1.35%) y 5% (1.15%) evidenciaron ser los más favorables de su grupo con factores de bloqueo de 0.98, 0.97 y 0.94 respectivamente; hay que resaltar que los diseños del 10% (1.35%) y el 5% (1.15%) no cumplieron previamente con los criterios de estabilidad (baja resistencia a la segregación), por lo que son rechazados. Así pues, se afirma que los diseños del 15% (1.75%), 10% (1.25%) y 5% (1.00%) demostraron tener la mejor capacidad de paso de sus grupos; de igual modo, se conserva aquellos diseños que también obtuvieron valores satisfactorios respecto a fluidez, estabilidad, viscosidad y capacidad de paso.

La figura N° 26 muestra, en resumen, el procedimiento de selección para cada grupo de diseño de mezcla del 5%, 10% y 15% de microsilíce y sus respectivas dosis de aditivo superplastificante, los cuales han sido evaluados mediante los ensayos previamente mencionados y del ensayo de caja en L.

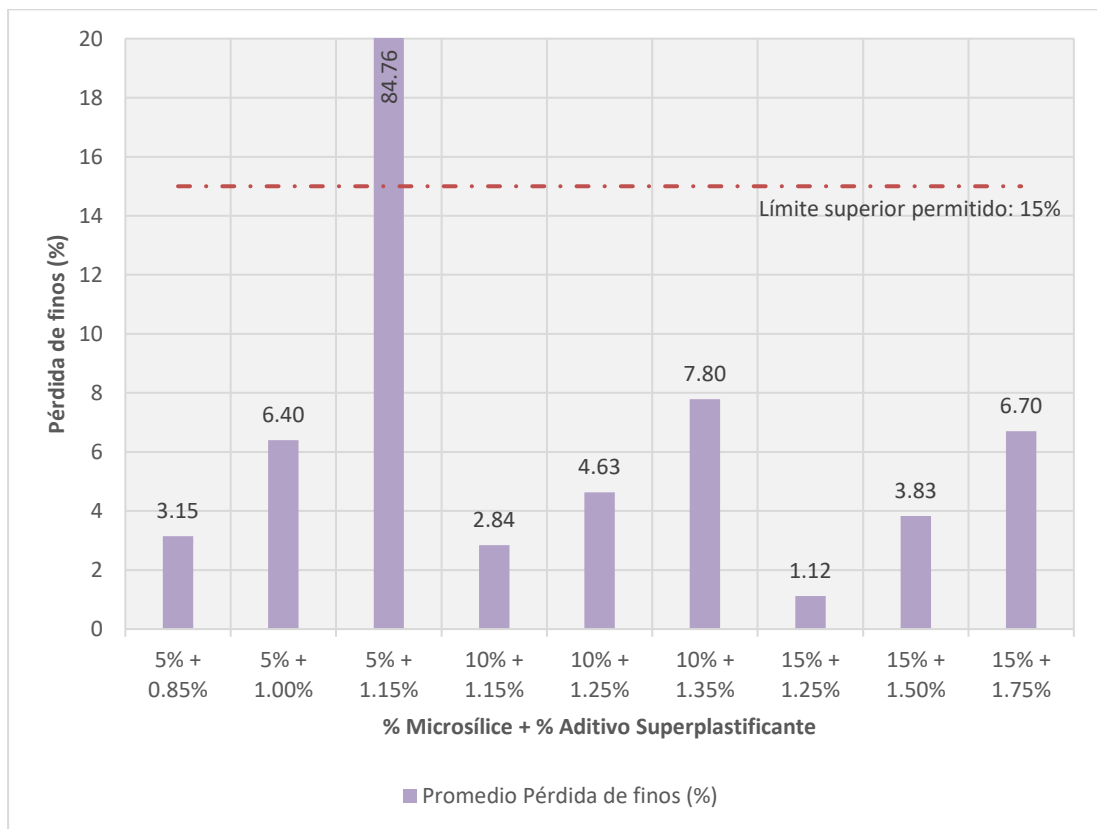
**Figura 26** Procedimiento de selección de diseños de mezclas - Ensayo de caja en L



#### 4.1.7. Ensayo de Pérdida de finos

En la figura N° 27, se muestra la pérdida de finos (%) de las mezclas de concreto antideslave elaboradas con microsíllice Sika Fume y aditivo superplastificante Sika ViscoCrete SC-50. Los resultados demuestran que existe una relación directa entre el porcentaje de pérdida de finos y el equilibrio entre el contenido de adición mineral (microsíllice) y aditivo (superplastificante), en donde se puede apreciar que las mezclas con mayor contenido de microsíllice manifiestan un incremento en su resistencia a la pérdida de finos, esto se debe a que la microsíllice, por ser un material muy fino (filler), incrementa la cohesividad de las fracciones de pasta de la mezcla y, a su vez, aumenta la viscosidad (Pérez, 2008); por otra parte, se puede apreciar que, cuanto mayor es la concentración de aditivo superplastificante para adquirir mejores propiedades autocompactantes, mayor es el riesgo de reducir su resistencia al deslave. Esta afirmación es amparada por Rochna (2003), quien sostiene que cuanto mayor es la dosis de aditivo superplastificante, mayor es la pérdida de finos que sufre la mezcla.

**Figura 27** Pérdida de finos de una mezcla fresca de concreto antideslave



**Figura 28** Aspecto de las muestras de concreto antideslave ensayados por la norma CRD-C 61-89A

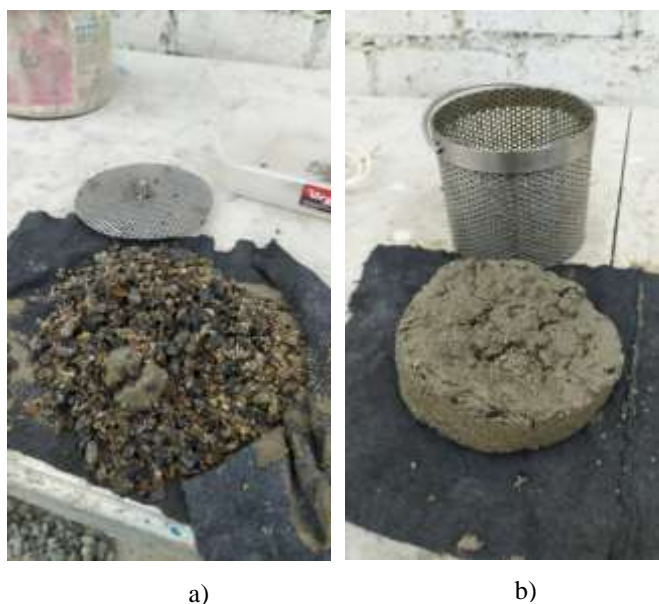


El porcentaje de pérdida de masa inicial, en la mayoría de casos, cumplen con los límites permisibles de la norma CRD-C 61-89A, los cuales están por debajo del 15% de lavado; no obstante, de la figura N° 27 se aprecia que el diseño del 5% (1.15%) obtuvo un valor de 84.76%, de modo que esta mezcla no es aceptada debido a su baja resistencia al deslave. Este efecto también puede verse reflejado en la figura N° 28 y en la figura N° 29, donde se observa que el material cementante quedó completamente lavado, exponiendo así al agregado fino en el centro y al agregado grueso en su alrededor. Según Diaz & Soberón (2019), indica que una mezcla con bajo contenido de microsíllice, como es el caso del 6% de microsíllice, es más propenso a lavarse a comparación de los diseños donde se tenga un mayor contenido de microsíllice, es decir, del 10% y 16% de microsíllice.



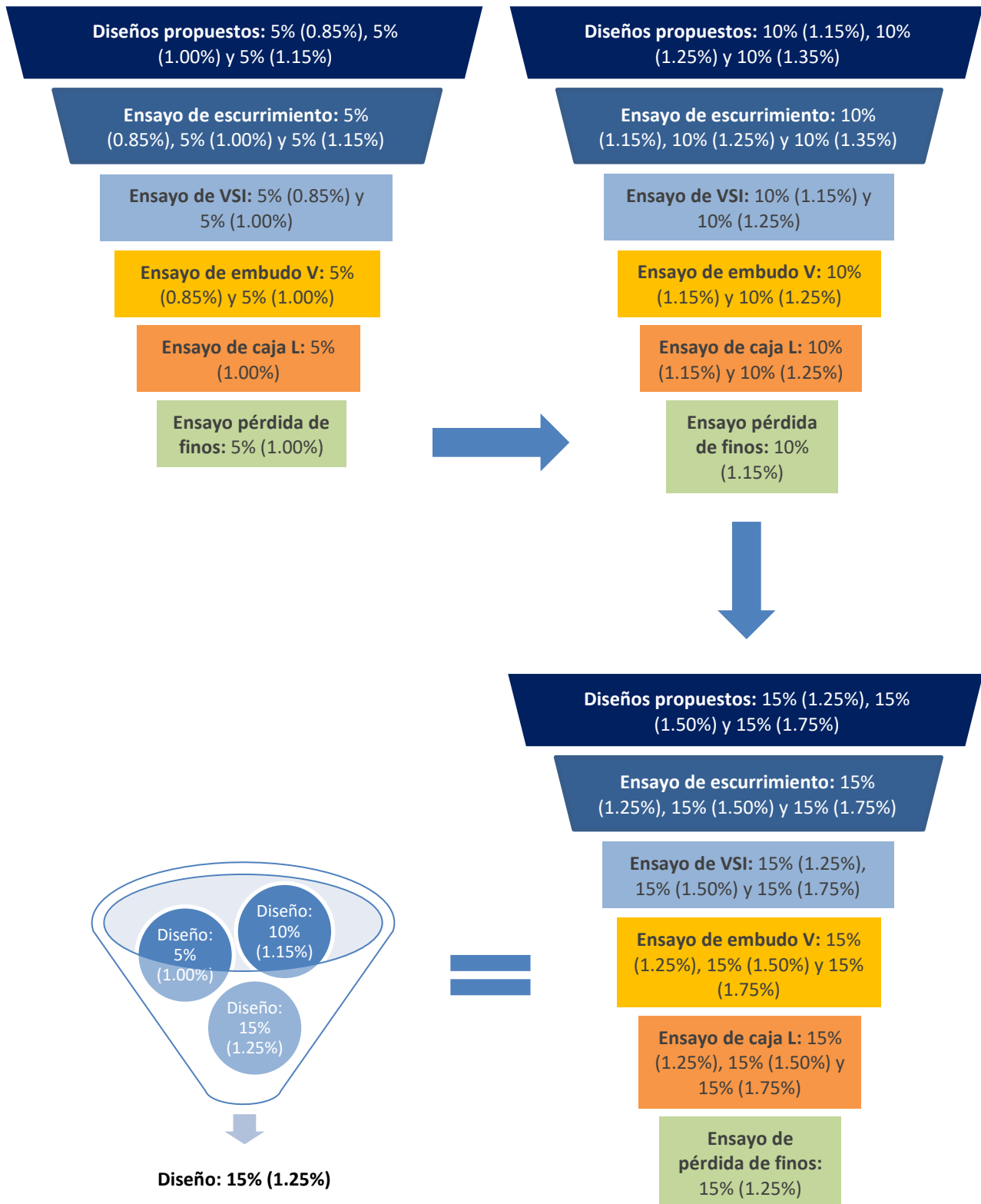
En relación a los resultados obtenidos, los diseños del 15% (1.25%), 10% (1.15%) y 5% (0.85%) demostraron ser los más efectivos de sus grupos con porcentajes de pérdida de finos del 1.12%, 2.84% y 3.15% respectivamente. Por consiguiente, se puede afirmar que el diseño más óptimo y resistente al lavado es del 15% (1.25%), en vista de haber obtenido también las características necesarias para ser considerado como autocompactante (adecuada fluidez, alta estabilidad, moderada viscosidad y buena capacidad de paso).

**Figura 29** *Ensayo de pérdida de finos. a) Diseño del 5% (1.15%); b) Diseño del 15% (1.25%)*



En la figura N° 30 se muestra, a modo de resumen, el procedimiento de selección final para cada grupo de diseño de mezcla del 5%, 10% y 15% de microsíllice y sus respectivas dosificaciones de aditivo superplastificante, los cuales han sido evaluados a través de ensayos de autocompactabilidad y del ensayo de pérdida de finos.

**Figura 30** Procedimiento de selección de diseños de mezclas – Ensayo de pérdida de finos



#### 4.1.8. Método Tremie

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2019) expresa en la norma E.060 que, si el agua libre no puede ser retirada del lugar, se puede emplear un tubo para la colocación de concreto bajo el agua. Haciendo referencia al uso del método tremie como una técnica de colocación para reducir el lavado de la mezcla. Es por ello que se aplicó el presente método para determinar la efectividad de las mezclas diseñadas con microsíllice Sika Fume y aditivo superplastificante Sika ViscoCrete SC-50.

En primer lugar, se evaluó el grupo de los diseños con el 5% de microsíllice y sus respectivas dosis de aditivo superplastificante; en general, las mezclas demostraron tener un significativo lavado de sus componentes finos y, al mismo tiempo, se pudo apreciar una baja visibilidad en el entorno del recipiente producto de la turbiedad; de manera similar, ocurrió con el segundo grupo de los diseños del 10% de microsíllice y sus respectivas dosis de aditivo, pero en menor grado. En ambos grupos tanto el 5% como el 10% de microsíllice, cumplieron con el ensayo de pérdida de finos a excepción del 5% (1.15%). Si bien se pudo observar un desempeño distinto a lo esperado por el método tremie, esto puede deberse a dos factores: la posición del tubo y el contenido de microsíllice añadido.

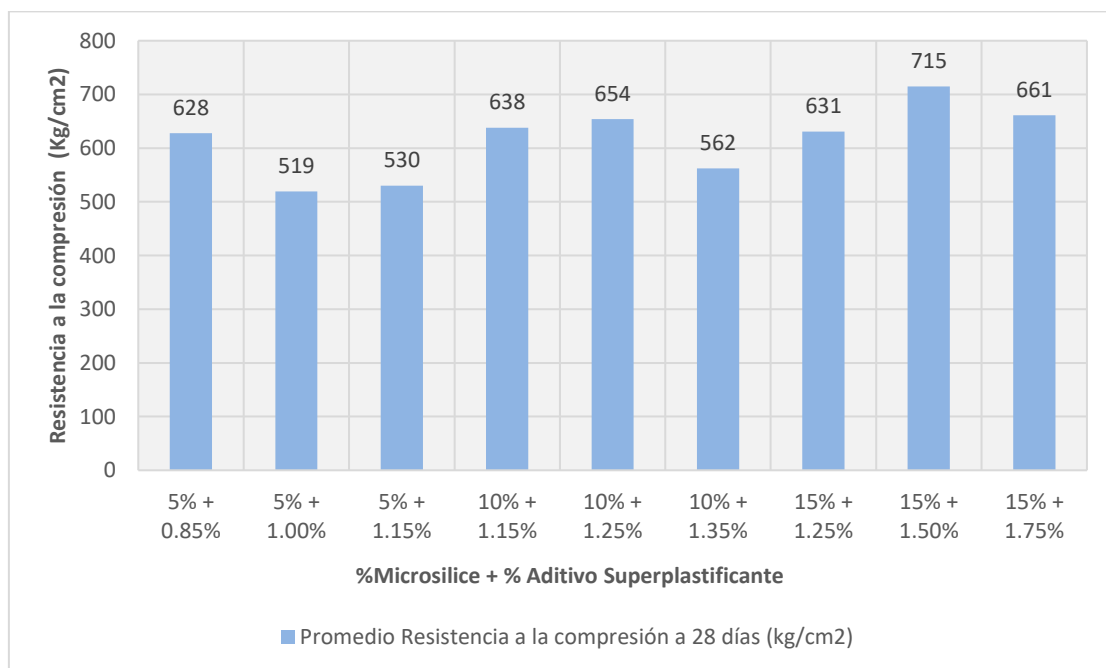
Cuando se realizó la colocación del concreto por el método tremie, se sufre una caída libre en vertical de un metro, haciendo que la mezcla se deposite de manera brusca y discontinua. Si esto sucede, la mezcla es susceptible a la segregación de sus componentes y a la filtración del agua exterior en la mezcla (Grupo de Trabajo Conjunto EFFF/DFI para el Hormigón, 2018). Tal descripción coincide también con lo adquirido por Díaz & Soberón (2019), quienes describen que para los diseños del 6% y 10% de microsíllice, se evidenció lavados significativos y moderados por el método tremie, a pesar de haber obtenido pérdidas del 4.46% y 2.75% respectivamente.

En cuanto a los diseños del 15% de microsíllice y sus respectivas dosis de aditivo, se pudo observar que al inicio las mezclas sufrieron un ligero lavado, pero, conforme se fue colocando, se pudo tener una mejor noción de su capacidad autocompactante ya que no afectó mucho la visibilidad del recipiente. En consecuencia, por motivos prácticos, para el uso del método tremie se sugiere inclinar ligeramente el tubo con el fin de amortiguar la caída y también que la descarga sea continua; asimismo, que el contenido de microsíllice a considerar sea mayor o igual al 15% para evitar el riesgo de la segregación y filtración de las mezclas al momento de su colocación.

#### 4.1.9. Ensayo de Resistencia a la Compresión

La figura N° 31 muestra la resistencia a la compresión de las probetas cilíndricas de concreto antideslave elaboradas con microsilíce Sika Fume y aditivo superplastificante Sika ViscoCrete SC-50. Se puede observar que, a medida que se aumenta la cantidad de microsilíce la resistencia a la compresión incrementa, logrando así una resistencia máxima de 715 kg/cm<sup>2</sup> con el diseño del 15% (1.50%), resultado que se obtuvo a 28 días, considerando que a esta edad de curado el concreto alcanza el 100% de su resistencia a la compresión. Estos hallazgos guardan relación con lo hallado por Diaz & Soberón (2019), quienes concluyen que la máxima resistencia a la compresión obtenida en todas las edades de rotura fue con la proporción del 14% de adicción de microsilíce a 28 días, cuyo valor alcanza a 656.22 kg/cm<sup>2</sup>; del mismo modo, Cotrina (2018), refiere que para obtener una mayor resistencia a la compresión se debe emplear ambos materiales: aditivo superplastificante y microsilíce, debido a que por sí solo, no logran presentar un incremento considerable en comparación al diseño donde se mezclan estos dos materiales. Además, la norma ACI 318-19, indica que el concreto debe presentar a los 28 días de curado, una resistencia a la compresión de 31 MPa., como mínimo para una relación (a/mc) de 0.45, por lo tanto, se puede apreciar que todos los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión cumplen con lo exigido.

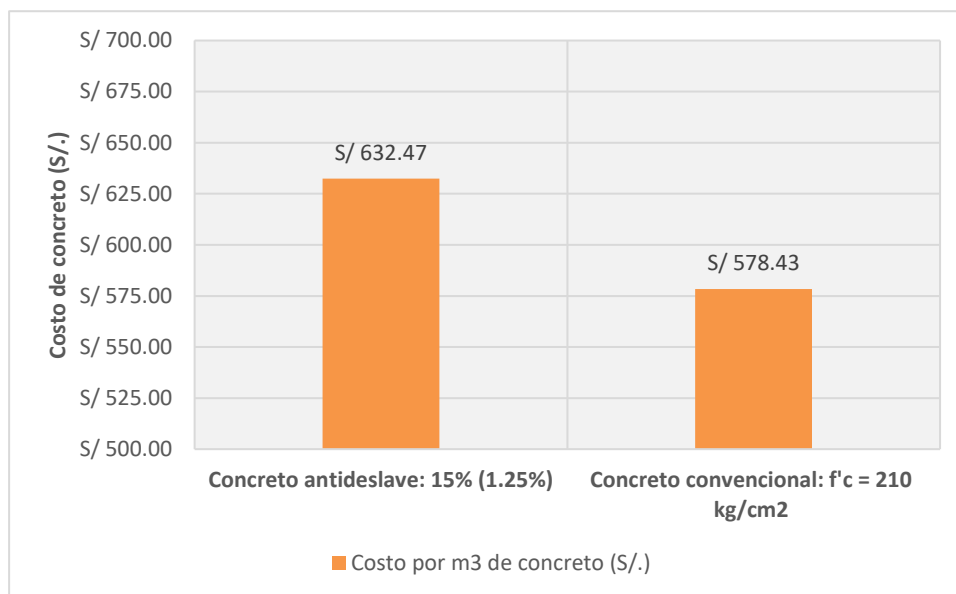
**Figura 31** Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas a 28 días



#### 4.1.10. Análisis de costos

Luego de realizar los ensayos en estado fresco y endurecido, se hizo un análisis de costos (apéndice C). Para esta investigación se determinó el costo unitario por metro cúbico ( $m^3$ ) de concreto antideslave con la mejor dosificación propuesta, es decir, con el 15% de microsílíce Sika Fume y 1.25% de aditivo superplastificante Sika ViscoCrete SC-50, frente a un concreto convencional de  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$  para el vaciado de una zapata.

**Figura 32** Costo por  $m^3$  de un concreto antideslave vs concreto convencional en zapata



En la figura N° 32, se puede observar que el concreto antideslave es más costoso por el uso de adición mineral (microsílíce) y aditivo (superplastificante) frente a un concreto convencional, sin embargo, las ventajas del concreto antideslave están enfocadas en el rendimiento de obra debido a su mayor facilidad de vaciado, por su acomodo sin necesidad de vibración externa y su alta fluidez.

#### 4.1.11. Limitaciones

- ✓ La principal limitación que se tuvo en la presente investigación fue la falta de equipos y/o materiales para la ejecución de algunos ensayos como el anillo en J o el propósito de conseguir el tubo acrílico transparente para el ensayo de pérdida de finos. Por lo tanto, se tuvo que realizar ensayos conforme al equipamiento del laboratorio particular, debido a la difícil situación (pandemia) que estuvo atravesando el país y el mundo, asimismo, se tuvo que emplear materiales que estaban disponibles en el mercado local (Trujillo).
- ✓ La escasa investigación e información bibliográfica sobre la influencia de la adición del microsíllice y del aditivo superplastificante en las propiedades del concreto antideslave a nivel nacional, por lo que se tuvo que recurrir a tesis y artículos internaciones.
- ✓ La limitada orientación técnica de normativas nacionales sobre el concreto antideslave.
- ✓ Esta investigación solo se enfoca para un concreto antideslave en zapatas.
- ✓ En la evaluación de las propiedades en estado endurecido del concreto antideslave, solo se estudió su resistencia a la compresión.

## 4.2 Conclusiones

En esta tesis se determinó que la adición de microsíllice y del aditivo superplastificante influyen positivamente en las propiedades del concreto antideslave, mejorando así su comportamiento autocompactante, su resistencia a la pérdida de finos y su resistencia a la compresión.

Se caracterizó los agregados según la NTP para la elaboración de los diseños de mezcla. Para el agregado fino se obtuvo un módulo de finura de 3.0, una humedad de 0.7%, un peso unitario suelto de 1610 kg/m<sup>3</sup>, un peso unitario compactado de 1800 kg/m<sup>3</sup>, un peso específico de 2650 kg/m<sup>3</sup> y una absorción de 1.1%. En tanto, el agregado grueso tuvo un TMN de 3/8", una humedad de 0.5%, un peso unitario suelto y compactado de 1320 kg/m<sup>3</sup> y 1440 kg/m<sup>3</sup> respectivamente, un peso específico de 2620 kg/m<sup>3</sup> y una absorción de 1.5%.

Se realizó nueve diseños de mezcla para un concreto antideslave bajo la metodología del ACI 237R-07: tres diseños adicionando porcentajes del 5% de microsíllice con el 0.85%, 1.00% y 1.15% de aditivo superplastificante; tres diseños del 10% de microsíllice con 1.15%, 1.25% y 1.35% de aditivo superplastificante, y tres diseños del 15% de microsíllice con 1.25%, 1.50% y 1.75% de aditivo superplastificante.

Se evaluó el cumplimiento de las propiedades del concreto antideslave en su estado fresco, tales como capacidad de llenado, capacidad de paso, viscosidad, resistencia a la segregación y resistencia a la pérdida de finos según las normas ASTM, UNE y CRD-C.

Se describió el comportamiento del concreto antideslave en su colocación bajo el agua mediante el método tremie, de modo que se pudo determinar la efectividad de la adición de microsíllice y del aditivo superplastificante.

Se evaluó a ensayos de resistencia a la compresión las probetas cilíndricas de concreto antideslave para edades de 7, 28 y 56 días de curado, logrando alcanzar resistencias máximas de 495 kg/cm<sup>2</sup>, 715 kg/cm<sup>2</sup> y 854 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Se determinó que la dosificación del 15% de microsíllice con el 1.25% de aditivo superplastificante es la más óptima en vista de tener mezclas muy resistentes a la pérdida de finos con porcentajes del 1.12%, de obtener excelentes propiedades autocompactantes (adecuada fluidez, buena capacidad de paso, moderada viscosidad y

una alta estabilidad), así como también, de conseguir una gran resistencia a la compresión de  $631 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días de curado.

Se analizó los costos de producción del diseño más óptimo del concreto antideslave frente al concreto convencional, obteniéndose una diferencia de S/. 54.04 por cada  $\text{m}^3$  de concreto antideslave elaborado.

### 4.3 Recomendaciones

- ✓ Para futuras investigaciones se recomienda realizar comparaciones con distintos tipos de cemento portland, a fin de comprobar su influencia sobre las propiedades del concreto antideslave.
- ✓ Evaluar la capacidad de paso de las mezclas de concreto antideslave por medio del ensayo de anillo en J de la norma UNE 83362.
- ✓ Realizar comparaciones entre la efectividad de diferentes marcas de microsílíce y aditivo superplastificante, tales como Z Aditivos, Chema, Master Builders Solutions, entre otros, sobre las propiedades de un concreto antideslave.
- ✓ Determinar el tiempo de fraguado que presenta las mezclas de concreto antideslave por resistencia a la penetración, a través de la norma ASTM C403.
- ✓ Realizar comparaciones entre diseños de mezclas de concreto antideslave con relaciones de agua/material cementicio menor a 0,45.
- ✓ Determinar el contenido de aire que poseen las mezclas de concreto antideslave por el método de presión, mediante la norma ASTM C231.
- ✓ Evaluar la resistencia a la pérdida de finos con porcentajes de adición superior al 15% de microsílíce respecto al peso de cemento.
- ✓ Realizar estudios sobre la influencia que tiene la nanosílíce y/o mezclas binarias con microsílíce en las propiedades de un concreto antideslave.
- ✓ Añadir un tercer aditivo, el aditivo antilavado (anti-washout) en base a celulosa, con el objetivo de aumentar la viscosidad y, por ende, mejorar la resistencia a la pérdida de finos; asimismo, verificar si sus propiedades autocompactantes se ven afectadas.
- ✓ Realizar comparaciones entre los porcentajes de lavado que se consiguen del ensayo CRD C-61 con los que se obtienen de la prueba japonesa del factor pH.



## REFERENCIAS

- Abanto, T. F. (2017). *Tecnología del concreto* (3ª ed.). Editorial San Marcos.
- American Concrete Institute. (1991). *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete* (ACI 211.1-91).
- American Concrete Institute. (2007). *Self-Consolidating Concrete* (ACI 237R-07).
- American Concrete Institute. (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete* (ACI 318-19).
- American Psychological Association. (2020). *Publication Manual of the American Psychological Association: The Official Guide to APA Style* (7ª ed.). <https://bit.ly/APA7ed>
- Arrieta, R. K., & Medina, D. E. (2019). *Optimización del diseño de mezclas de concreto de alto desempeño utilizando materiales de procedencia nacional* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Digital de Tesis y Trabajos de Investigación PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/14552>
- Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural. (2010). *Manual de tecnología de aditivos para hormigón*. ACHE.
- Asocreto (2015). Alta ingeniería para retos de construcción bajo agua: concreto antideslave. *Construcción y tecnología en concreto*, (50), 32-36. <http://www.revistacyt.com.mx/index.php/tecnologia/533-alta-ingenieria-para-retos-de-construccion-bajo-agua-concreto-antideslave>
- ASTM International. (2009). *Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete* (ASTM C1611).
- ASTM International. (2010). *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete* (ASTM C494).
- ASTM International. (2018). *Standard Specification for Concrete Aggregates* (ASTM C33).
- Balzamo, H., Bascoy, D. A., Bonavetti, V., Cabrera, O. A., Carrasco, A. F., Clariá, M. A., Di Maio, A. A., Eperjesi, L., Checmarew, R. L., Fornasier, G., Irassar, E. F., López, R., Maldonado, N. G., Oshiro, A., Rahhal, V., Sota, J. D., Traversa, L. P., Zega, C. J., & Zerbino, R. L. (2012). *Ese material llamado hormigón*. Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón.

- Benavides, R. J. (2014). *Concreto de Alto Desempeño* [Tesis de maestría, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito].
- Benites, C. M. (2011). *Concreto (hormigón) con cemento Pórtland Puzolánico tipo IP Atlas de resistencias tempranas con la tecnología SIKA Viscocrete 20HE* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio URP. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/93>
- Bernardo, H., Vicente, M. A., Gonzáles, D., & Martínez, J. F. (2016). Efecto de las cargas cíclicas sobre la adherencia hormigón-acero en hormigones sumergidos. *Hormigón y Acero*, 67(278-279), 43-48. <https://doi.org/10.1016/j.hya.2016.04.006>
- Borralleras, P. (2009). Nuevas tendencias en aditivos para hormigón. *Nanotecnología en el hormigón y hormigón autocompactante*, 13-30. [https://www.researchgate.net/publication/47400240\\_Nanotecnologia\\_en\\_el\\_hormigon\\_y\\_hormigones\\_autocompactantes](https://www.researchgate.net/publication/47400240_Nanotecnologia_en_el_hormigon_y_hormigones_autocompactantes)
- British Standard. (2005). *Specification for establishing the suitability of special purpose concrete admixtures* (BS 8443:2005).
- Cabanillas, H. H. (2020). *Concreto de alta resistencia, utilizando nanosílice y superplastificante* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3726>
- Carrasco, L. A., & Martínez, D. G. (2019). *Determinación del porcentaje óptimo de escoria de acerías en la mejora de la resistencia a la compresión y al ataque de cloruros del concreto de alto desempeño* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio UNT. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12740>
- CEMEX. (2016). Dos cimentaciones extremas en Colombia: concreto bajo agua y concreto que arde. *Noticreto*, (138), 36-45.
- CEMEX. (2018). *Marcas de concreto: Ingenia*. <https://www.cemexmexico.com/productos/concreto/marcas-de-concretos/ingenia>
- Chavarry, G. (2018). *Elaboración de concreto de alta resistencia incorporando partículas residuales del chancado de piedra de la Cantera Talambo, Chapén* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio de tesis DSpace. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/1340>

- Checmarew, L. (2010). *Hormigones con aditivos hiperfluidificantes para uso vial*. Asociación Argentina del Hormigón Elaborado. <https://hormigonelaborado.com/hormigones-con-aditivos-hiperfluidificantes-para-uso-vial/>
- Comisión Permanente del Hormigón. (2008). *Instrucción de Hormigón Estructural. EHE 08. Anejo 17 – Recomendaciones para la utilización de hormigón autocompactante* (Anejo 17).
- Concremack. (2020). *Tecnología del concreto*. <https://www.concremack.com/tecnologia-del-concreto>
- Córdova, J. A., & Gracia, J. A. (2007). *Comportamiento de mezclas de concreto con nanosílica* [Tesis de pregrado, Universidad de Sonora]. <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/15014/Capitulo3.pdf>
- Cotrina, N. E. (2018). *Comportamiento mecánico del concreto de alta resistencia de  $f'c = 450$   $kg/cm^2$  con aditivo superplastificante Sikament®-290N y adición mineral Sika®Fume* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1979>
- Cruz, S. (2017). *Concreto de alto desempeño con reemplazo parcial del cemento por Microsílice utilizando Aditivo superplastificante en la Región de Puno* [Tesis de pregrado, Universidad Andina Nestor Cáceres Velasquez]. Repositorio de tesis DSpace. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/1468>
- Díaz, J., & Soberón, J. L. (2019). *Concreto antideslave con incorporación de aditivos para vaciado en estructuras bajo nivel freático alto – Distrito de Jaén* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio institucional UNJ. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/206>
- EFNARC. (2002). *Especificaciones y directrices para el Hormigón autocompactable - HAC*. Association House, 99 West Street, Farnham, Surrey GU9 7EN, UK.
- Espinosa, I. (2015). *Evaluación del comportamiento reológico y de la cinética de hidratación de las pastas de cemento con mezclas de aditivos MEF 32 y SX-32* [Tesis de pregrado, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas]. Repositorio Institucional UCLV. <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/4464>
- Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. (2009). *Colocación de hormigón bajo agua por el procedimiento tremie*. <http://materias.fi.uba.ar/7411/curso/TP2/teoria/tremie.pdf>

- Fernández, M. (2013). *Hormigón* (10ª ed.). Ibergarceta Publicaciones.
- García, G. (2011). *Estudio del proceso de hidratación de pastas de cemento portland reemplazadas con escoria granulada de alto horno, ceniza volante y metacaolín, utilizando dos aditivos superplastificantes* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Repositorio Académico Digital. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/2416>
- García, L. G. (2018). *Concreto de alto desempeño utilizando hormigón con adición de microsílíce y superplastificante en la ciudad de Huancayo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/4908>
- GCP Applied Technologies. (2018). *Uso de V-MAR® 3 (Aditivo Modificador de Reología) para Instalar Concreto Sumergido*. <https://gcpat.mx/es-la/solutions/products/v-mar-admixtures/uso-de-v-mar-3-aditivo-modificador-de-reolog-a-para-instalar>
- Giovambattista, A. (2011). *Hormigón: materiales, vida útil y criterios de conformidad y su consideración en el reglamento Cirsoc 201 - 2005*. Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- Gómez, R. J. (2017). *Resistencia a compresión axial de un concreto  $F'C = 210 \text{ kg/cm}^2$  con incorporación de aditivo anti – deslave* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <http://hdl.handle.net/11537/13818>
- Grupo de Proyecto Europeo. (2006). *Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante*.
- Grupo de Trabajo Conjunto EFFC/DFI para el Hormigón. (2018). *Guía del hormigón tremie en cimentaciones profundas* (2ª ed.). Asociación de Empresas de la Tecnología del Suelo y Subsuelo.
- Guevara, G., Hidalgo, C., Pizarro, M., Rodríguez, I., Rojas, L., & Segura, G. (2012). Efecto de la variación agua/cemento en el concreto. *Tecnología en marcha*, 25(2), 80-86. <https://doi.org/10.18845/tm.v25i2.1632>
- Gutiérrez, L. (2013). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.
- Harmesen, T. E. (2017). *Diseño de estructuras de concreto armado* (5ª ed.). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Hidalgo, A. (2018). *Evaluación comparativa de propiedades de concretos sin adiciones minerales frente a concretos con adiciones de Filler calizo en diferentes proporciones*

- [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villareal]. Repositorio Institucional UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/1904>
- Hirsch, A. (2019). Valores de la ética de la investigación en opinión de académicos de posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México. *Revista de la Educación Superior*, 48(192), 49-66. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-27602019000400049](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-27602019000400049)
- INDECOPI. (2006). *AGREGADOS. Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo* (NTP 400.043:2006).
- INDECOPI. (2006). *HORMIGON (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos* (NTP 339.088:2006).
- INDECOPI. (2008). *HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)* (NTP 339.046:2008).
- INDECOPI. (2011). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y los vacíos en los agregados* (NTP 400.017:2011).
- INDECOPI. (2013). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global* (NTP 400.012:2013).
- INDECOPI. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado* (NTP 339.185:2013).
- INDECOPI. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y la absorción del agregado grueso* (NTP 400.021:2013).
- INDECOPI. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y la absorción del agregado fino* (NTP 400.022:2013).
- INDECOPI. (2013). *CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos* (NTP 334.009:2013).
- INDECOPI. (2013). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto* (NTP 339.184:2013).
- INDECOPI. (2013). *CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio* (NTP 339.183:2013).

- INDECOPI. (2014). *AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto* (NTP 400.037:2014).
- INDECOPI. (2015). *CONCRETO. Práctica normalizada para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas* (NTP 339.034:2015).
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, C., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Portland Cement Association.
- López, M. A. (2011). *Comportamiento y compatibilidad de cementos y aditivo superplastificantes basados en policarboxilatos. Efecto de la naturaleza de los cementos y estructura de los aditivos* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Madrid]. Repositorio Institucional UAM. <http://hdl.handle.net/10486/6698>
- Macedo, E. J., & Miranda, J. (2016). *Diseño de concreto antideslave, para vaciados en zonas con presencia de nivel freático alto con uso de aditivos, en la ciudad de Arequipa* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio de Tesis - UCSM. <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/5948>
- Manrique, J. A. (2019). *Diseño y prueba de mezclas de concreto con baja pérdida de trabajabilidad en el tiempo* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional PIRHUA. <https://hdl.handle.net/11042/4336>
- Matallana, R. (2019). *El Concreto. Fundamentos y Nuevas Tecnologías*. Concreto. <https://concreto.com/el-concreto-fundamentos-y-nuevas-tecnologias/>
- Mehta, K., & Monteiro, P. (1998). *Concreto. Estructura, propiedades y materiales* (2ª ed.). Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.
- Mehta, P., & Monteiro, P. (1998). *Concreto: estructura, propiedades y diseño de mezclas*. Asocreto.
- Melendez, J. L. (2018). *Obtención de 20 kg-f/cm<sup>2</sup> de resistencia temprana en dos horas de tiempo de fragua del concreto lanzado en la Mina Marcapunta norte de Sociedad Minera El Brocal* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/5001>
- Mondragón, M. (2013). *Efecto de aditivos químicos en la resistencia a la compresión del concreto de polvo reactivo (CPR)* [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio tesis IPN. <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/16683/1/Tesis%20de%20Maestria%20Mauricio%20Mondrag%c3%b3n%20Figueroa.pdf>

- Monteagudo, S. M. (2014). *Estudio microestructural y de los procesos de hidratación con adiciones* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM. <https://oa.upm.es/30409/>
- National Ready Mixed Concrete Association. (2007). *Concreto Autocompactante (NRMCA CIP-37)*.
- Neville, A. M. (2013). *Tecnología del concreto* (2ª ed.). Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.
- Nieto, R. C. (2007). *Análisis comparativo de concretos con aditivos reductores de agua: complementación utilizando el aditivo Glenium 3030 NS en concretos autonivelantes* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional - UNI. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4240>
- Organismo de Normalización Español. (2007). *Hormigón autocompactante. Caracterización de la fluidez. Ensayo del escurrimiento*. (UNE 83361:2007).
- Organismo de Normalización Español. (2007). *Hormigón autocompactante. Caracterización de la fluidez en presencia de barras. Método de la caja en L*. (UNE 83363:2007).
- Organismo de Normalización Español. (2007). *Hormigón autocompactante. Determinación del tiempo de flujo. Ensayo del embudo en V*. (UNE 83364:2007).
- Ottazzi, G. (2011). *Diseño en concreto armado*. Asociación Capítulo Peruano del Instituto Americano del Concreto.
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú* (2ª ed.). Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Nacional.
- Perez, M. H. (2008). *Caracterización de morteros con adición de combinaciones de microsilíce y nanosilíce* [Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfcp438c/doc/bmfcp438c.pdf>
- Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Portugal, P. (2007). *Tecnología del concreto de alto desempeño*. <https://bookcivil.com/ciclo-basico/tecnologia-del-concreto-de-alto-desempeno-pablo-portugal/>
- Puertas, F., & Vásquez, T. (2001). Hidratación inicial del cemento. Efecto de aditivos superplastificantes. *Materiales de construcción*, 51(262), 53-61. <http://dx.doi.org/10.3989/mc.2001.v51.i262.371>

- Rabanal, D. C., & Su, A. R. (2017). *Diseño de un Concreto Autocompactable* [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio Institucional USS. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/2713>
- Ramos, J. (2014). *Costos y presupuestos en edificación*. Editorial CAPECO.
- Reina, J. C., Sánchez, M. J., & Solano, E. R. (2010). *Influencia de la tasa de aditivo superplastificantes, en las propiedades del concreto de alta resistencia en estado fresco y endurecido* [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional de la Universidad de El Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2242>
- Reyes, C. Y., & Echevarría, T. L. (2019). *Influencia del aditivo Sika viscoconcrete-3330 en el ensayo de resistencia a la compresión y en las propiedades de un concreto autocompactante para elementos verticales, Trujillo 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://hdl.handle.net/11537/22196>
- Rivera, J. A. (2001). *Concretos de Alta Resistencia* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional - UNI. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/16434>
- Rivva, E. (2000). *Concreto. Materiales para el concreto* (3ª ed.). Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Rivva, E. (2012). *Concretos de Alta Resistencia* (2ª ed.). Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Rochna, E. A. (2003). *“Washout” Resistencia al lavado de una mezcla de hormigón fresco* [Tesis de pregrado, Universidad Andrés Bello]. Repositorio UNAB. <http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/3086>
- Rubio, L. A. (2014). *Manual de Estadística*. Sistema de Gestión de la Investigación UPN. [https://www.academia.edu/36459485/Sistema\\_de\\_Gesti%C3%B3n\\_de\\_la\\_Investigaci%C3%B3n\\_UPN\\_2014\\_MANUAL\\_DE\\_ESTAD%C3%8DSTICA](https://www.academia.edu/36459485/Sistema_de_Gesti%C3%B3n_de_la_Investigaci%C3%B3n_UPN_2014_MANUAL_DE_ESTAD%C3%8DSTICA)
- Samaniego, L. J. M. (2018). *Influencia de la composición química de arenas y cementos peruanos en el desempeño de aditivos plastificantes para concreto* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Digital de Tesis y Trabajos de Investigación PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/12846>
- Sánchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero* (5ª ed.). Bhandar Editores LTDA.



- SIKA. (2013). *Aditivos para Concreto - Una Visión Actual*.  
[https://per.sika.com/content/dam/dms/pe01/4/Aditivos%20para%20Concreto\\_Brochure.pdf](https://per.sika.com/content/dam/dms/pe01/4/Aditivos%20para%20Concreto_Brochure.pdf)
- SIKA. (2014). *Hoja Técnica Sika Fume. Adición mineral – Microsílice*.
- SIKA. (2014). *Hoja Técnica Sika ViscoCrete SC-50. Aditivo superplastificante de alto desempeño y retenedor de trabajabilidad para concreto*.
- Torre, A. (2004). *Curso básico de tecnología del concreto*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Torres, P. (2014). X-SEED: Cristales para el endurecimiento rápido del concreto. *Civilízate*, 4, 9-11. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/civilizate/article/view/10135>
- Toxement. (2016). *Microsílice*. [https://www.toxement.com.co/media/3379/microsi-lice\\_p.pdf](https://www.toxement.com.co/media/3379/microsi-lice_p.pdf)
- US Army Corps of Engineers Materials Testing Center. (1989). *Test Method for Determining the Resistance of Freshly Mixed Concrete to Washing Out in Water (CRD-C 61-89A)*.
- US Army Corps of Engineers Materials Testing Center. (2006). *Specification for Antiwashout Admixtures for Concrete (CRD-C 661-06)*.
- Vargas, R., & Sciaraffia, R. (2006). Diseño y evaluación de hormigones autocompactantes (HAC). *Revista Ingeniería de Construcción*, 21(1), 57-70.  
<http://revistaschilenas.uchile.cl/handle/2250/82330>
- Vega, E. A. (2019). *Evaluación experimental del uso de microsílice para la elaboración de concreto de alta resistencia* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional PIRHUA. <https://hdl.handle.net/11042/4334>
- Vergara, B. D. (2018). *Influencia de los aditivos plastificantes tipo a sobre la compresión, peso unitario y asentamiento en el concreto estructural* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio UNT. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11042>
- Vilanova, A. (2009). *Influencia de la dosificación y empleo de diferentes tipos de cemento y adiciones en las propiedades del hormigón autocompactante* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM. <https://oa.upm.es/1813/>
- Zanelli, C. T., & Fernandez, L. J. (2014). Concreto antideslave: retos de construcción bajo el agua. *Civilízate*, (4), 21-23.  
<https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/civilizate/article/view/10139>

Zaton, M. (2015). *Empleo de aditivos en la fabricación de materiales* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Catalunya]. Trabajos académicos UPC.  
<http://hdl.handle.net/2099.1/25465>

## APENDICE

### Apéndice A. Análisis estadístico

#### a. Ensayo de escurrimiento

##### a.1. Extensión de flujo ( $d_f$ )

- **Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk)**

- ✓ **Planteamiento de hipótesis:**

- $H_0$ : La distribución de los datos es normal.
  - $H_a$ : La distribución de los datos no es normal.

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Criterio de rechazo:**

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .
  - Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 102** Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para extensión de flujo ( $d_f$ )

		Pruebas de normalidad			
		Shapiro-Wilk			
	Microsilíce (%)	Aditivo	Estadístico	gl	Sig.
		Superplastificante (%)			
Extensión de flujo ( $d_f$ )	5	0.85	0.998	3	0.921
		1.00	0.999	3	0.931
		1.15	0.923	3	0.463
	10	1.15	1.000	3	0.980
		1.25	0.893	3	0.363
		1.35	0.998	3	0.921
	15	1.25	0.999	3	0.956
		1.50	0.987	3	0.780
		1.75	0.968	3	0.657

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la prueba de normalidad para el ensayo de escurrimiento – extensión de flujo.

- ✓ **Decisión:**

Según la tabla N° 102, el valor “P” de significancia (Sig.), en todos los casos, es mayor a 0.05. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

- ✓ **Conclusión:**

Los datos evaluados de la extensión de flujo ( $d_f$ ) del ensayo de escurrimiento presentan una distribución normal.

- **Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene)**

- ✓ **Planteamiento de hipótesis:**

- $H_0$ : La varianza de los grupos son homogéneas.
- $H_a$ : La varianza de los grupos no son homogéneas.

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Criterio de rechazo:**

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .
- Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 103** Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para extensión de flujo ( $d_f$ )

Prueba de homogeneidad de varianzas					
	Descripción	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Extensión de flujo ( $d_f$ )	Se basa en la media	0.964	8	18	0.493
	Se basa en la mediana	0.473	8	18	0.859
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.473	8	11.804	0.852
	Se basa en la media recortada	0.929	8	18	0.517

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas para el ensayo de escurrimiento – extensión de flujo.

- ✓ **Decisión:**

Según la tabla N° 103, el valor “P” de significancia (Sig.), en todos los casos, es mayor a 0.05. Por consiguiente, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

- ✓ **Conclusión:**

Se afirma que las varianzas de los grupos de extensión de flujo ( $d_f$ ) del ensayo de escurrimiento son homogéneas.

- **Prueba de Análisis de Varianza (Anova)**

- ✓ **Planteamiento de hipótesis:**

- $H_0$ : No existe diferencia significativa.

- $H_a$ : Existe diferencia significativa.

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Criterio de rechazo:**

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .

- Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 104** Prueba de análisis de varianza – ANOVA para extensión de flujo ( $d_f$ )

ANOVA					
Extensión de flujo ( $d_f$ )	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	29327.185	8	3665.898	11.930	0.000
<b>Dentro de grupos</b>	5531.333	18	307.296		
<b>Total</b>	34858.519	26			

*Nota.* La tabla muestra los resultados del análisis de varianza Anova para el ensayo de escurrimiento – extensión de flujo.

- ✓ **Decisión:**

Según la tabla N° 104, el valor “P” de significancia (Sig.), en todos los casos, es menor a 0.05. Por ende, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

- ✓ **Conclusión:**

Cuando menos uno de las dosis de microsilíce y aditivo superplastificante tiene un efecto significativo, sobre las demás dosis, en la extensión de flujo ( $d_f$ ) del ensayo de escurrimiento. Por lo cual, se debe llevar a cabo la prueba de análisis Post Hoc de Anova para identificar el mejor tratamiento.

- **Prueba de análisis Post Hoc de Anova (Tukey)**

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 105** Prueba de análisis de Post Hoc de Anova – Tukey para extensión de flujo ( $d_f$ )

HSD Tukey	Extensión de flujo ( $d_f$ )				
	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
%Microsilíce + %Aditivo Superplastificante					
15% + 1.25%	3	617.6667			
10% + 1.15%	3	630.3333	630.3333		
15% + 1.50%	3	645.3333	645.3333	645.3333	
10% + 1.25%	3	651.0000	651.0000	651.0000	
10% + 1.35%	3	663.6667	663.6667	663.6667	
5% + 1.15%	3		673.3333	673.3333	
5% + 0.85%	3			684.3333	684.3333
15% + 1.75%	3			689.3333	689.3333
5% + 1.00%	3				733.6667
<b>Sig.</b>		0.087	0.128	0.113	0.056

*Nota.* La tabla muestra los resultados del análisis de post hoc Anova para el ensayo de escurrimiento – extensión de flujo.

- ✓ **Conclusión:**

Según la tabla N° 105, la dosis del 5% de microsilíce con el 1.00% de aditivo superplastificante es el mejor tratamiento en vista de que obtuvo el mayor diámetro de extensión de flujo ( $d_f$ ) en el ensayo de escurrimiento.

## a.2. Tiempo de flujo del escurrimiento ( $T_{50}$ )

- **Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk)**

- ✓ **Planteamiento de hipótesis:**

- $H_0$ : La distribución de los datos es normal.
    - $H_a$ : La distribución de los datos no es normal.

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Criterio de rechazo:**

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .
    - Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 106** Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para tiempo de flujo ( $T_{50}$ )

		Pruebas de normalidad			
		Shapiro-Wilk			
	Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo de flujo ( $T_{50}$ )	5	0.85	0.950	3	0.570
		1.00	0.874	3	0.306
		1.15	0.980	3	0.731
	10	1.15	1.000	3	0.964
		1.25	0.929	3	0.486
		1.35	0.957	3	0.602
	15	1.25	0.999	3	0.938
		1.50	0.988	3	0.792
		1.75	0.971	3	0.671

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la prueba de normalidad para el ensayo de escurrimiento – tiempo de flujo.

- ✓ **Decisión:**

Según la tabla N° 106, el valor “P” de significancia (Sig.), en todos los casos, es mayor a 0.05. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

- ✓ **Conclusión:**

Los datos evaluados de tiempo de flujo  $T_{50}$  del ensayo de escurrimiento presentan una distribución normal.

- **Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene)**

- ✓ **Planteamiento de hipótesis:**

- $H_0$ : La varianza de los grupos son homogéneas.
- $H_a$ : La varianza de los grupos no son homogéneas.

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Criterio de rechazo:**

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .
- Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 107** Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para tiempo de flujo ( $T_{50}$ )

Prueba de homogeneidad de varianzas					
	Descripción	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
<b>Tiempo de flujo (<math>T_{50}</math>)</b>	Se basa en la media	2.288	8	18	0.069
	Se basa en la mediana	0.744	8	18	0.653
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.744	8	7.541	0.657
	Se basa en la media recortada	2.147	8	18	0.085

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas para el ensayo de escurrimiento – tiempo de flujo.

- ✓ **Decisión:**

Según la tabla N° 107, el valor “P” de significancia (Sig.), en todos los casos, es mayor a 0.05. Por consiguiente, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

- ✓ **Conclusión:**

Se afirma que las varianzas de los grupos del tiempo de flujo  $T_{50}$  del ensayo de escurrimiento son homogéneas.



- **Prueba de Análisis de Varianza (Anova)**

- ✓ **Planteamiento de hipótesis:**

- $H_0$ : No existe diferencia significativa.
- $H_a$ : Existe diferencia significativa.

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Criterio de rechazo:**

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .
- Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 108** Prueba de análisis de varianza – ANOVA para tiempo de flujo ( $T_{50}$ )

ANOVA					
Tiempo de flujo ( $T_{50}$ )	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	56.133	8	7.017	20.833	0.000
Dentro de grupos	6.063	18	0.337		
Total	62.195	26			

*Nota.* La tabla muestra los resultados del análisis de varianza Anova para el ensayo de escurrimiento – tiempo de flujo.

- ✓ **Decisión:**

Según la tabla N° 108, el valor “P” de significancia (Sig.), en todos los casos, es menor a 0.05. Por ende, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

- ✓ **Conclusión:**

Cuando menos uno de las dosis de microsilíce y aditivo superplastificante tiene un efecto significativo, sobre las demás dosis, en el tiempo de flujo  $T_{50}$  del ensayo de escurrimiento. Por lo cual, se debe llevar a cabo la prueba de análisis Post Hoc de Anova para identificar el mejor tratamiento.

- **Prueba de análisis Post Hoc de Anova (Tukey)**

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 109** Prueba de análisis de Post Hoc de Anova – Tukey para tiempo de flujo ( $T_{50}$ )

HSD Tukey		Tiempo de flujo ( $T_{50}$ )				
		Subconjunto para alfa = 0.05				
%Microsílice + %Aditivo Superplastificante	N	1	2	3	4	5
5% + 1.00%	3	2.6667				
15% + 1.75%	3	4.0967	4.0967			
5% + 0.85%	3		4.5967	4.5967		
10% + 1.35%	3		4.7800	4.7800	4.7800	
10% + 1.25%	3		5.5900	5.5900	5.5900	
5% + 1.15%	3			6.1500	6.1500	
15% + 1.50%	3			6.2267	6.2267	
10% + 1.15%	3				6.3667	6.3667
15% + 1.25%	3					7.9100
<b>Sig.</b>		0.125	0.098	0.057	0.068	0.080

*Nota.* La tabla muestra los resultados del análisis post hoc Anova para el ensayo de escurrimiento – tiempo de flujo.

- ✓ **Conclusión:**

Según la tabla N° 109, la dosis del 5% de microsíllice con el 1.00% de aditivo superplastificante es el mejor tratamiento en vista de que obtuvo el mejor tiempo de flujo  $T_{50}$  en el ensayo de escurrimiento.

## b. Ensayo de la Caja en L

### • Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk)

#### ✓ Planteamiento de hipótesis:

- $H_0$ : La distribución de los datos es normal.
- $H_a$ : La distribución de los datos no es normal.

#### ✓ Nivel de Significancia:

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

#### ✓ Criterio de rechazo:

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .
- Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

#### ✓ Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:

**Tabla 110** Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para ensayo de caja en L

		Pruebas de normalidad			
		Shapiro-Wilk			
	Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)	Estadístico	gl	Sig.
Ensayo de caja en L	5	0.85	0.750	3	0.000
		1.00	0.980	3	0.726
		1.15	0.996	3	0.878
	10	1.15	0.964	3	0.637
		1.25	0.871	3	0.298
		1.35	0.942	3	0.537
	15	1.25	1.000	3	1.000
		1.50	0.750	3	0.000
		1.75	0.750	3	0.000

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la prueba de normalidad para el ensayo de caja en L.

#### ✓ Decisión:

Según la tabla N° 110, en las dosis del 5% (0.85%), así como el 15% (1.50%) y 15% (1.75%); el valor “P” de significancia (Sig.) son menores a 0.05. En consiguiente, en esos casos, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; por otra parte, para el resto de casos, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

#### ✓ Conclusión:

Los datos evaluados del ensayo de caja en L presentan una distribución normal, a excepción de los diseños del 5% (0.85%), 15% (1.50%) y 15% (1.75%), lo cual se aplicará la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para verificar si existen diferencias entre los grupos

- **Prueba no paramétrica (Kruskal-Wallis)**

- ✓ **Planteamiento de hipótesis:**

- $H_0$ : No hay diferencias entre los grupos evaluados.
- $H_a$ : Existe diferencias entre los grupos evaluados.

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Criterio de rechazo:**

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .
- Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 111** Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para ensayo de caja en L

Estadísticos de prueba <sup>a,b</sup>	
	Resultados de Caja en L
H de Kruskal-Wallis	22.856
gl	8
Sig. asintótica	0.004
a. Prueba de Kruskal -Wallis	
b. Variable de agrupación: Diseños de Microsílice y Aditivo Superplastificante	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la prueba de no paramétrica para el ensayo de caja en L.

- ✓ **Decisión:**

Según la tabla N° 111, el valor “P” de significancia (Sig.) asintótica es menor a 0.05. Entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

- ✓ **Conclusión:**

Se puede afirmar que existen diferencias entre los datos evaluados de los grupos del ensayo de caja en L. Por lo cual, se debe llevar a cabo la prueba de análisis Post Hoc de Anova para identificar el mejor tratamiento.

- **Prueba de análisis Post Hoc de Anova (Tukey)**

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 112** Prueba de análisis de Post Hoc de Anova – Tukey para ensayo de caja en L

Ensayo de caja en L						
HSD Tukey		Subconjunto para alfa = 0.05				
%Microsílice + %Aditivo	N	1	2	3	4	5
5% + 0.85%	3	0.4300				
10% + 1.15%	3		0.7767			
5% + 1.00%	3		0.7867	0.7867		
15% + 1.25%	3		0.8200	0.8200	0.8200	
10% + 1.25%	3			0.8967	0.8967	0.8967
15% + 1.50%	3				0.9267	0.9267
5% + 1.15%	3					0.9367
10% + 1.35%	3					0.9700
15% + 1.75%	3					0.9800
<b>Sig.</b>		1.000	0.892	0.051	0.062	0.234

*Nota.* La tabla muestra los resultados del análisis post hoc Anova para el ensayo de caja en L.

- ✓ **Conclusión:**

Según la tabla N° 112, la dosis del 15% de microsíllice con el 1.75% de aditivo superplastificante es el mejor tratamiento en vista de que obtuvo el factor  $C_{bL}$  más cercano a la unidad en el ensayo de caja en L.

**c. Ensayo del Embudo en V**

• **Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk)**

✓ **Planteamiento de hipótesis:**

- $H_0$ : La distribución de los datos es normal.
- $H_a$ : La distribución de los datos no es normal.

✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

✓ **Criterio de rechazo:**

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .
- Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 113** Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para ensayo de embudo en V

		Pruebas de normalidad				
		Shapiro-Wilk				
	Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)	Estadístico	gl	Sig.	
Ensayo de embudo en V	5	0.85	0.999	3	0.930	
		1.00	0.959	3	0.611	
		1.15	0.999	3	0.946	
	10	1.15	0.918	3	0.447	
		1.25	0.987	3	0.780	
		1.35	0.988	3	0.789	
	15	1.25	0.924	3	0.466	
		1.50	0.944	3	0.542	
			1.75	0.990	3	0.807

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la prueba de normalidad del ensayo embudo en V.

✓ **Decisión:**

Según la tabla N° 113, el valor “P” de significancia (Sig.), en todos los casos, es mayor a 0.05. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

✓ **Conclusión:**

Los datos evaluados del tiempo de flujo  $T_V$  del ensayo de embudo en V presentan una distribución normal.

- **Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene)**

- ✓ **Planteamiento de hipótesis:**

- $H_0$ : La varianza de los grupos son homogéneas.
- $H_a$ : La varianza de los grupos no son homogéneas.

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Criterio de rechazo:**

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .
- Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 114** Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para ensayo de embudo en V

Prueba de homogeneidad de varianzas					
	Descripción	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Ensayo de embudo en V	Se basa en la media	0.977	8	18	0.484
	Se basa en la mediana	0.334	8	18	0.941
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.334	8	12.111	0.936
	Se basa en la media recortada	0.921	8	18	0.522

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas del ensayo embudo en V.

- ✓ **Decisión:**

Según la tabla N° 114, el valor “P” de significancia (Sig.), en todos los casos, es mayor a 0.05. Por consiguiente, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

- ✓ **Conclusión:**

Se afirma que las varianzas de los grupos del del tiempo de flujo  $T_V$  del ensayo de embudo en V son homogéneas.

- **Prueba de Análisis de Varianza (Anova)**

- ✓ **Planteamiento de hipótesis:**

- $H_0$ : No existe diferencia significativa.
- $H_a$ : Existe diferencia significativa.

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Criterio de rechazo:**

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .
- Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 115** Prueba de análisis de varianza – Anova para ensayo de embudo en V

ANOVA					
Ensayo de embudo en V	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	215.297	8	26.912	68.215	0.000
Dentro de grupos	7.101	18	0.395		
<b>Total</b>	<b>222.399</b>	<b>26</b>			

*Nota.* La tabla muestra los resultados del análisis de varianza Anova del ensayo embudo en V.

- ✓ **Decisión:**

Según la tabla N° 115, el valor “P” de significancia (Sig.), en todos los casos, es menor a 0.05. Por ende, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

- ✓ **Conclusión:**

Cuando menos uno de las dosis de microsilíce y aditivo superplastificante tiene un efecto significativo, sobre las demás dosis, en el tiempo de flujo  $T_V$  del ensayo de embudo en V. Por lo cual, se debe llevar a cabo la prueba de análisis Post Hoc de Anova para identificar el mejor tratamiento.



- **Prueba de análisis Post Hoc de Anova (Tukey)**

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 116** Prueba de análisis de Post Hoc de Anova – Tukey para ensayo de embudo en V

Ensayo de embudo en V						
HSD Tukey						
%Microsilíce + %Aditivo	Subconjunto para alfa = 0.05					
Superplastificante	N	1	2	3	4	5
5% + 1.15%	3	5.1700				
10% + 1.35%	3	5.7833				
5% + 1.00%	3	6.9533	6.9533			
15% + 1.75%	3		8.2067	8.2067		
10% + 1.25%	3			9.2900	9.2900	
15% + 1.50%	3				10.1800	
5% + 0.85%	3				10.3367	
10% + 1.15%	3					12.6833
15% + 1.25%	3					14.0400
<b>Sig.</b>		0.053	0.319	0.495	0.537	0.235

*Nota.* La tabla muestra los resultados del análisis post hoc Anova del ensayo embudo en V.

- ✓ **Conclusión:**

Según la tabla N° 116, la dosis del 5% de microsilíce con el 1.15% de aditivo superplastificante es el mejor tratamiento en vista de que obtuvo el menor tiempo  $T_V$  en el ensayo de embudo en V.

**d. Ensayo de pérdida de finos**

• **Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk)**

✓ **Planteamiento de hipótesis:**

- $H_0$ : La distribución de los datos es normal.
- $H_a$ : La distribución de los datos no es normal.

✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

✓ **Criterio de rechazo:**

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .
- Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 117** Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para ensayo de pérdida de finos

		Pruebas de normalidad			
		Shapiro-Wilk			
Ensayo de pérdida de finos	Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)	Estadístico	gl	Sig.
		5	0.85	0.951	3
1.00			0.980	3	0.726
1.15			0.918	3	0.447
10		1.15	1.000	3	0.970
		1.25	0.960	3	0.618
		1.35	0.923	3	0.463
15		1.25	0.923	3	0.463
		1.50	0.902	3	0.391
		1.75	0.993	3	0.843

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la prueba de normalidad del ensayo de pérdida de finos.

✓ **Decisión:**

Según la tabla N° 117, el valor “P” de significancia (Sig.), en todos los casos, es mayor a 0.05. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

✓ **Conclusión:**

Los datos evaluados de los porcentajes de lavado del ensayo de pérdida de finos presentan una distribución normal.

- **Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene)**

- ✓ **Planteamiento de hipótesis:**

- $H_0$ : La varianza de los grupos son homogéneas.
- $H_a$ : La varianza de los grupos no son homogéneas.

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Criterio de rechazo:**

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .
- Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 118** Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para ensayo de pérdida de finos

Prueba de homogeneidad de varianzas					
	Descripción	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Ensayo de pérdida de finos	Se basa en la media	1.854	8	18	0.132
	Se basa en la mediana	0.508	8	18	0.837
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.504	8	6.258	0.819
	Se basa en la media recortada	1.719	8	18	0.162

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas del ensayo de pérdida de finos.

- ✓ **Decisión:**

Según la tabla N° 118, el valor “P” de significancia (Sig.), en todos los casos, es mayor a 0.05. Por consiguiente, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

- ✓ **Conclusión:**

Se afirma que las varianzas de los grupos de porcentajes de lavado del ensayo de pérdida de finos son homogéneas.

- **Prueba de Análisis de Varianza (Anova)**

- ✓ **Planteamiento de hipótesis:**

- $H_0$ : No existe diferencia significativa.
- $H_a$ : Existe diferencia significativa.

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Criterio de rechazo:**

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .
- Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 119** Prueba de análisis de varianza – Anova para ensayo de pérdida de finos

ANOVA					
Ensayo de pérdida de finos	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	17261.225	8	2157.653	41746.067	0.000
Dentro de grupos	0.930	18	0.052		
<b>Total</b>	<b>17262.156</b>	<b>26</b>			

*Nota.* La tabla muestra los resultados del análisis de varianza Anova del ensayo de pérdida de finos.

- ✓ **Decisión:**

Según la tabla N° 119, el valor “P” de significancia (Sig.), en todos los casos, es menor a 0.05. Por ende, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

- ✓ **Conclusión:**

Cuando menos uno de las dosis de microsilíce y aditivo superplastificante tiene un efecto significativo, sobre las demás dosis, en el porcentaje de lavado del ensayo de pérdida de finos. Por lo cual, se debe llevar a cabo la prueba de análisis Post Hoc de Anova para identificar el mejor tratamiento.

- **Prueba de análisis Post Hoc de Anova (Tukey)**

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 120** Prueba de análisis de Post Hoc de Anova – Tukey para ensayo de pérdida de finos

Ensayo de pérdida de finos								
HSD Tukey								
%Microsilice + %Aditivo	Subconjunto para alfa = 0.05							
Superplastificante	N	1	2	3	4	5	6	7
15% + 1.25%	3	1.1167						
10% + 1.15%	3		2.8433					
5% + 0.85%	3		3.1533					
15% + 1.50%	3			3.8267				
10% + 1.25%	3				4.6333			
5% + 1.00%	3					6.4033		
15% + 1.75%	3					6.7000		
10% + 1.35%	3						7.7967	
5% + 1.15%	3							84.7633
<b>Sig.</b>		1.000	0.756	1.000	1.000	0.794	1.000	1.000

*Nota.* La tabla muestra los resultados del análisis post hoc Anova del ensayo de pérdida de finos.

- ✓ **Conclusión:**

Según la tabla N° 120, la dosis del 15% de microsilice con el 1.25% de aditivo superplastificante es el mejor tratamiento en vista de que obtuvo el menor porcentaje de lavado en el ensayo de pérdida de finos.

## e. Ensayo de resistencia a la compresión

### e.1. Ensayo de resistencia a la compresión a 7 días

#### • Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk)

##### ✓ Planteamiento de hipótesis:

- $H_0$ : La distribución de los datos es normal.
- $H_a$ : La distribución de los datos no es normal.

##### ✓ Nivel de Significancia:

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

##### ✓ Criterio de rechazo:

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .
- Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

##### ✓ Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:

**Tabla 121** Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días

		Pruebas de normalidad			
		Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)	Shapiro-Wilk	
				Estadístico	gl
Ensayo de resistencia a la compresión a 7 días	5	0.85	0.848	5	0.189
		1.00	0.773	5	0.048
		1.15	0.905	5	0.441
	10	1.15	0.814	5	0.106
		1.25	0.920	5	0.530
		1.35	0.963	5	0.831
	15	1.25	0.934	5	0.622
		1.50	0.919	5	0.523
		1.75	0.976	5	0.913

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la prueba de normalidad para ensayo de la resistencia a la compresión a 7 días.

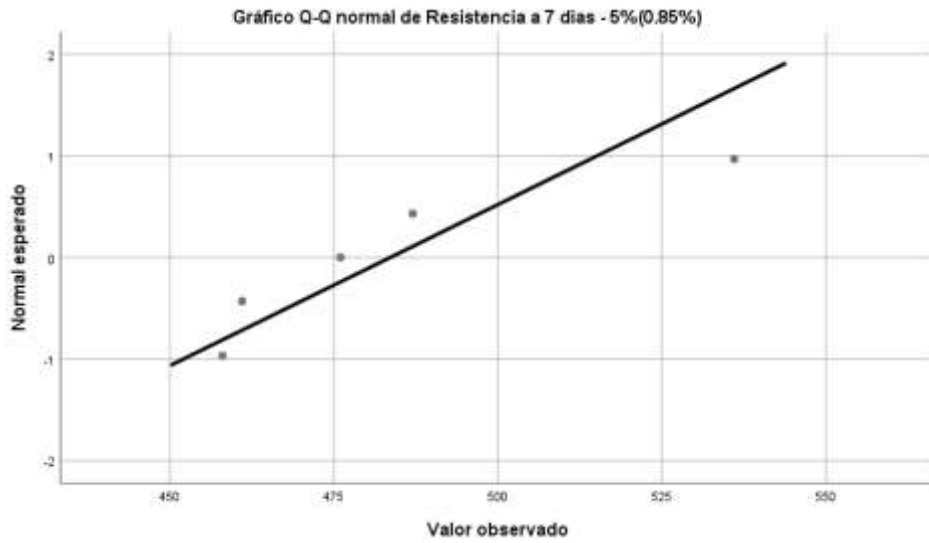
##### ✓ Decisión:

Según la tabla N° 121, en el diseño del 5% (0.85%), el valor “P” de significancia (Sig.) es menor a 0.05. En consiguiente, en ese caso, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; por otra parte, para el resto de casos, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

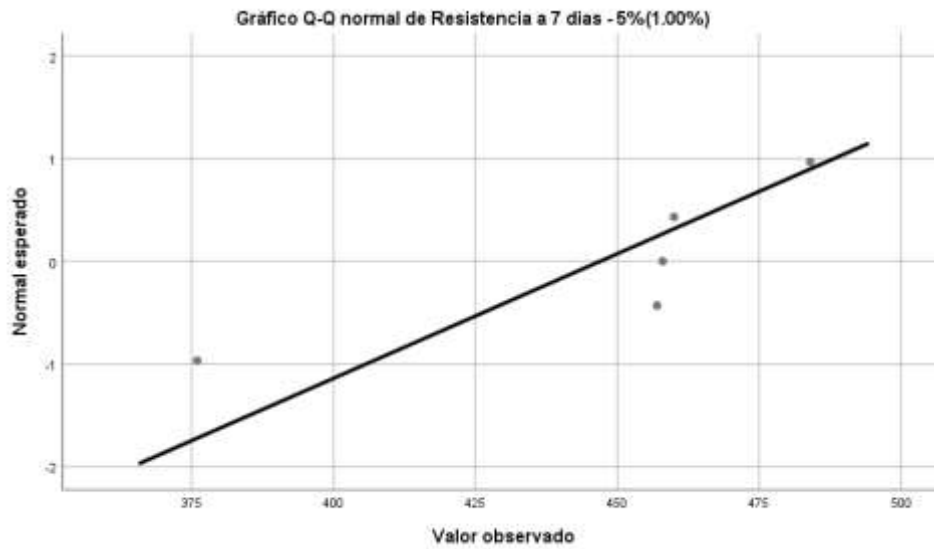
##### ✓ Conclusión:

Los datos evaluados del ensayo de resistencia a la compresión a 7 días presentan una distribución normal, a excepción del diseño de 5% (1.00%), lo cual se aplicará la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para verificar si existen diferencias entre los grupos

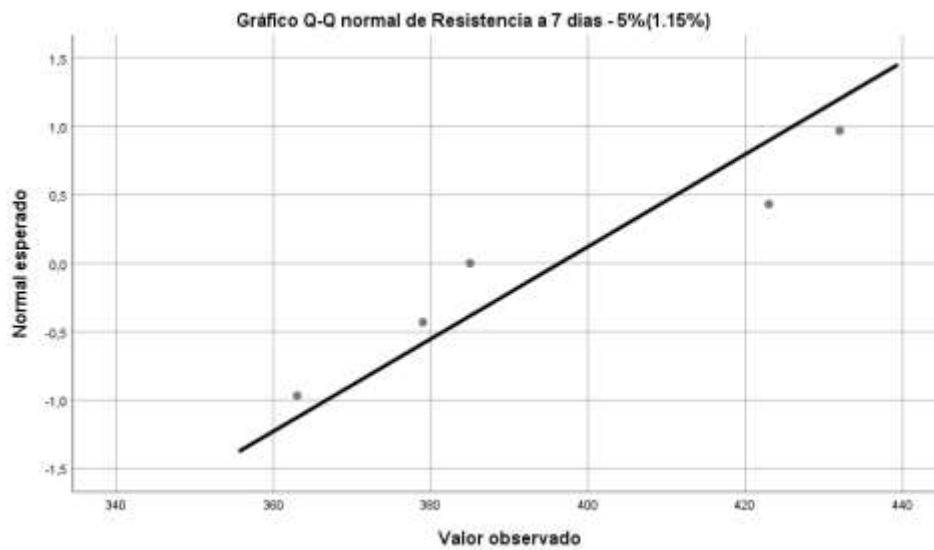
**Figura 33** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días – Diseño 5% (0.85%)



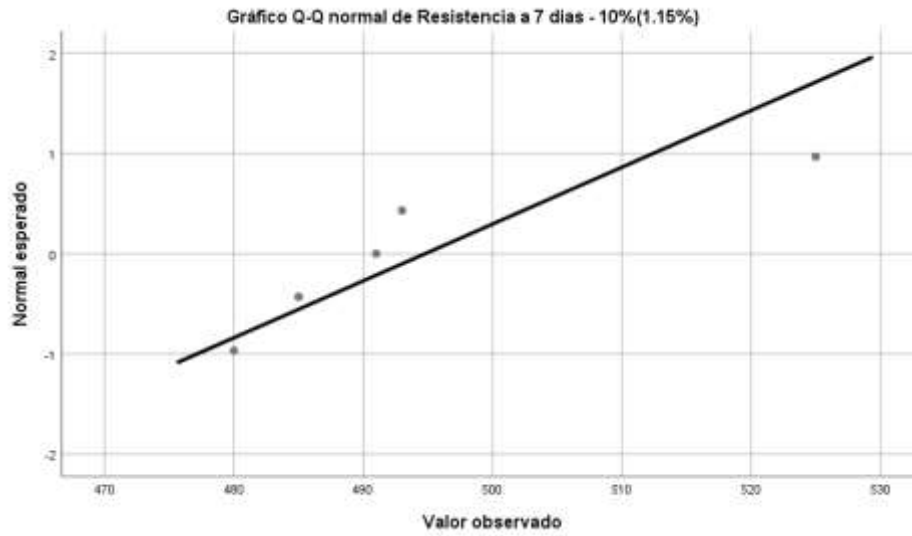
**Figura 34** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días – Diseño 5% (1.00%)



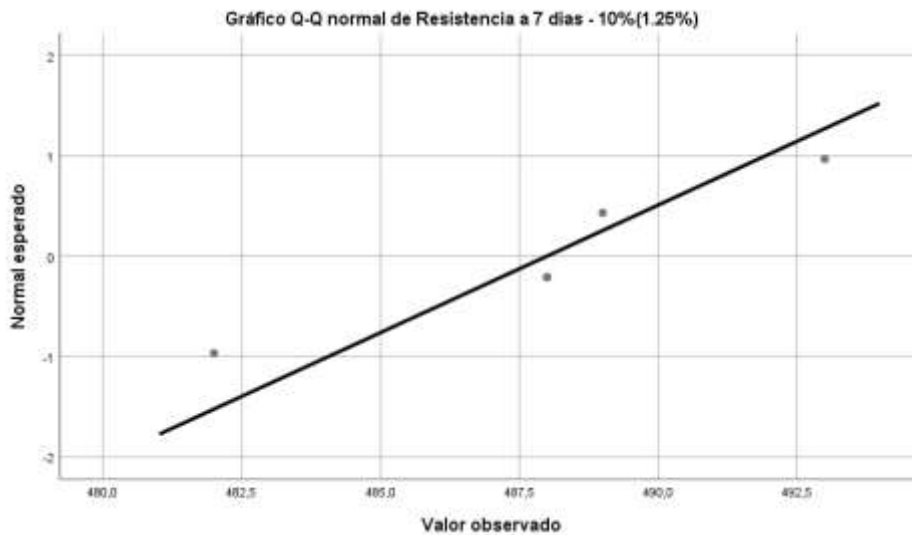
**Figura 35** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días – Diseño 5% (1.15%)



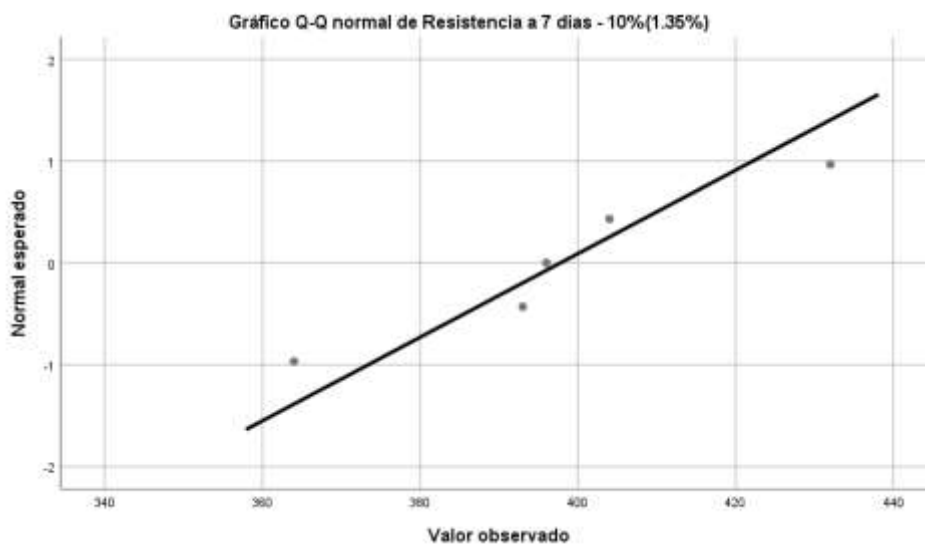
**Figura 36** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días – Diseño 10% (1.15%)



**Figura 37** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días – Diseño 10% (1.25%)



**Figura 38** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días – Diseño 10% (1.35%)

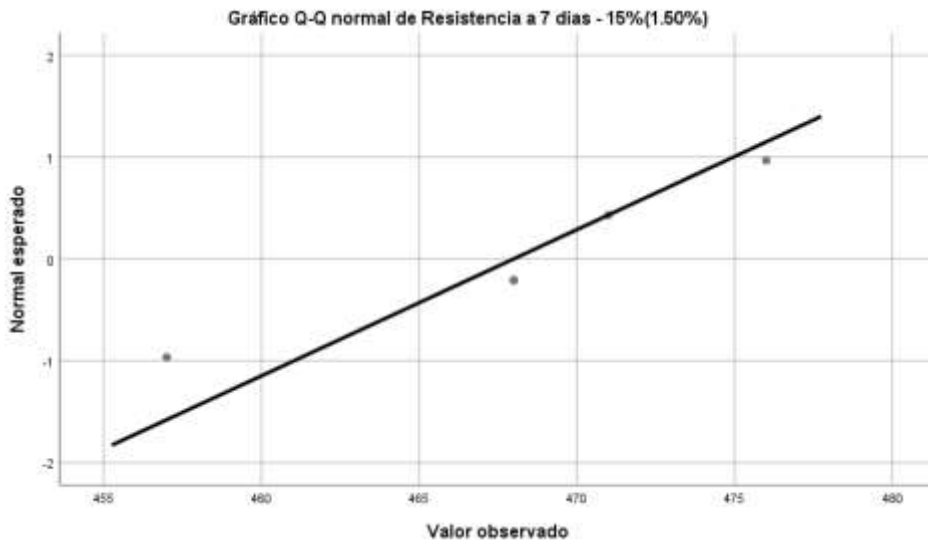




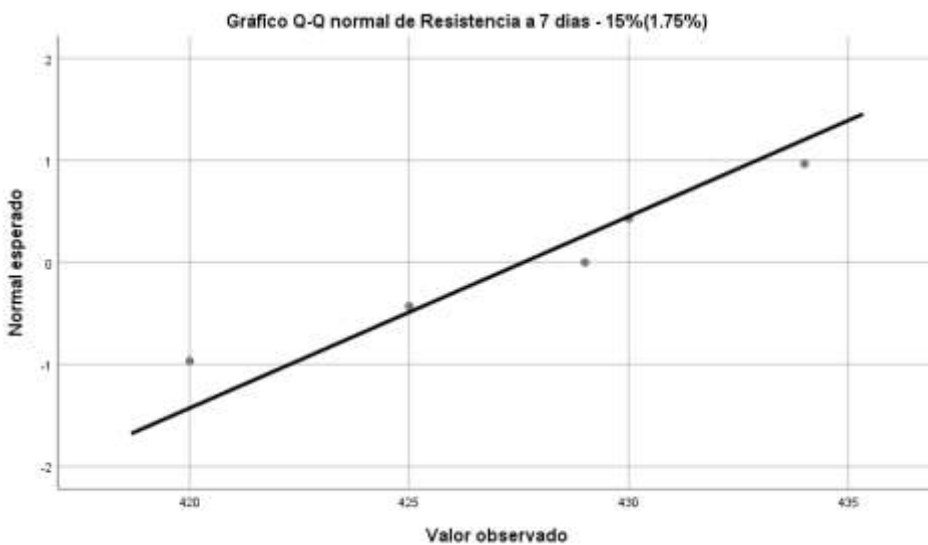
**Figura 39** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días – Diseño 15% (1.25%)



**Figura 40** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días – Diseño 15% (1.50%)



**Figura 41** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días – Diseño 15% (1.75%)



- **Prueba no paramétrica (Kruskal-Wallis)**

- ✓ **Planteamiento de hipótesis:**

- $H_0$ : No hay diferencias entre los grupos evaluados.
- $H_a$ : Existe diferencias entre los grupos evaluados.

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Criterio de rechazo:**

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .
- Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 122** Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días

Estadísticos de prueba <sup>a,b</sup>	
	Resultados de Resistencia a 7 días
H de Kruskal-Wallis	6.269
gl	8
Sig. asintótica	0.000
a. Prueba de Kruskal -Wallis	
b. Variable de agrupación: Diseños de Microsílice y Aditivo Superplastificante	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la prueba de no paramétrica para el ensayo de resistencia a la compresión a 7 días.

- ✓ **Decisión:**

Según la tabla N° 122, el valor “P” de significancia (Sig.) asintótica es menor a 0.05. Entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

- ✓ **Conclusión:**

Se puede afirmar que existen diferencias entre los datos evaluados de los grupos del ensayo de resistencia a la compresión a 7 días. Por lo tanto, se debe llevar a cabo la prueba de análisis Post Hoc de Anova para identificar el mejor tratamiento.

- **Prueba de análisis Post Hoc de Anova (Tukey)**

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 123** Prueba de análisis de Post Hoc de Anova – Tukey para ensayo de resistencia a la compresión a 7 días

Resistencia a la compresión a 7 días				
HSD Tukey				
%Microsílice + %Aditivo Superplastificante	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
5% + 1.15%	5	396.4000		
10% + 1.35%	5	397.8000		
15% + 1.75%	5	427.6000	427.6000	
5% + 1.00%	5		447.0000	447.0000
15% + 1.25%	5		463.2000	463.2000
15% + 1.50%	5		468.0000	468.0000
5% + 0.85%	5			483.6000
10% + 1.25%	5			488.0000
10% + 1.15%	5			494.8000
<b>Sig.</b>		0.470	0.164	0.054

*Nota.* La tabla muestra los resultados del análisis post hoc Anova del ensayo de resistencia a la compresión a 7 días.

- ✓ **Conclusión:**

Según la tabla N° 123, la dosis del 10% de microsilice con el 1.15% de aditivo superplastificante es el mejor tratamiento en vista de que obtuvo la mejor resistencia en el ensayo de resistencia a la compresión a 7 días.

## e.2. Ensayo de resistencia a la compresión a 28 días

- **Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk)**

- ✓ **Planteamiento de hipótesis:**

- $H_0$ : La distribución de los datos es normal.
    - $H_a$ : La distribución de los datos no es normal.

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Criterio de rechazo:**

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .
    - Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 124** Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días

		Pruebas de normalidad			
		Shapiro-Wilk			
	Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)	Estadístico	gl	Sig.
Ensayo de resistencia a la compresión a 28 días	5	0.85	0.917	5	0.513
		1.00	0.951	5	0.747
		1.15	0.834	5	0.150
	10	1.15	0.911	5	0.475
		1.25	0.984	5	0.953
		1.35	0.900	5	0.410
	15	1.25	0.859	5	0.226
		1.50	0.786	5	0.062
		1.75	0.918	5	0.516

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la prueba de normalidad para ensayo de la resistencia a la compresión a 28 días.

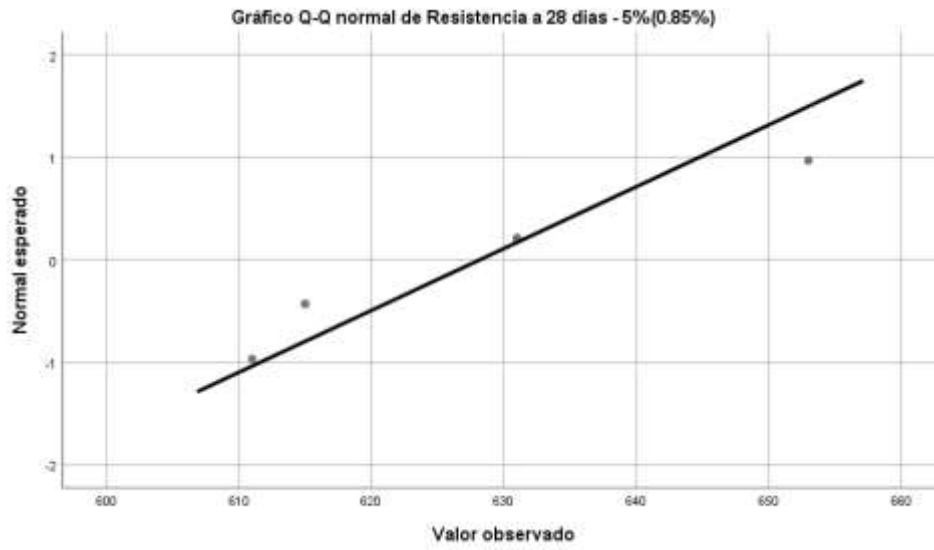
- ✓ **Decisión:**

Según la tabla N° 124, el valor “P” de significancia (Sig.), en todos los casos, es mayor a 0.05. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

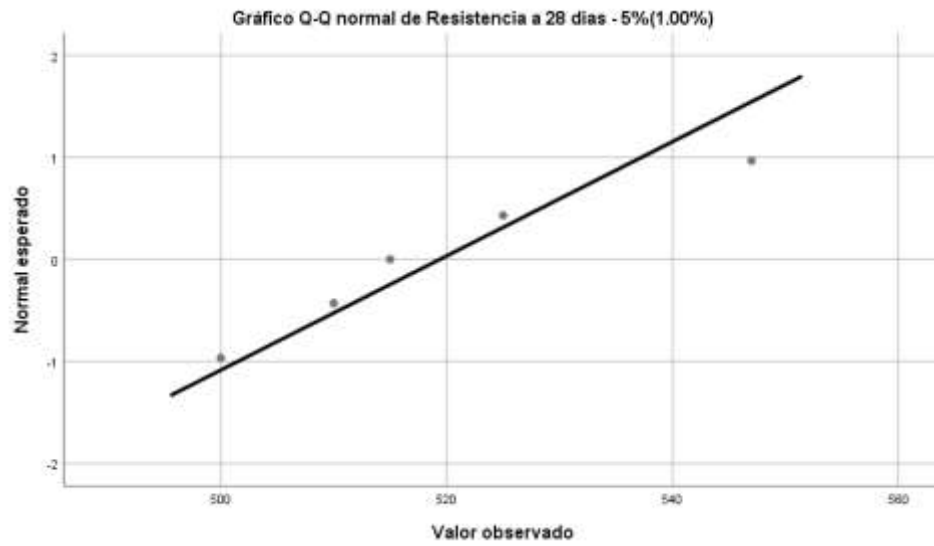
- ✓ **Conclusión:**

Los datos evaluados del ensayo de resistencia a la compresión a 28 días presentan una distribución normal.

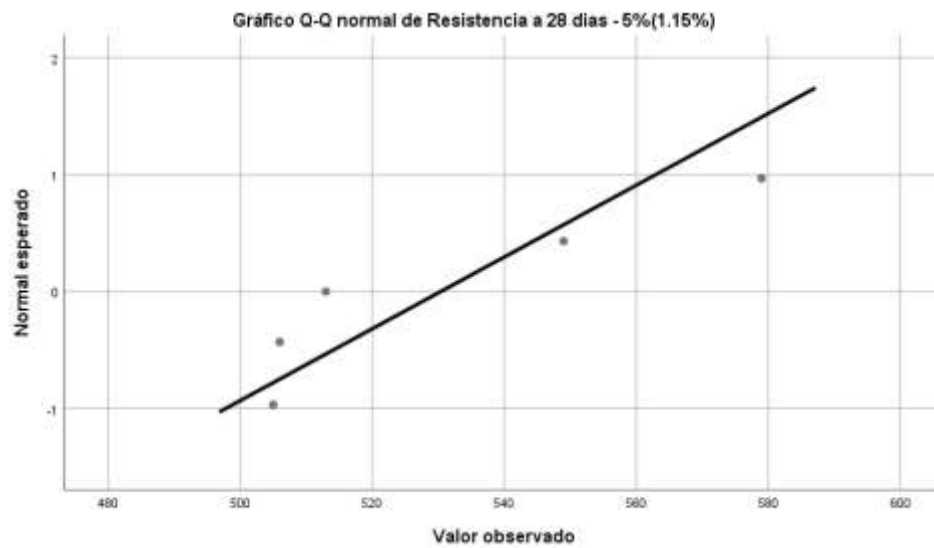
**Figura 42** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días – Diseño 5% (0.85%)



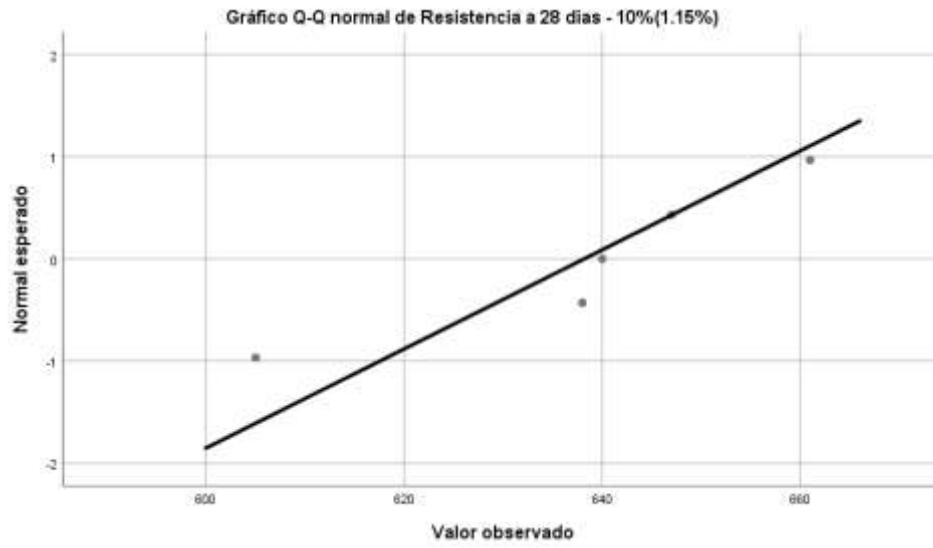
**Figura 43** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días – Diseño 5% (1.00%)



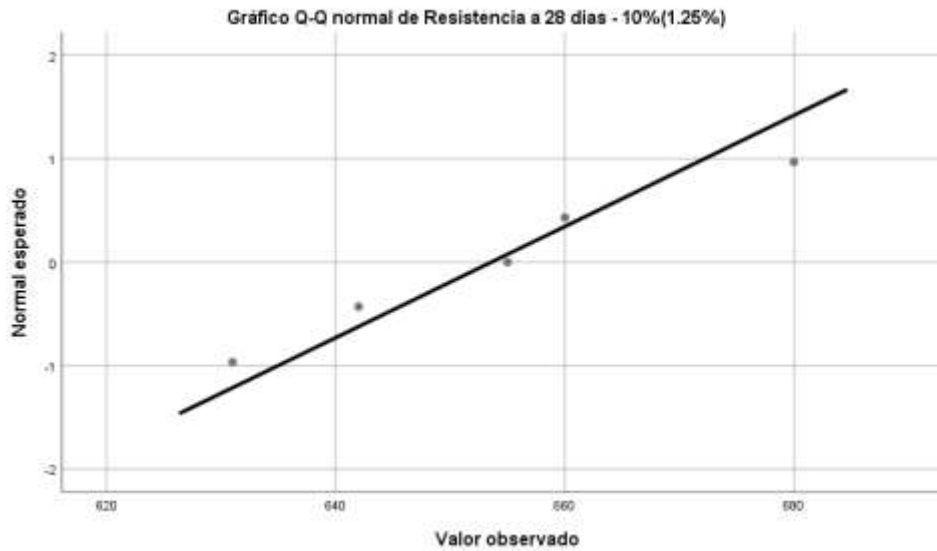
**Figura 44** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días – Diseño 5% (1.15%)



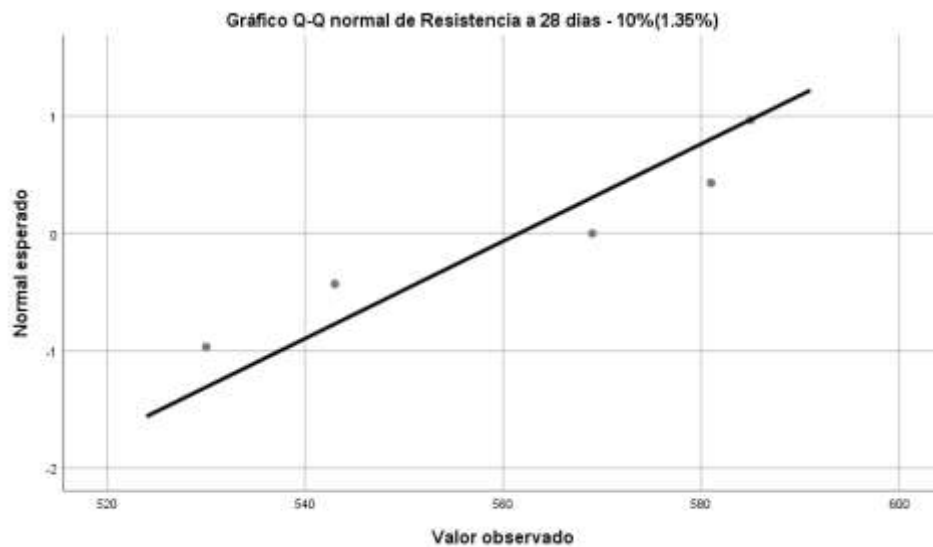
**Figura 45** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días – Diseño 10% (1.15%)



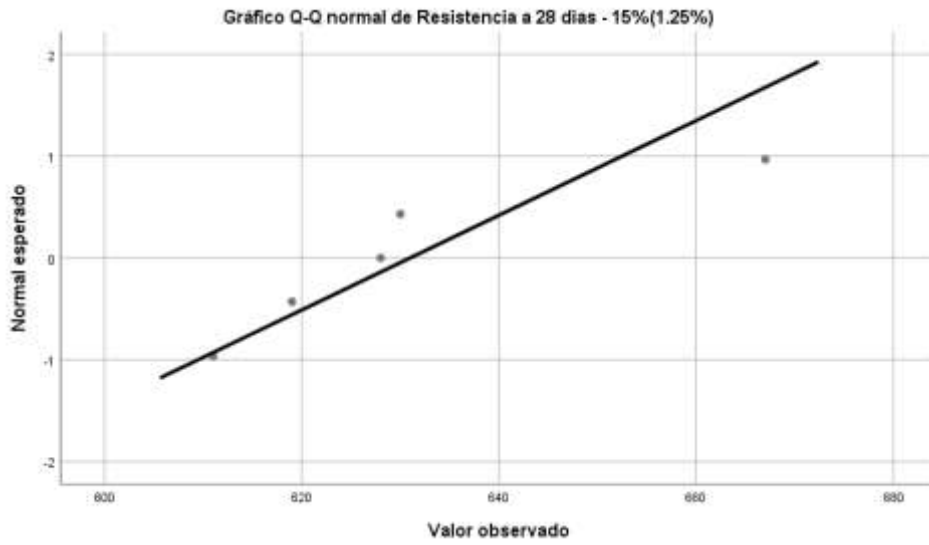
**Figura 46** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días – Diseño 10% (1.25%)



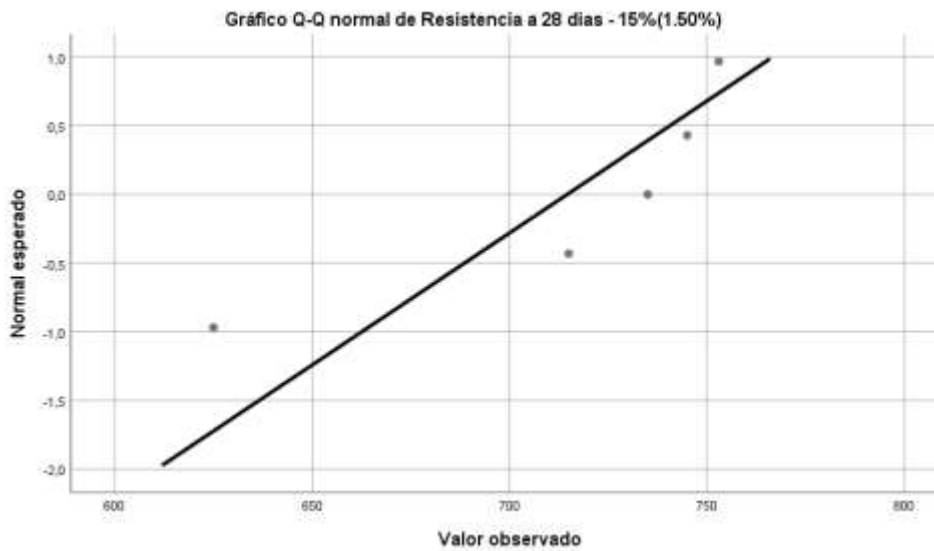
**Figura 47** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días – Diseño 10% (1.35%)



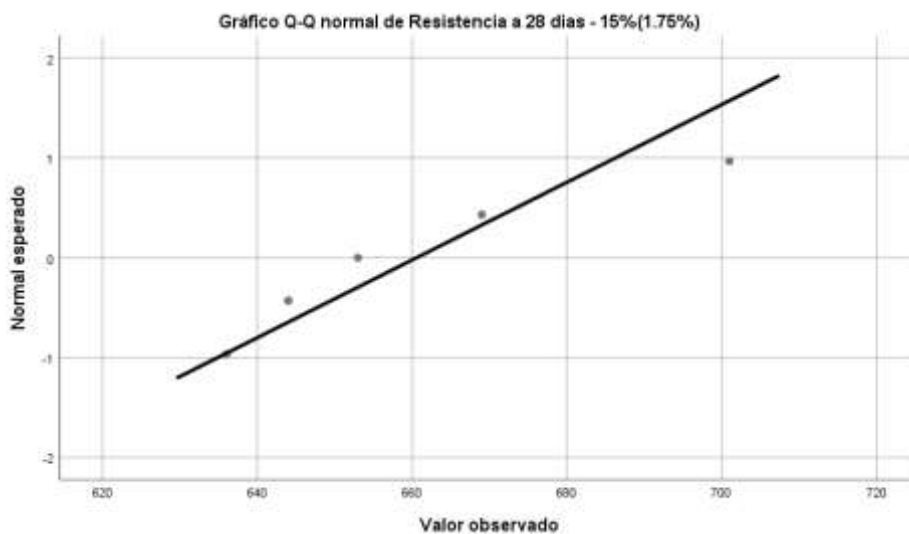
**Figura 48** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días – Diseño 15% (1.25%)



**Figura 49** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días – Diseño 15% (1.50%)



**Figura 50** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días – Diseño 15% (1.75%)



- **Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene)**

- ✓ **Planteamiento de hipótesis:**

- $H_0$ : La varianza de los grupos son homogéneas.
- $H_a$ : La varianza de los grupos no son homogéneas.

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Criterio de rechazo:**

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .
- Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 125** Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días

Prueba de homogeneidad de varianzas					
	Descripción	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
<b>Ensayo de resistencia a la compresión a 28 días</b>	Se basa en la media	1.278	8	36	0.285
	Se basa en la mediana	0.474	8	36	0.866
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.474	8	14.251	0.855
	Se basa en la media recortada	1.151	8	36	0.355

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas del ensayo de resistencia a la compresión a 28 días.

- ✓ **Decisión:**

Según la tabla N° 125, el valor “P” de significancia (Sig.), en todos los casos, es mayor a 0.05. Por consiguiente, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

- ✓ **Conclusión:**

Se afirma que las varianzas de los grupos del ensayo de resistencia a la compresión a 28 días son homogéneas.



- **Prueba de Análisis de Varianza (Anova)**

- ✓ **Planteamiento de hipótesis:**

- $H_0$ : No existe diferencia significativa.
- $H_a$ : Existe diferencia significativa.

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Criterio de rechazo:**

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .
- Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 126** Prueba de análisis de varianza – Anova para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días

ANOVA					
Ensayo de resistencia a la compresión a 28 días	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	168026.444	8	21003.306	27.621	0.000
Dentro de grupos	27374.800	36	760.411		
<b>Total</b>	<b>195401.244</b>	<b>44</b>			

*Nota.* La tabla muestra los resultados del análisis de varianza Anova del ensayo de resistencia a la compresión a 28 días.

- ✓ **Decisión:**

Según la tabla N° 126, el valor “P” de significancia (Sig.), en todos los casos, es menor a 0.05. Por ende, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

- ✓ **Conclusión:**

Cuando menos uno de las dosis de microsilice y aditivo superplastificante tiene un efecto significativo, sobre las demás dosis, del ensayo de resistencia a la compresión a 28 días. Por lo cual, se debe llevar a cabo la prueba de análisis Post Hoc de Anova para identificar el mejor tratamiento.

- **Prueba de análisis Post Hoc de Anova (Tukey)**

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 127** Prueba de análisis de Post Hoc de Anova – Tukey para ensayo de resistencia a la compresión a 28 días

Resistencia a la compresión a 28 días				
HSD Tukey		Subconjunto para alfa = 0.05		
%Microsilíce + %Aditivo	N	1	2	3
Superplastificante				
5% + 1.00%	5	519.4000		
5% + 1.15%	5	530.4000		
10% + 1.35%	5	561.6000		
5% + 0.85%	5		628.2000	
15% + 1.25%	5		<b>631.0000</b>	
10% + 1.15%	5		638.2000	
10% + 1.25%	5		653.6000	
15% + 1.75%	5		660.6000	660.6000
15% + 1.50%	5			714.6000
<b>Sig.</b>		0.305	0.645	0.080

*Nota.* La tabla muestra los resultados del análisis post hoc Anova del ensayo de resistencia a la compresión a 28 días.

- ✓ **Conclusión:**

Según la tabla N° 127, la dosis del 15% de microsilíce con el 1.50% de aditivo superplastificante es el mejor tratamiento en vista de que obtuvo la mejor resistencia en el ensayo de resistencia a la compresión a 28 días.

### e.3. Ensayo de resistencia a la compresión a 56 días

- **Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk)**

- ✓ **Planteamiento de hipótesis:**

- $H_0$ : La distribución de los datos es normal.
    - $H_a$ : La distribución de los datos no es normal.

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Criterio de rechazo:**

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .
    - Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 128** Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días

		Pruebas de normalidad			
		Shapiro-Wilk			
	Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)	Estadístico	gl	Sig.
Ensayo de resistencia a la compresión a 56 días	5	0.85	0.853	5	0.205
		1.00	0.898	5	0.397
		1.15	0.847	5	0.185
	10	1.15	0.877	5	0.295
		1.25	0.964	5	0.837
		1.35	0.849	5	0.191
	15	1.25	0.852	5	0.200
		1.50	0.969	5	0.868
		1.75	0.932	5	0.611

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la prueba de normalidad para ensayo de la resistencia a la compresión a 56 días.

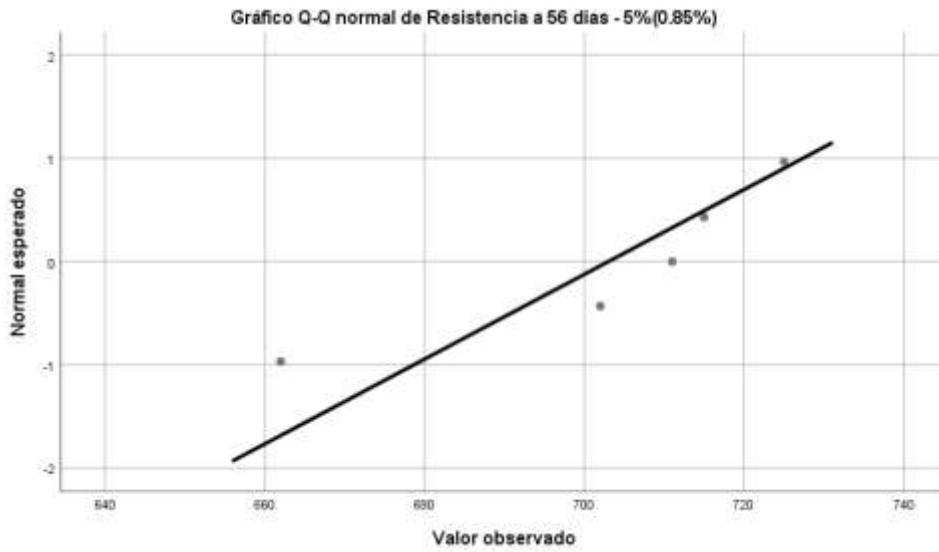
- ✓ **Decisión:**

Según la tabla N° 128, el valor “P” de significancia (Sig.), en todos los casos, es mayor a 0.05. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

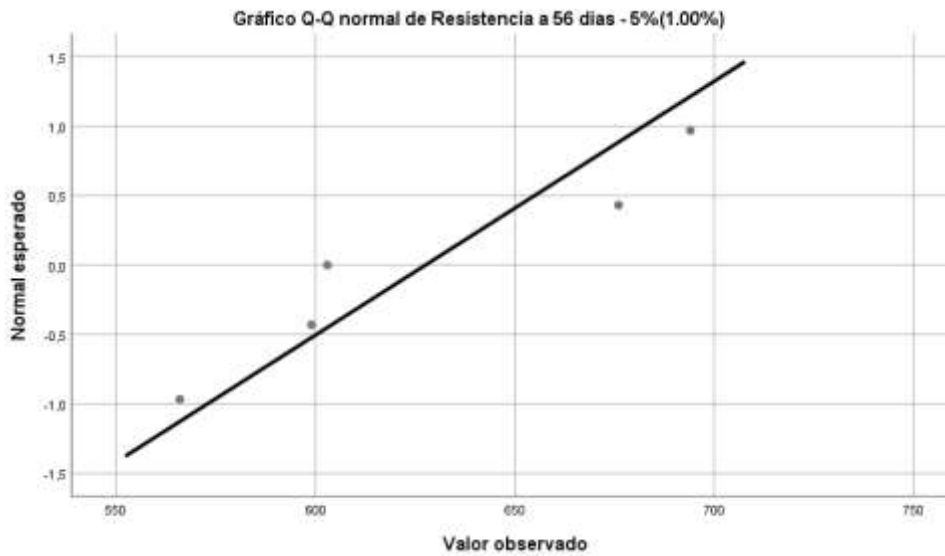
- ✓ **Conclusión:**

Los datos evaluados del ensayo de resistencia a la compresión a 56 días presentan una distribución normal.

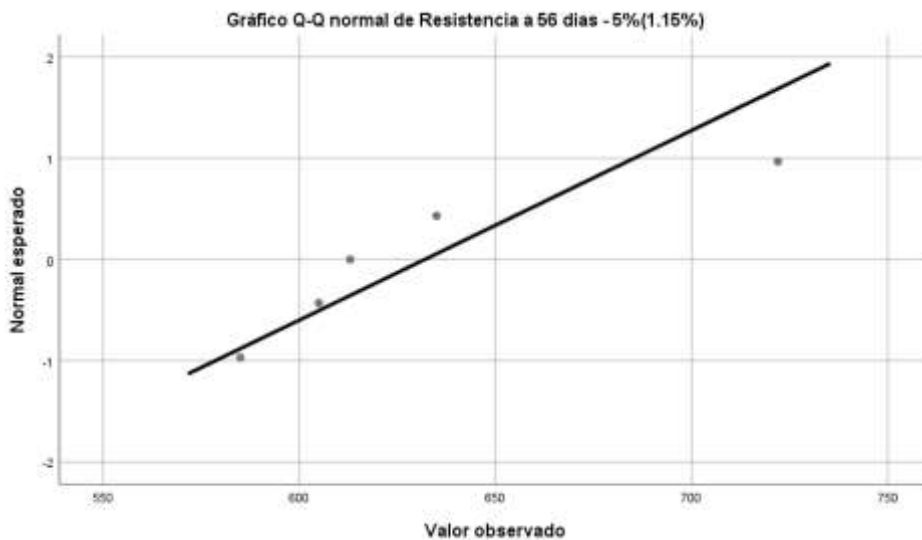
**Figura 51** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días – Diseño 5% (0.85%)



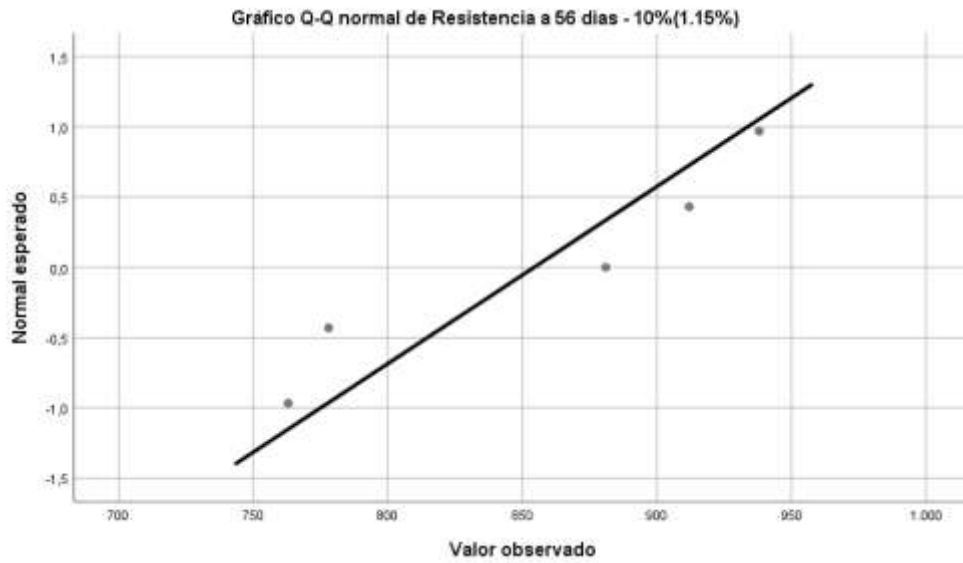
**Figura 52** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días – Diseño 5% (1.00%)



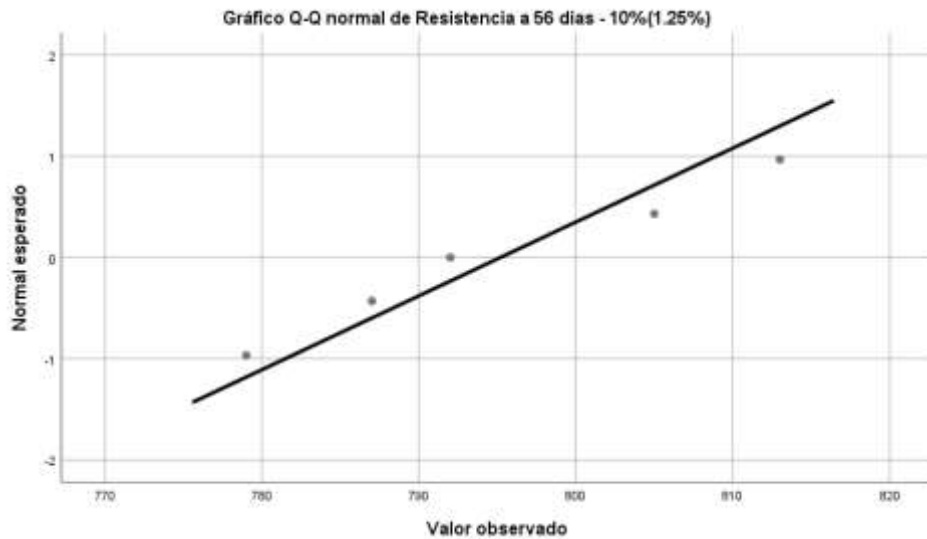
**Figura 53** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días – Diseño 5% (1.15%)



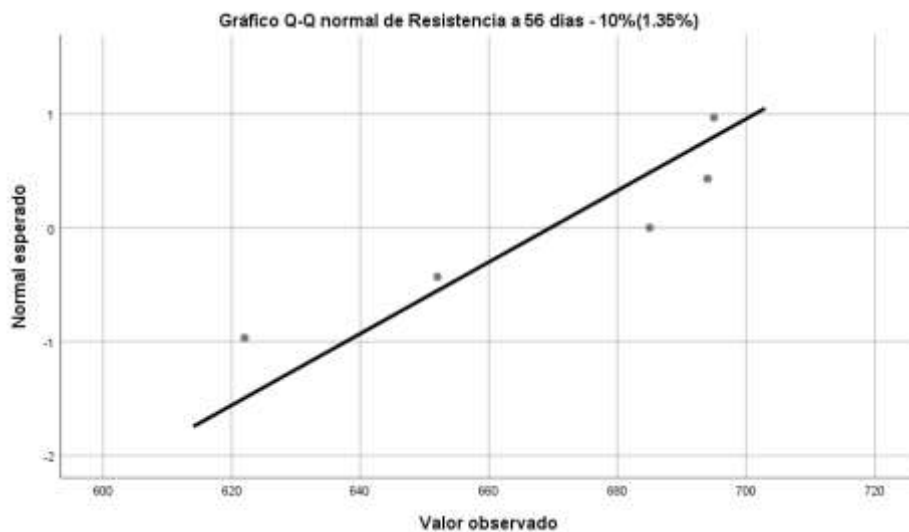
**Figura 54** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días – Diseño 10% (1.15%)



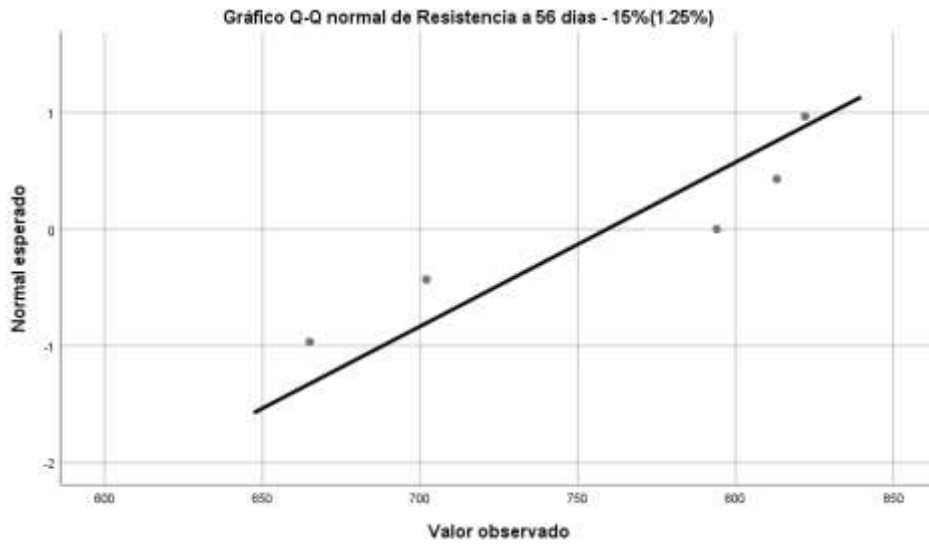
**Figura 55** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días – Diseño 10% (1.25%)



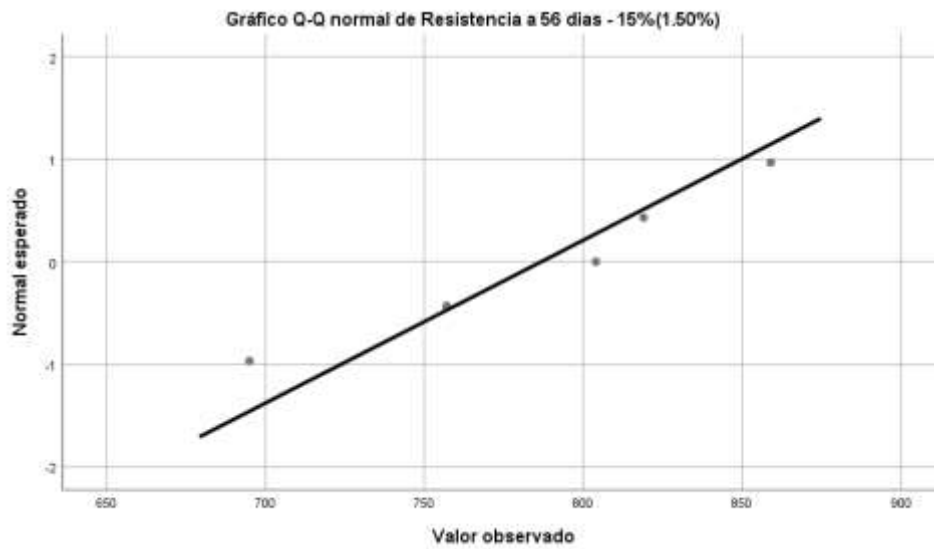
**Figura 56** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días – Diseño 10% (1.35%)



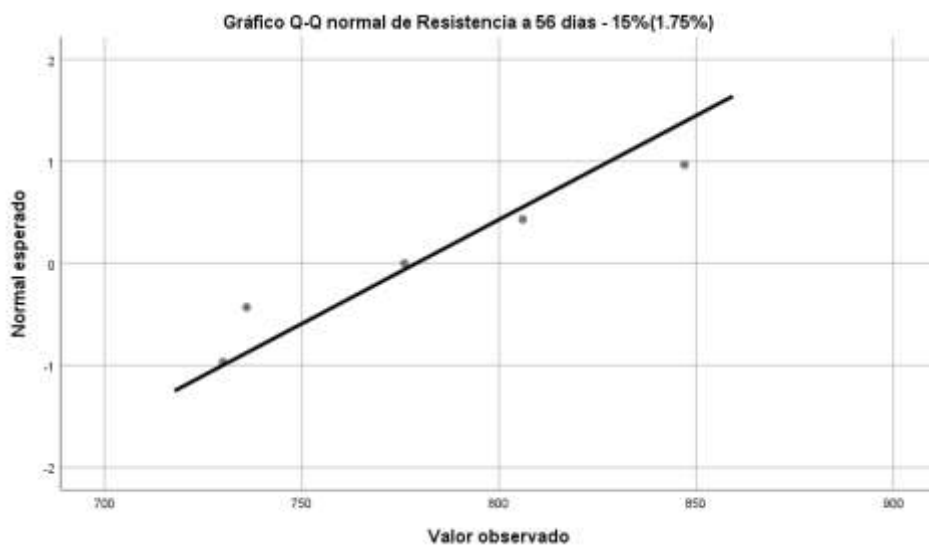
**Figura 57** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días – Diseño 15% (1.25%)



**Figura 58** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días – Diseño 15% (1.50%)



**Figura 59** Gráfico de normalidad para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días – Diseño 15% (1.75%)



- **Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene)**

- ✓ **Planteamiento de hipótesis:**

- $H_0$ : La varianza de los grupos son homogéneas.
    - $H_a$ : La varianza de los grupos no son homogéneas.

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Criterio de rechazo:**

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .
    - Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 129** Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días

Prueba de homogeneidad de varianzas					
	Descripción	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
<b>Ensayo de resistencia a la compresión a 56 días</b>	Se basa en la media	3.432	8	36	0.005
	Se basa en la mediana	1.059	8	36	0.413
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.059	8	24.752	0.422
	Se basa en la media recortada	3.280	8	36	0.007

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas del ensayo de resistencia a la compresión a 56 días.

- ✓ **Decisión:**

Según la tabla N° 129, el valor “P” de significancia (Sig.), en todos los casos, es menor a 0.05. Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

- ✓ **Conclusión:**

Se afirma que las varianzas de los grupos del ensayo de resistencia a la compresión a 56 días no son homogéneas.

- **Prueba de Análisis de Varianza (Anova)**

- ✓ **Planteamiento de hipótesis:**

- $H_0$ : No existe diferencia significativa.
- $H_a$ : Existe diferencia significativa.

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Criterio de rechazo:**

- Si el valor “P” (Sig.)  $< 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .
- Si el valor “P” (Sig.)  $> 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 130** Prueba de análisis de varianza – Anova para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días

ANOVA					
Ensayo de resistencia a la compresión a 56 días	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	252613.644	8	31576.706	11.207	0.000
Dentro de grupos	101430.000	36	2817.500		
<b>Total</b>	<b>354043.644</b>	<b>44</b>			

*Nota.* La tabla muestra los resultados del análisis de varianza Anova del ensayo de resistencia a la compresión a 56 días.

- ✓ **Decisión:**

Según la tabla N° 130, el valor “P” de significancia (Sig.), en todos los casos, es menor a 0.05. Por ende, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

- ✓ **Conclusión:**

Cuando menos uno de las dosis de microsilíce y aditivo superplastificante tiene un efecto significativo, sobre las demás dosis, del ensayo de resistencia a la compresión a 56 días. Por lo cual, se debe llevar a cabo la prueba de análisis Post Hoc de Anova para identificar el mejor tratamiento.



- **Prueba de análisis Post Hoc de Anova (Tukey)**

- ✓ **Nivel de Significancia:**

El nivel de confianza es del 95%, con una significancia de ( $\alpha = 0.05$ ).

- ✓ **Resultado del cálculo estadístico – IBM SPSS Statistics:**

**Tabla 131** Prueba de análisis de Post Hoc de Anova – Tukey para ensayo de resistencia a la compresión a 56 días

Resistencia a la compresión a 56 días					
HSD Tukey					
%Microsílice + %Aditivo		Subconjunto para alfa = 0.05			
Superplastificante	N	1	2	3	4
5% + 1.00%	5	627.6000			
5% + 1.15%	5	632.0000			
10% + 1.35%	5	669.6000	669.6000		
5% + 0.85%	5	703.0000	703.0000	703.0000	
15% + 1.25%	5		759.2000	759.2000	759.2000
15% + 1.75%	5		779.0000	779.0000	779.0000
15% + 1.50%	5			786.8000	786.8000
10% + 1.25%	5			795.2000	795.2000
10% + 1.15%	5				854.4000
<b>Sig.</b>		0.400	0.055	0.168	0.140

*Nota.* La tabla muestra los resultados del análisis post hoc Anova del ensayo de resistencia a la compresión a 56 días.

- ✓ **Conclusión:**

Según la tabla N° 131, la dosis del 10% de microsíllice con el 1.15% de aditivo superplastificante es el mejor tratamiento en vista de que obtuvo la mejor resistencia en el ensayo de resistencia a la compresión a 56 días.

## Apéndice B. Diseño de mezclas de concreto antideslave según la metodología del ACI 237R-07.

**Datos previos:** Caracterización de los agregados y materiales

**Tabla 132** Resumen de la caracterización de los agregados

Propiedad física	Agregado fino	Agregado grueso
TMN	-	3/8"
Módulo de finura	3.0	5.7
Humedad (%)	0.7	0.5
PUSS (kg/m <sup>3</sup> )	1610	1320
PUCS (kg/m <sup>3</sup> )	1800	1440
P.E. (kg/m <sup>3</sup> )	2650	2620
Absorción (%)	1.1	1.5

*Nota.* La tabla muestra los resultados de caracterización de agregados.

**Tabla 133** Resumen de la caracterización de los materiales

Propiedad física	Cemento Tipo I	Agua	Microsilíce	Aditivo Superplastificante
P.E. (kg/m <sup>3</sup> )	3120	1000	2200	1100

*Nota.* La tabla muestra el peso específico de los materiales empleados para el diseño de mezclas.

### Paso 1: Se selecciona el valor inicial de asentamiento

De acuerdo a la tabla N° 35, se eligió un valor inicial de 660 mm. Flujo que cumple con los niveles críticos más requeridos por diversas características en elementos estructurales.

### Paso 2: Se selecciona la relación agua/material cementicio (a/mc)

Según la tabla N° 36, se optó por una relación (a/mc) de 0.45

### Paso 3: Se estima la cantidad de material cementicio

En la tabla N° 37 muestra la cantidad de material cementicio recomendado conforme al valor inicial de asentamiento seleccionado, entonces, al tener un flujo de 660 mm le corresponde tener una cantidad de material cementicio mayor a 458 kg/m<sup>3</sup>, es por ello que se empleó una cantidad de 460 kg/m<sup>3</sup>.

Cantidad material cementicio (cemento y microsilíce) = 460 kg/m<sup>3</sup>.

Asimismo, la cantidad de cemento y microsilíce que comprende dicha cantidad de material cementicio es hallado acorde al porcentaje de microsilíce.

**Tabla 134** Cantidad de material cementicio, cemento y microsíllice por m<sup>3</sup>

Diseños de Microsíllice (%)	Material cementicio (kg/m <sup>3</sup> )	Cemento (kg/m <sup>3</sup> )	Microsíllice (kg/m <sup>3</sup> )
5	460	437	23
10	460	414	46
15	460	391	69

*Nota.* La tabla muestra la cantidad de los componentes del material cementicio de los diseños de mezclas.

#### Paso 4: Se estima la cantidad del agua de diseño

La cantidad de agua de diseño es estimada según la dosis de microsíllice y la relación agua/material cementicio definido.

**Tabla 135** Cantidad de agua de diseño por m<sup>3</sup>

Diseños de Microsíllice (%)	Agua de diseño (lt/m <sup>3</sup> )
5	197
10	186
15	176

*Nota.* La tabla muestra el contenido de agua de los diseños de mezcla.

#### Paso 5: Se estima la cantidad de aditivo superplastificante

Teniendo en cuenta antecedentes y recomendaciones por parte del asesor de esta investigación, se propusieron 3 dosis para cada diseño de microsíllice, haciendo un total de 9 dosis de aditivo. La cantidad de aditivo es estimada respecto al peso del cemento.

**Tabla 136** Cantidad de aditivo superplastificante por m<sup>3</sup>

Diseños de Microsíllice (%)	Cemento (kg/m <sup>3</sup> )	Aditivo (%)	Aditivo (lt/m <sup>3</sup> )
5	437	0.85	3.71
		1.00	4.37
		1.15	5.03
10	414	1.15	4.76
		1.25	5.18
		1.35	5.59
15	391	1.25	4.89
		1.50	5.87
		1.75	6.84

*Nota.* La tabla muestra las dosis de aditivo en los diseños de mezclas.

#### Paso 6: Se selecciona el contenido de aire atrapado

El TMN del agregado grueso que se obtuvo de acuerdo al análisis granulométrico es de 3/8", así que, mediante la tabla N°38 se puede observar que el contenido de aire atrapado es del 3.0%

### Paso 7: Se calcula los volúmenes absolutos de la pasta y agregados

Se procede a calcular los volúmenes de cada material con las ecuaciones ya mencionadas en el capítulo de metodología.

**Tabla 137** *Volumen Absoluto: 5% Microsílice + 0.85% Aditivo Superplastificante*

<b>Materiales</b>	<b>Peso seco</b>	<b>Volumen absoluto</b>
Cemento (kg)	437	0.1401
Agua de diseño (lt)	197	0.1967
Microsílice (kg)	23	0.0105
Aditivo Superplastificante (lt)	3.71	0.0034
Aire (%)	3.0	0.0300
Volumen Abs. Pasta	-	0.3805
Volumen Abs. Agregados	-	0.6195
<b>Volumen Abs. Total</b>		<b>1.000</b>

*Nota.* La tabla muestra el volumen absoluto del diseño 5% (0.85%).

**Tabla 138** *Volumen Absoluto: 5% Microsílice + 1.00% Aditivo Superplastificante*

<b>Materiales</b>	<b>Peso seco</b>	<b>Volumen absoluto</b>
Cemento (kg)	437	0.1401
Agua de diseño (lt)	197	0.1967
Microsílice (kg)	23	0.0105
Aditivo Superplastificante (lt)	4.37	0.0040
Aire (%)	3.0	0.0300
Volumen Abs. Pasta	-	0.3811
Volumen Abs. Agregados	-	0.6189
<b>Volumen Abs. Total</b>		<b>1.000</b>

*Nota.* La tabla muestra el volumen absoluto del diseño 5% (1.00%).

**Tabla 139** *Volumen Absoluto: 5% Microsílice + 1.15% Aditivo Superplastificante*

<b>Materiales</b>	<b>Peso seco</b>	<b>Volumen absoluto</b>
Cemento (kg)	437	0.1401
Agua de diseño (lt)	197	0.1967
Microsílice (kg)	23	0.0105
Aditivo Superplastificante (lt)	5.03	0.0046
Aire (%)	3.0	0.0300
Volumen Abs. Pasta	-	0.3817
Volumen Abs. Agregados	-	0.6183
<b>Volumen Abs. Total</b>		<b>1.000</b>

*Nota.* La tabla muestra el volumen absoluto del diseño 5% (1.15%).

**Tabla 140** *Volumen Absoluto: 10% Microsílice + 1.15% Aditivo Superplastificante*

<b>Materiales</b>	<b>Peso seco</b>	<b>Volumen absoluto</b>
Cemento (kg)	414	0.1327
Agua de diseño (lt)	186	0.1863
Microsílice (kg)	46	0.0209
Aditivo Superplastificante (lt)	4.76	0.0043
Aire (%)	3.0	0.0300
Volumen Abs. Pasta	-	0.3742
Volumen Abs. Agregados	-	0.6258
<b>Volumen Abs. Total</b>		<b>1.000</b>

*Nota.* La tabla muestra el volumen absoluto del diseño 10% (1.15%).

**Tabla 141** *Volumen Absoluto: 10% Microsílice + 1.25% Aditivo Superplastificante*

<b>Materiales</b>	<b>Peso seco</b>	<b>Volumen absoluto</b>
Cemento (kg)	414	0.1327
Agua de diseño (lt)	186	0.1863
Microsílice (kg)	46	0.0209
Aditivo Superplastificante (lt)	5.18	0.0047
Aire (%)	3.0	0.0300
Volumen Abs. Pasta	-	0.3746
Volumen Abs. Agregados	-	0.6254
<b>Volumen Abs. Total</b>		<b>1.000</b>

*Nota.* La tabla muestra el volumen absoluto del diseño 10% (1.25%).

**Tabla 142** *Volumen Absoluto: 10% Microsílice + 1.35% Aditivo Superplastificante*

<b>Materiales</b>	<b>Peso seco</b>	<b>Volumen absoluto</b>
Cemento (kg)	414	0.1327
Agua de diseño (lt)	186	0.1863
Microsílice (kg)	46	0.0209
Aditivo Superplastificante (lt)	5.59	0.0051
Aire (%)	3.0	0.0300
Volumen Abs. Pasta	-	0.3750
Volumen Abs. Agregados	-	0.6250
<b>Volumen Abs. Total</b>		<b>1.000</b>

*Nota.* La tabla muestra el volumen absoluto del diseño 10% (1.35%).

**Tabla 143** *Volumen Absoluto: 15% Microsílice + 1.25% Aditivo Superplastificante*

<b>Materiales</b>	<b>Peso seco</b>	<b>Volumen absoluto</b>
Cemento (kg)	391	0.1253
Agua de diseño (lt)	176	0.1760
Microsílice (kg)	69	0.0314
Aditivo Superplastificante (lt)	4.89	0.0044
Aire (%)	3.0	0.0300
Volumen Abs. Pasta	-	0.3671
Volumen Abs. Agregados	-	0.6329
<b>Volumen Abs. Total</b>		<b>1.000</b>

*Nota.* La tabla muestra el volumen absoluto del diseño 15% (1.25%).

**Tabla 144** *Volumen Absoluto: 15% Microsílice + 1.50% Aditivo Superplastificante*

<b>Materiales</b>	<b>Peso seco</b>	<b>Volumen absoluto</b>
Cemento (kg)	391	0.1253
Agua de diseño (lt)	176	0.1760
Microsílice (kg)	69	0.0314
Aditivo Superplastificante (lt)	5.87	0.0053
Aire (%)	3.0	0.0300
Volumen Abs. Pasta	-	0.3680
Volumen Abs. Agregados	-	0.6320
<b>Volumen Abs. Total</b>		<b>1.000</b>

*Nota.* La tabla muestra el volumen absoluto del diseño 15% (1.50%).

**Tabla 145** Volumen Absoluto: 15% Microsilíce + 1.75% Aditivo Superplastificante

<b>Materiales</b>	<b>Peso seco</b>	<b>Volumen absoluto</b>
Cemento (kg)	391	0.1253
Agua de diseño (lt)	176	0.1760
Microsilíce (kg)	69	0.0314
Aditivo Superplastificante (lt)	6.84	0.0062
Aire (%)	3.0	0.0300
Volumen Abs. Pasta	-	0.3689
Volumen Abs. Agregados	-	0.6311
<b>Volumen Abs. Total</b>		<b>1.000</b>

Nota. La tabla muestra el volumen absoluto del diseño 15% (1.75%).

### Paso 8: Se estima el contenido de agregado grueso y agregado fino

Para estimar el contenido de agregado grueso y fino, se usará el método Fuller. Este método es ideal para mezclas con un alto contenido de finos, el cual consiste en obtener una curva grafica ideal que presente la combinación (mezcla) de agregados en base al TMN del agregado grueso (3/8”) y al tamiz de referencia D (9.50).

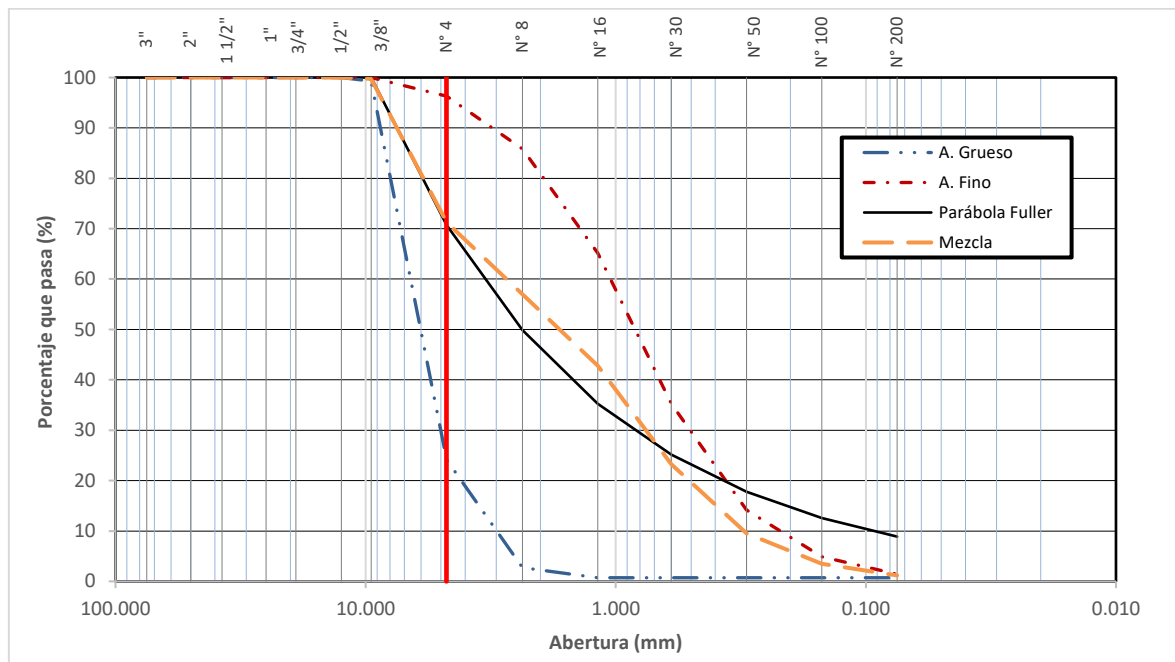
En primer lugar, se debe tener en cuenta el porcentaje que pasa de cada agregado y, por medio de las ecuaciones mencionadas en el capítulo de metodología, se determina los valores pasantes (Pi).

**Tabla 146** Análisis granulométrico de Fuller

<b>Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>% Que pasa A. Grueso</b>	<b>% Que pasa A. Fino</b>	<b>% Que pasa Mezcla</b>	<b>Fuller</b>	
					<b>D</b>	<b>Pi</b>
3”	75.00	100.0	100.0	100.0		
2”	50.00	100.0	100.0	100.0		
1 1/2”	37.50	100.0	100.0	100.0		
1”	25.00	100.0	100.0	100.0		
3/4”	19.00	100.0	100.0	100.0		
1/2”	12.50	100.0	100.0	100.0		
3/8”	9.50	99.3	100.0	99.7	9.50	100
N° 4	4.75	24.1	96.3	71.2		71
N° 8	2.36	2.7	85.8	57.0		50
N° 16	1.18	0.7	65.2	42.8		35
N° 30	0.60	0.7	35.2	23.3		25
N° 50	0.30	0.7	14.2	9.5		18
N° 100	0.15	0.7	4.9	3.5		13
N° 200	0.08	0.7	1.4	1.2		9
		<b><math>\alpha = 0.35</math></b>	<b><math>\beta = 0.65</math></b>			

Nota. La tabla muestra el análisis granulométrico del agregado grueso, fino, la mezcla y la parábola de Fuller.

Luego, se grafican las cuatro curvas granulométricas de la tabla N° 146 y se determina los valores de “ $\alpha$ ” (% en volumen del A. Fino) y “ $\beta$ ” (% en volumen del A. Grueso). Para ello, se traza una línea vertical por la malla N°4 y los puntos de intersección con la curva del agregado fino, agregado grueso y Fuller son los valores: A (96), B (24) y C (71), respectivamente.

**Figura 60** Curva granulométrica de Fuller


Una vez obtenido los valores de “ $\alpha$ ” y “ $\beta$ ”, se calcula el volumen absoluto de cada agregado y sus pesos secos con las ecuaciones mencionadas en el capítulo de metodología.

**Tabla 147** Volumen Abs. de los agregados por  $m^3$ 

Diseño		Volumen Abs. Agregados ( $m^3$ )	Volumen Abs. Agregado Grueso ( $m^3$ )	Volumen Abs. Agregado Fino ( $m^3$ )
Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)			
5	0.85	0.6195	0.2151	0.4044
	1.00	0.6189	0.2149	0.4040
	1.15	0.6183	0.2147	0.4036
10	1.15	0.6258	0.2173	0.4085
	1.25	0.6254	0.2172	0.4082
	1.35	0.6250	0.2170	0.4080
15	1.25	0.6329	0.2198	0.4132
	1.50	0.6320	0.2195	0.4126
	1.75	0.6311	0.2191	0.4120

*Nota.* La tabla muestra el volumen absoluto de los agregados de los diseños.

**Tabla 148** Pesos secos del contenido de agregado grueso y fino por  $m^3$ 

Diseño		Volumen Abs. Agregados ( $m^3$ )	Agregado Grueso (kg)	Agregado Fino (kg)
Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)			
5	0.85	0.6195	564	1072
	1.00	0.6189	563	1071
	1.15	0.6183	562	1070
10	1.15	0.6258	569	1082
	1.25	0.6254	569	1082
	1.35	0.6250	569	1081
15	1.25	0.6329	576	1095
	1.50	0.6320	575	1093
	1.75	0.6311	574	1092

*Nota.* La tabla muestra el peso seco de los agregados de los diseños.

**Paso 9: Se realiza el ajuste por contenido de humedad de los agregados**
**Tabla 149** *Materiales corregidos por humedad: 5% Microsilíce + (0.85, 1.00, 1.15) % Aditivo Superplastificante*

Diseño		Materiales	Pesos secos	Pesos corregidos por humedad	
Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)				
5	0.85	Cemento (kg)	437	437	
		Agregado fino (kg)	1072	1079	
		Agregado grueso (kg)	564	566	
		Agua de diseño (lt)	197	210	
		Microsilíce (kg)	23	23	
		Aditivo Superplastificante (lt)	3.71	3.71	
		Aire (%)	-	-	
		1.00	Cemento (kg)	437	437
			Agregado fino (kg)	1071	1078
			Agregado grueso (kg)	563	566
			Agua de diseño (lt)	197	210
			Microsilíce (kg)	23	23
			Aditivo Superplastificante (lt)	4.37	4.37
		Aire (%)	-	-	
		1.15	Cemento (kg)	437	437
	Agregado fino (kg)		1070	1077	
	Agregado grueso (kg)		562	565	
	Agua de diseño (lt)		197	210	
	Microsilíce (kg)		23	23	
	Aditivo Superplastificante (lt)		5.03	5.03	
	Aire (%)	-	-		

*Nota.* La tabla muestra los pesos corregidos por humedad de los diseños del 5% (0.85%), 5% (1.00%) y 5% (1.15%).

**Tabla 150** *Materiales corregidos por humedad: 10% Microsilíce + (1.15, 1.25, 1.35) % Aditivo Superplastificante*

Diseño		Materiales	Pesos secos	Pesos corregidos por humedad	
Microsilíce (%)	Aditivo Superplastificante (%)				
10	1.15	Cemento (kg)	414	414	
		Agregado fino (kg)	1082	1090	
		Agregado grueso (kg)	569	572	
		Agua de diseño (lt)	186	199	
		Microsilíce (kg)	46	46	
		Aditivo Superplastificante (lt)	4.76	4.76	
		Aire (%)	-	-	
		1.25	Cemento (kg)	414	414
			Agregado fino (kg)	1082	1089
			Agregado grueso (kg)	569	572
			Agua de diseño (lt)	186	199
			Microsilíce (kg)	46	46
			Aditivo Superplastificante (lt)	5.18	5.18
		Aire (%)	-	-	
		1.35	Cemento (kg)	414	414
	Agregado fino (kg)		1081	1089	
	Agregado grueso (kg)		569	571	
	Agua de diseño (lt)		186	199	
	Microsilíce (kg)		46	46	
	Aditivo Superplastificante (lt)		5.59	5.59	
	Aire (%)	-	-		



Nota. La tabla muestra los pesos corregidos por humedad de los diseños del 10% (1.15%), 10% (1.25%) y 10% (1.35%).

**Tabla 151** *Materiales corregidos por humedad: 15% Microsilice + (1.25, 1.50, 1.75) % Aditivo Superplastificante*

Diseño		Materiales	Pesos secos	Pesos corregidos por humedad
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)			
15	1.25	Cemento (kg)	391	391
		Agregado fino (kg)	1095	1103
		Agregado grueso (kg)	576	579
		Agua de diseño (lt)	176	189
		Microsilice (kg)	69	69
		Aditivo Superplastificante (lt)	4.89	4.89
		Aire (%)	-	-
	1.50	Cemento (kg)	391	391
		Agregado fino (kg)	1093	1101
		Agregado grueso (kg)	575	578
		Agua de diseño (lt)	176	189
		Microsilice (kg)	69	69
		Aditivo Superplastificante (lt)	5.87	5.87
		Aire (%)	-	-
	1.75	Cemento (kg)	491	391
Agregado fino (kg)		1092	1099	
Agregado grueso (kg)		574	577	
Agua de diseño (lt)		176	189	
Microsilice (kg)		69	69	
Aditivo Superplastificante (lt)		6.84	6.84	
	Aire (%)	-	-	

Nota. La tabla muestra los pesos corregidos por humedad de los diseños del 15% (1.25%), 15% (1.50%) y 15% (1.75%).

### Paso 10: Se efectúa las proporciones en peso y volumen

En obra, se emplea como unidad de medida estándar a la bolsa de cemento, por lo que se procede a convertir los pesos de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua a esta unidad.

**Tabla 152** *Proporción en peso y volumen: 5% Microsilice + (0.85, 1.00, 1.15) % Aditivo Superplastificante*

Diseño		Materiales	Peso por bolsa de cemento	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen por bolsa de cemento m <sup>3</sup>
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)				
5	0.85	Cemento	1	0.29	1
		A. Fino	2.47	0.67	2.3
		A. Grueso	1.30	0.43	1.47
		Agua	0.48	20.4 (L/bolsa)	20.4 (L/bolsa)
	1.00	Cemento	1	0.29	1
		A. Fino	2.47	0.67	2.30
		A. Grueso	1.29	0.43	1.47
		Agua	0.48	20.4 (L/bolsa)	20.4 (L/bolsa)
	1.15	Cemento	1	0.29	1
		A. Fino	2.46	0.67	2.30
		A. Grueso	1.29	0.43	1.47
		Agua	0.48	20.4 (L/bolsa)	20.4 (L/bolsa)

*Nota.* La tabla muestra las proporciones en peso y volumen de los diseños del 5% (0.85%), 5% (1.00%) y 5% (1.15%).

**Tabla 153** *Proporción en peso y volumen: 10% Microsilice + (1.15, 1.25, 1.35) % Aditivo Superplastificante*

Diseño		Materiales	Peso por bolsa de cemento	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen por bolsa de cemento m <sup>3</sup>
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)				
10	1.15	Cemento	1	0.28	1
		A. Fino	2.63	0.68	2.45
		A. Grueso	1.38	0.43	1.57
		Agua	0.48	20.5 (L/bolsa)	20.5 (L/bolsa)
	1.25	Cemento	1	0.28	1
		A. Fino	2.63	0.68	2.45
		A. Grueso	1.38	0.43	1.57
		Agua	0.48	20.5 (L/bolsa)	20.5 (L/bolsa)
	1.35	Cemento	1	0.28	1
		A. Fino	2.63	0.68	2.45
		A. Grueso	1.38	0.43	1.57
		Agua	0.48	20.5 (L/bolsa)	20.5 (L/bolsa)

*Nota.* La tabla muestra las proporciones en peso y volumen de los diseños del 10% (1.15%), 10% (1.25%) y 10% (1.35%).

**Tabla 154** *Proporción en peso y volumen: 15% Microsilice + (1.25, 1.50, 1.75) % Aditivo Superplastificante*

Diseño		Materiales	Peso por bolsa de cemento	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen por bolsa de cemento m <sup>3</sup>
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)				
15	1.25	Cemento	1	0.26	1
		A. Fino	2.82	0.68	2.63
		A. Grueso	1.48	0.44	1.68
		Agua	0.48	20.6 (L/bolsa)	20.6 (L/bolsa)
	1.50	Cemento	1	0.26	1
		A. Fino	2.82	0.68	2.62
		A. Grueso	1.48	0.44	1.68
		Agua	0.48	20.6 (L/bolsa)	20.6 (L/bolsa)
	1.75	Cemento	1	0.26	1
		A. Fino	2.81	0.68	2.62
		A. Grueso	1.48	0.44	1.68
		Agua	0.48	20.6 (L/bolsa)	20.6 (L/bolsa)

*Nota.* La tabla muestra las proporciones en peso y volumen de los diseños del 15% (1.25%), 15% (1.50%) y 15% (1.75%).

### Apéndice C. Análisis de costos

Para el análisis de costos es necesario tener definido los materiales, rendimientos (mano de obra) y especificaciones (equipos) de la partida. Las cantidades de los materiales a emplear para la elaboración de un metro cúbico ( $m^3$ ) de concreto antideslave con microsíllice Sika Fume y aditivo superplastificante Sika ViscoCrete SC-50, está sujeto a los pesos corregidos por humedad del diseño de mezcla. En cuanto a los rendimientos, se estima el promedio de mano de obra para edificaciones, dicha información es utilizada bajo los criterios técnicos de CAPECO.

**Tabla 155** Rendimientos promedio de mano de obra.

N° Partida	Unidad	Rendimiento (8 horas)	Cuadrilla			Equipo y/o Herramienta
			Operario	Oficial	Peón	
<b>Concreto Armado</b>						
Zapata	m3	25	2	2	8	1 mezclador 1 vibrador
Columna	m3	10	2	2	10	1 mezclador 1 vibrador
Viga	m3	20	2	2	10	1 mezclador 1 vibrador

*Nota:* La tabla muestra los rendimientos promedio de mano de obra para elementos de concreto armado (zapata, columna y viga). Fuente: CAPECO, 2014.

Partida N°01: Concreto en Zapata  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. Unidad: m<sup>3</sup>

- Especificaciones: Preparado con mezcladora de 9-11 p<sup>3</sup> y vibrador de concreto.
- Cuadrilla: Preparación y vaciado (2 operarios + 2 oficiales + 8 peones).
- Rendimiento: Preparación y vaciado (25 m<sup>3</sup>/día).
- Horas de trabajo: 8 horas diarias.

Con los datos de la tabla N° 156 y con la anterior descripción, se procede a realizar el análisis de costo unitario.

**Tabla 156** Costo unitario por m<sup>3</sup> para un concreto antideslave con 15% Microsíllice + 1.25% Aditivo Superplastificante

CONCRETO ANTIDESLAVE PARA ZAPATAS								
Partida	01.06.01.03		EQ. 25.0000			Costo unitario directo por: m <sup>3</sup>	632.47	
Rendimiento	m <sup>3</sup> /DIA	25.0000						
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
0101010003	OPERARIO		hh	2.0000	0.6400	11.40	7.30	
0101010004	OFICIAL		hh	2.0000	0.6400	10.22	6.54	
0101010005	PEON		hh	8.0000	2.5600	9.23	23.63	
							<b>37.47</b>	

<b>Materiales</b>						
0207010013	PIEDRA CHANCADA 3/8"	m3		0.4020	31.00	12.46
0207020001 0002	ARENA GRUESA	m3		0.6130	32.50	19.92
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.1890	5.00	0.95
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9.2000	25.00	230.00
0222150001 0023	ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	lts		4.8900	10.50	51.35
0222210002	MICROSILICE	kg		69.0000	4.00	276.00
						<b>590.68</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	37.47	1.12
0301290003 0004	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 18 HP 11 p3	hm	1.0000	0.3200	10.00	3.20
						<b>4.32</b>

Nota. La tabla muestra el costo unitario por m3 del diseño óptimo de concreto antideslave.

**Tabla 157** Costo unitario por m<sup>3</sup> para un concreto convencional.

Partida	<b>CONCRETO PARA ZAPATAS</b>						
	<b>f'c=210 kg/cm2</b>						
Rendimiento	<b>01.06.01.01</b>	<b>25.0000</b>	EQ.	<b>25.0000</b>		Costo unitario directo por: m3	<b>578.43</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO		hh	2.0000	0.6400	11.40	7.30
0101010004	OFICIAL		hh	2.0000	0.6400	10.22	6.54
0101010005	PEON		hh	8.0000	2.5600	9.23	23.63
							<b>37.47</b>
<b>Materiales</b>							
0207010013	PIEDRA CHANCADA 3/8"		m3		0.8500	31.00	26.35
02070200010 002	ARENA GRUESA		m3		0.4200	32.50	13.65
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.1800	5.00	0.90
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		9.7400	25.00	243.50
							<b>284.40</b>
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	37.47	1.12
03012900010 002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	1.0000	0.3200	7.00	2.24
03012900030 001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.3200	10.00	3.20
0301010006	EQUIPO DE BOMBEO		glb		1.0000	250.00	250.00
							<b>256.56</b>

Nota. La tabla muestra el costo unitario por m3 de un concreto convencional para zapatas.

## ANEXOS

### ANEXO N°1. Caracterización de agregados

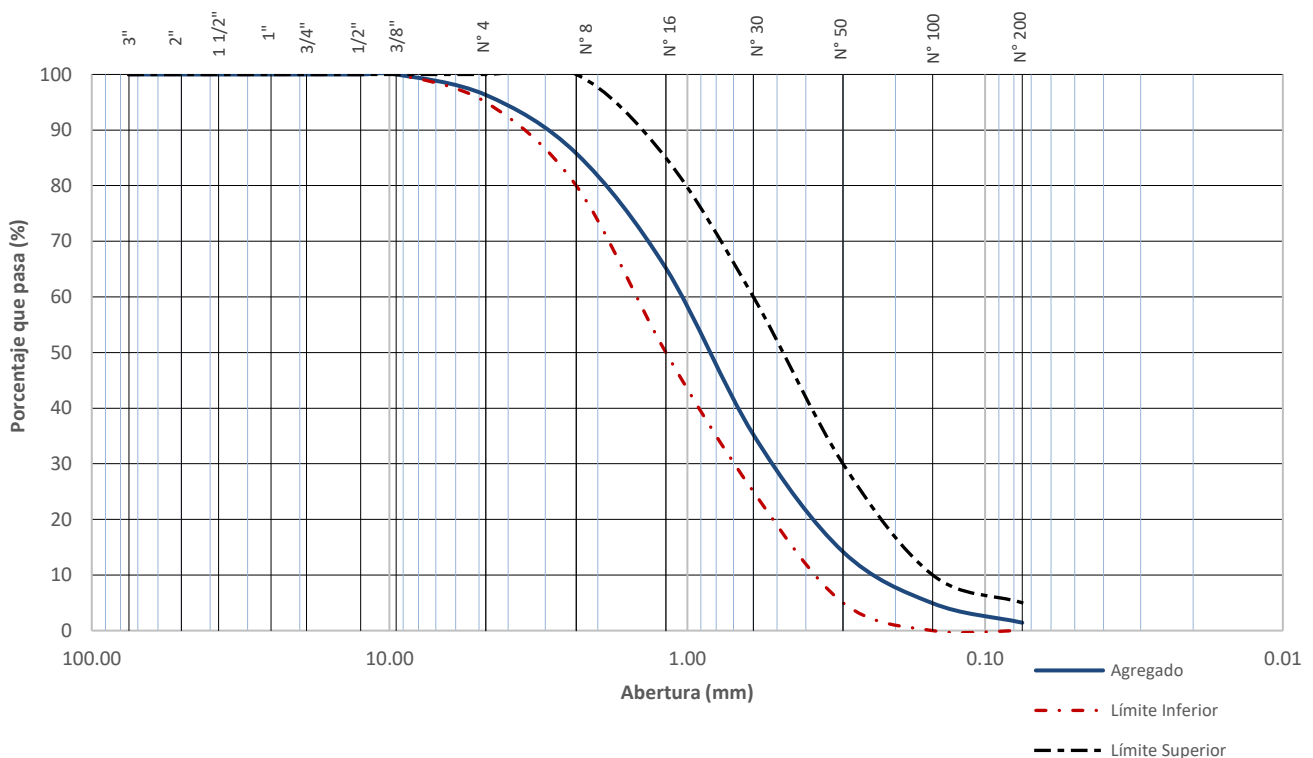
#### Análisis granulométrico de los agregados

Tabla 158 Análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa	Límites (NTP 400.037)	
						Mínimo	Máximo
3"	75.00	0	0	0	100	100	100
2"	50.00	0	0	0	100	100	100
1 1/2"	37.50	0	0	0	100	100	100
1"	25.00	0	0	0	100	100	100
3/4"	19.00	0	0	0	100	100	100
1/2"	12.50	0	0	0	100	100	100
3/8"	9.50	0	0	0	100	100	100
N° 4	4.75	46	4	4	96	95	100
N° 8	2.36	130	11	14	86	80	100
N° 16	1.18	255	21	35	65	50	85
N° 30	0.60	370	30	65	35	25	60
N° 50	0.30	260	21	86	14	5	30
N° 100	0.15	114	9	95	5	0	10
N° 200	0.08	43	3	99	1	0	5
Fondo	-	18	1	100	0	0	0
Total	-	1236	100				

Nota. La tabla muestra los resultados del ensayo granulométrico del agregado fino.

Figura 61 Curva granulométrica del agregado fino.

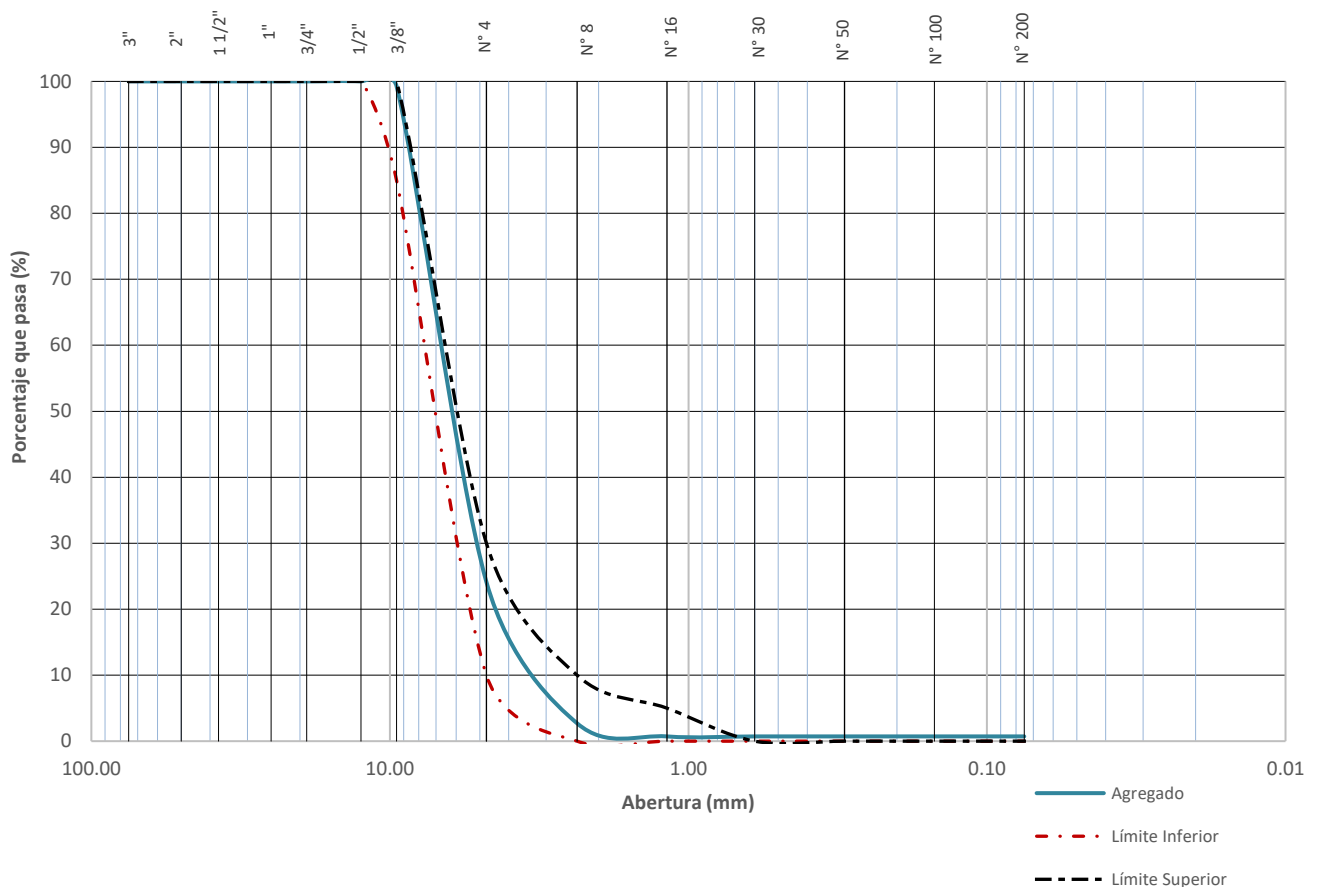


**Tabla 159** Análisis granulométrico del agregado grueso

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa	Límites (NTP 400.037)	
						Mínimo	Máximo
3"	75.00	0	0	0	100	100	100
2"	50.00	0	0	0	100	100	100
1 1/2"	37.50	0	0	0	100	100	100
1"	25.00	0	0	0	100	100	100
3/4"	19.00	0	0	0	100	100	100
1/2"	12.50	0	0	0	100	100	100
3/8"	9.50	16	1	1	99	85	100
N° 4	4.75	1667	75	76	24	10	30
N° 8	2.36	475	21	97	3	0	10
N° 16	1.18	44	2	99	1	0	5
N° 30	0.60	0	0	99	1	0	0
N° 50	0.30	0	0	99	1	0	0
N° 100	0.15	0	0	99	1	0	0
N° 200	0.08	0	0	99	1	0	0
Fondo	-	16	0.7	100	0	0	0
Total	-	2218	100				

Nota. La tabla muestra los resultados del ensayo granulométrico del agregado grueso.

**Figura 62** Curva granulométrica del agregado grueso.



## Contenido de humedad de los agregados

**Tabla 160** Contenido de humedad del agregado fino

Muestra	Código	Tara (g)	Tara + Muestra natural (g)	Tara + Muestra seca (g)	Peso de la muestra natural (g)	Peso de la muestra seca (g)	Humedad (w%)
Agregado fino	M1	116.8	1255.4	1248.1	1138.6	1131.3	0.6
	M2	117.3	1257.5	1250.4	1140.2	1133.1	0.6
	M3	117.7	1263.9	1254.0	1146.2	1136.3	0.9
						<b>Promedio</b>	<b>0.7</b>

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de humedad del agregado fino.

**Tabla 161** Contenido de humedad del agregado grueso

Muestra	Código	Tara (g)	Tara + Muestra natural (g)	Tara + Muestra seca (g)	Peso de la muestra natural (g)	Peso de la muestra seca (g)	Humedad (w%)
Agregado fino	M1	260	2408	2397	2148	2137	0.5
	M2	262	2303	2295	2041	2033	0.4
	M3	257	2350	2338	2093	2081	0.6
						<b>Promedio</b>	<b>0.5</b>

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de humedad del agregado grueso.

## Peso unitario suelto y compactado de los agregados

**Tabla 162** Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de recipiente (kg)	3.525	3.525	3.525
Peso de recipiente + Muestra suelta (kg)	14.861	14.810	14.861
Peso de recipiente + Muestra compactada (kg)	16.187	16.261	16.235
Peso de muestra en estado suelto (kg)	11.336	11.285	11.336
Peso de muestra en estado compactado (kg)	12.662	12.736	12.710
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> )	0.0071	0.0071	0.0071
Peso unitario suelto seco – PUSS (kg/m <sup>3</sup> )	1608	1601	1608
<b>Promedio PUSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>1610</b>	
Peso unitario compactado seco (kg/m <sup>3</sup> )	1796	1807	1803
<b>Promedio PUCS (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>1800</b>	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del peso unitario suelto (PUSS) y compactado (PUCS) del agregado fino.

**Tabla 163** *Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de recipiente (kg)	3.527	3.527	3.527
Peso de recipiente + Muestra suelta (kg)	12.925	12.837	12.725
Peso de recipiente + Muestra compactada (kg)	13.572	13.713	13.642
Peso de muestra en estado suelto (kg)	9.398	9.310	9.198
Peso de muestra en estado compactado (kg)	10.045	10.186	10.115
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> )	0.0071	0.0071	0.0071
Peso unitario suelto seco – PUSS (kg/m <sup>3</sup> )	1333	1321	1305
<b>Promedio PUSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>1320</b>	
Peso unitario compactado seco (kg/m <sup>3</sup> )	1425	1445	1435
<b>Promedio PUCS (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>1440</b>	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del peso unitario suelto (PUSS) y compactado (PUCS) del agregado grueso.

### Peso específico y absorción de los agregados

**Tabla 164** *Peso específico y absorción del agregado fino*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
A: Peso de la muestra secada en horno al aire (g)	504.2	512.4	507.2
B: Peso de la fiola + Agua (g)	667.5	667.5	667.5
C: Peso de la fiola + Agua + Muestra SSS (g)	985.9	992.6	988.0
S: Peso de la muestra SSS (g)	510.0	516.2	514.0
Peso específico de masa seca – Pem (kg/m <sup>3</sup> )	2632	2681	2621
<b>Promedio Pem (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>2650</b>	
Peso específico – PeSSS (kg/m <sup>3</sup> )	2662	2701	2656
<b>Promedio PeSSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>2670</b>	
Peso específico aparente – Pea (kg/m <sup>3</sup> )	2714	2736	2717
<b>Promedio Pea (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>2720</b>	
Absorción (%)	1.2	0.7	1.3
<b>Promedio Abs (%)</b>		<b>1.1</b>	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del peso específico y la absorción del agregado fino.



**Tabla 165** *Peso específico y absorción del agregado grueso*

<b>Descripción</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
A: Peso de la muestra secada en horno al aire (g)	504.2	512.4	507.2
B: Peso de la fiola + Agua (g)	667.5	667.5	667.5
C: Peso de la fiola + Agua + Muestra SSS (g)	985.9	992.6	988.0
S: Peso de la muestra SSS (g)	510.0	516.2	514.0
Peso específico de masa seca – Pem (kg/m <sup>3</sup> )	2632	2681	2621
<b>Promedio Pem (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>2650</b>	
Peso específico – PeSSS (kg/m <sup>3</sup> )	2662	2701	2656
<b>Promedio PeSSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>2670</b>	
Peso específico aparente – Pea (kg/m <sup>3</sup> )	2714	2736	2717
<b>Promedio Pea (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>2720</b>	
Absorción (%)	1.2	0.7	1.3
<b>Promedio Abs (%)</b>		<b>1.1</b>	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del peso específico y la absorción del agregado grueso.

**ANEXO N°2. Peso unitario del concreto**
**Tabla 166** *Peso unitario del concreto: 5% Microsilice + 0.85% Aditivo Superplastificante*

<b>Descripción</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
Peso del molde (kg)	2.059	2.059	2.059
Peso del molde + concreto (kg)	19.830	19.640	19.615
Volumen del molde (m <sup>3</sup> )	0.074	0.074	0.074
Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	2401	2376	2372
<b>Promedio peso unitario (kg/m<sup>3</sup>)</b>		2383	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de peso unitario del diseño 5% (0.85%).

**Tabla 167** *Peso unitario del concreto: 5% Microsilice + 1.00% Aditivo Superplastificante*

<b>Descripción</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
Peso del molde (kg)	2.059	2.059	2.059
Peso del molde + concreto (kg)	19.686	19.819	19.636
Volumen del molde (m <sup>3</sup> )	0.074	0.074	0.074
Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	2382	2400	2375
<b>Promedio peso unitario (kg/m<sup>3</sup>)</b>		2386	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de peso unitario del diseño 5% (1.00%).

**Tabla 168** *Peso unitario del concreto: 5% Microsilice + 1.15% Aditivo Superplastificante*

<b>Descripción</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
Peso del molde (kg)	2.059	2.059	2.059
Peso del molde + concreto (kg)	19.777	19.898	19.774
Volumen del molde (m <sup>3</sup> )	0.074	0.074	0.074
Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	2394	2411	2394
<b>Promedio peso unitario (kg/m<sup>3</sup>)</b>		2400	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de peso unitario del diseño 5% (1.15%).

**Tabla 169** *Peso unitario del concreto: 10% Microsílice + 1.15% Aditivo Superplastificante*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del molde (kg)	2.059	2.059	2.059
Peso del molde + concreto (kg)	20.004	19.783	19.636
Volumen del molde (m <sup>3</sup> )	0.074	0.074	0.074
Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	2425	2395	2375
<b>Promedio peso unitario (kg/m<sup>3</sup>)</b>		2398	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de peso unitario del diseño 10% (1.15%).

**Tabla 170** *Peso unitario del concreto: 10% Microsílice + 1.25% Aditivo Superplastificante*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del molde (kg)	2.059	2.059	2.059
Peso del molde + concreto (kg)	19.731	19.617	19.759
Volumen del molde (m <sup>3</sup> )	0.074	0.074	0.074
Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	2388	2373	2392
<b>Promedio peso unitario (kg/m<sup>3</sup>)</b>		2384	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de peso unitario del diseño 10% (1.25%).

**Tabla 171** *Peso unitario del concreto: 10% Microsílice + 1.35% Aditivo Superplastificante*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del molde (kg)	2.059	2.059	2.059
Peso del molde + concreto (kg)	19.945	19.921	19.774
Volumen del molde (m <sup>3</sup> )	0.074	0.074	0.074
Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	2417	2414	2394
<b>Promedio peso unitario (kg/m<sup>3</sup>)</b>		2408	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de peso unitario del diseño 10% (1.35%).

**Tabla 172** *Peso unitario del concreto: 15% Microsílice + 1.25% Aditivo Superplastificante*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del molde (kg)	2.059	2.059	2.059
Peso del molde + concreto (kg)	19.538	19.589	19.686
Volumen del molde (m <sup>3</sup> )	0.074	0.074	0.074
Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	2362	2369	2382
<b>Promedio peso unitario (kg/m<sup>3</sup>)</b>		2371	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de peso unitario del diseño 15% (1.25%).

**Tabla 173** *Peso unitario del concreto: 15% Microsílice + 1.50% Aditivo Superplastificante*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del molde (kg)	2.059	2.059	2.059
Peso del molde + concreto (kg)	20.048	19.939	19.734
Volumen del molde (m <sup>3</sup> )	0.074	0.074	0.074
Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	2431	2416	2389
<b>Promedio peso unitario (kg/m<sup>3</sup>)</b>		2412	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de peso unitario del diseño 15% (1.50%).

**Tabla 174** *Peso unitario del concreto: 15% Microsílice + 1.75% Aditivo Superplastificante*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del molde (kg)	2.059	2.059	2.059
Peso del molde + concreto (kg)	19.971	19.984	19.997
Volumen del molde (m <sup>3</sup> )	0.074	0.074	0.074
Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	2421	2422	2424
<b>Promedio peso unitario (kg/m<sup>3</sup>)</b>		2422	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de peso unitario del diseño 15% (1.25%).

**ANEXO N°3. Pérdida de finos de una mezcla fresca**
**Tabla 175 Pérdida de finos: 5% Microsilice + 0.85% Aditivo Superplastificante**

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del recipiente (g)	616.48	616.48	616.48
Peso del recipiente + Masa inicial (g)	2624.13	2621.88	2619.95
Peso del recipiente + Masa final (g)	2563.56	2557.15	2561.39
Masa inicial (g)	2007.65	2005.40	2003.47
Masa final (g)	1947.08	1940.67	1944.91
Pérdida de finos (%)	3.11	3.34	3.01
<b>Promedio pérdida de finos (%)</b>		3.15	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de pérdida de finos del diseño 5% (0.85%).

**Tabla 176 Pérdida de finos: 5% Microsilice + 1.00% Aditivo Superplastificante**

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del recipiente (g)	616.48	616.48	616.48
Peso del recipiente + Masa inicial (g)	2622.21	2626.29	2622.50
Peso del recipiente + Masa final (g)	2504.62	2502.82	2501.34
Masa inicial (g)	2005.73	2009.81	2006.02
Masa final (g)	1888.14	1886.34	1884.86
Pérdida de finos (%)	6.23	6.55	6.43
<b>Promedio pérdida de finos (%)</b>		6.40	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de pérdida de finos del diseño 5% (1.00%).

**Tabla 177 Pérdida de finos: 5% Microsilice + 1.15% Aditivo Superplastificante**

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del recipiente (g)	616.48	616.48	616.48
Peso del recipiente + Masa inicial (g)	2624.01	2626.48	2624.72
Peso del recipiente + Masa final (g)	1706.17	1703.43	1701.18
Masa inicial (g)	2007.53	2010.00	2008.24
Masa final (g)	1089.69	1086.95	1084.70
Pérdida de finos (%)	84.23	84.92	85.14
<b>Promedio pérdida de finos (%)</b>		84.76	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de pérdida de finos del diseño 5% (1.15%).

**Tabla 178** Pérdida de finos: 10% Microsilice + 1.15% Aditivo Superplastificante

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del recipiente (g)	616.48	616.48	616.48
Peso del recipiente + Masa inicial (g)	2623.43	2628.64	2625.14
Peso del recipiente + Masa final (g)	2564.42	2576.49	2569.75
Masa inicial (g)	2006.95	2012.16	2008.66
Masa final (g)	1947.94	1960.01	1953.27
Pérdida de finos (%)	3.03	2.66	2.84
<b>Promedio pérdida de finos (%)</b>		2.84	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de pérdida de finos del diseño 10% (1.15%).

**Tabla 179** Pérdida de finos: 10% Microsilice + 1.25% Aditivo Superplastificante

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del recipiente (g)	616.48	616.48	616.48
Peso del recipiente + Masa inicial (g)	2622.60	2620.57	2627.36
Peso del recipiente + Masa final (g)	2536.73	2528.05	2539.08
Masa inicial (g)	2006.12	2004.09	2010.88
Masa final (g)	1920.25	1911.57	1922.60
Pérdida de finos (%)	4.47	4.84	4.59
<b>Promedio pérdida de finos (%)</b>		4.63	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de pérdida de finos del diseño 10% (1.25%).

**Tabla 180** Pérdida de finos: 10% Microsilice + 1.35% Aditivo Superplastificante

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del recipiente (g)	616.48	616.48	616.48
Peso del recipiente + Masa inicial (g)	2628.01	2626.84	2621.97
Peso del recipiente + Masa final (g)	2484.53	2482.30	2474.02
Masa inicial (g)	2011.53	2010.36	2005.49
Masa final (g)	1868.05	1865.82	1857.54
Pérdida de finos (%)	7.68	7.75	7.96
<b>Promedio pérdida de finos (%)</b>		7.80	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de pérdida de finos del diseño 10% (1.35%).

**Tabla 181 Pérdida de finos: 15% Microsilice + 1.25% Aditivo Superplastificante**

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del recipiente (g)	616.48	616.48	616.48
Peso del recipiente + Masa inicial (g)	2625.74	2623.49	2625.02
Peso del recipiente + Masa final (g)	2602.46	2598.69	2606.53
Masa inicial (g)	2009.26	2007.01	2008.54
Masa final (g)	1985.98	1982.21	1990.05
Pérdida de finos (%)	1.17	1.25	0.93
<b>Promedio pérdida de finos (%)</b>		1.12	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de pérdida de finos del diseño 15% (1.25%).

**Tabla 182 Pérdida de finos: 15% Microsilice + 1.50% Aditivo Superplastificante**

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del recipiente (g)	616.48	616.48	616.48
Peso del recipiente + Masa inicial (g)	2621.87	2624.33	2626.11
Peso del recipiente + Masa final (g)	2547.01	2553.35	2549.94
Masa inicial (g)	2005.39	2007.85	2009.63
Masa final (g)	1930.53	1936.87	1933.46
Pérdida de finos (%)	3.88	3.66	3.94
<b>Promedio pérdida de finos (%)</b>		3.83	

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de pérdida de finos del diseño 15% (1.50%).

**Tabla 183 Pérdida de finos: 15% Microsilice + 1.75% Aditivo Superplastificante**

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del recipiente (g)	616.48	616.48	616.48
Peso del recipiente + Masa inicial (g)	2628.00	2618.95	2623.19
Peso del recipiente + Masa final (g)	2505.62	2489.70	2496.83
Masa inicial (g)	2011.52	2002.47	2006.71
Masa final (g)	1889.14	1873.22	1880.35
Pérdida de finos (%)	6.48	6.90	6.72
<b>Promedio pérdida de finos (%)</b>		6.70	

La tabla muestra los resultados del ensayo de pérdida de finos del diseño 15% (1.75%).

**ANEXO N°4. Resistencia a la compresión.**
**Resistencia a la compresión a 7 días**
**Tabla 184 Resistencia a la compresión a 7 días: 5% Microsílice + 0.85 % Aditivo Superplastificante**

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	36717	458	
LRC-02	10.1	80.12	38105	476	
LRC-03	10.1	80.12	38987	487	484
LRC-04	10.1	80.12	36897	461	
LRC-05	10.1	80.12	42973	536	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 7 días del diseño de 5% (0.85%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 185 Resistencia a la compresión a 7 días: 5% Microsílice + 1.00 % Aditivo Superplastificante**

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	30148	376	
LRC-02	10.1	80.12	36833	460	
LRC-03	10.1	80.12	36692	458	447
LRC-04	10.1	80.12	38811	484	
LRC-05	10.1	80.12	36642	457	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 7 días del diseño de 5% (1.00%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 186 Resistencia a la compresión a 7 días: 5% Microsílice + 1.15 % Aditivo Superplastificante**

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	33883	423	
LRC-02	10.1	80.12	34612	432	
LRC-03	10.1	80.12	30354	379	396
LRC-04	10.1	80.12	30874	385	
LRC-05	10.1	80.12	29102	363	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 7 días del diseño de 5% (1.15%) de microsílice y aditivo superplastificante.



**Tabla 187 Resistencia a la compresión a 7 días: 10% Microsílice + 1.15 % Aditivo Superplastificante**

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	39363	491	
LRC-02	10.1	80.12	42077	525	
LRC-03	10.1	80.12	38435	480	495
LRC-04	10.1	80.12	38870	485	
LRC-05	10.1	80.12	39466	493	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 7 días del diseño de 10% (1.15%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 188 Resistencia a la compresión a 7 días: 10% Microsílice + 1.25 % Aditivo Superplastificante**

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	39101	488	
LRC-02	10.1	80.12	38624	482	
LRC-03	10.1	80.12	39517	493	488
LRC-04	10.1	80.12	39123	488	
LRC-05	10.1	80.12	39162	489	

La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 7 días del diseño de 10% (1.25%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 189 Resistencia a la compresión a 7 días: 10% Microsílice + 1.35 % Aditivo Superplastificante**

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	32329	404	
LRC-02	10.1	80.12	34597	432	
LRC-03	10.1	80.12	29203	364	398
LRC-04	10.1	80.12	31719	396	
LRC-05	10.1	80.12	31480	393	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 7 días del diseño de 10% (1.35%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 190 Resistencia a la compresión a 7 días: 15% Microsílice + 1.25 % Aditivo Superplastificante**

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	35352	441	
LRC-02	10.1	80.12	37244	465	
LRC-03	10.1	80.12	37130	463	463
LRC-04	10.1	80.12	38971	486	
LRC-05	10.1	80.12	36961	461	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 7 días del diseño de 15% (1.25%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 191 Resistencia a la compresión a 7 días: 15% Microsílice + 1.50 % Aditivo Superplastificante**

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	38148	476	
LRC-02	10.1	80.12	37476	468	
LRC-03	10.1	80.12	36576	457	468
LRC-04	10.1	80.12	37725	471	
LRC-05	10.1	80.12	37521	468	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 7 días del diseño de 15% (1.50%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 192 Resistencia a la compresión a 7 días: 15% Microsílice + 1.75 % Aditivo Superplastificante**

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	34033	425	
LRC-02	10.1	80.12	34365	429	
LRC-03	10.1	80.12	34412	430	428
LRC-04	10.1	80.12	33612	420	
LRC-05	10.1	80.12	34735	434	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 7 días del diseño de 15% (1.75%) de microsílice y aditivo superplastificante.

## Resistencia a la compresión a 28 días

**Tabla 193** Resistencia a la compresión a 28 días: 5% Microsílice + 0.85 % Aditivo Superplastificante

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	50589	631	
LRC-02	10.1	80.12	48980	611	
LRC-03	10.1	80.12	49270	615	628
LRC-04	10.1	80.12	50567	631	
LRC-05	10.1	80.12	52284	653	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 28 días del diseño de 5% (0.85%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 194** Resistencia a la compresión a 28 días: 5% Microsílice + 1.00 % Aditivo Superplastificante

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	40846	510	
LRC-02	10.1	80.12	41299	515	
LRC-03	10.1	80.12	40057	500	519
LRC-04	10.1	80.12	42072	525	
LRC-05	10.1	80.12	43811	547	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 28 días del diseño de 5% (1.00%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 195** Resistencia a la compresión a 28 días: 5% Microsílice + 1.15 % Aditivo Superplastificante

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	41078	513	
LRC-02	10.1	80.12	40569	506	
LRC-03	10.1	80.12	43973	549	530
LRC-04	10.1	80.12	40461	505	
LRC-05	10.1	80.12	46409	579	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 28 días del diseño de 5% (1.15%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 196** Resistencia a la compresión a 28 días: 10% Microsílice + 1.15 % Aditivo Superplastificante

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	48487	605	
LRC-02	10.1	80.12	51300	640	
LRC-03	10.1	80.12	51875	647	638
LRC-04	10.1	80.12	52930	661	
LRC-05	10.1	80.12	51090	638	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 28 días del diseño de 10% (1.15%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 197** Resistencia a la compresión a 28 días: 10% Microsílice + 1.25 % Aditivo Superplastificante

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	52891	660	
LRC-02	10.1	80.12	54447	680	
LRC-03	10.1	80.12	51440	642	654
LRC-04	10.1	80.12	50541	631	
LRC-05	10.1	80.12	52447	655	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 28 días del diseño de 10% (1.25%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 198** Resistencia a la compresión a 28 días: 10% Microsílice + 1.35 % Aditivo Superplastificante

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	43505	543	
LRC-02	10.1	80.12	42430	530	
LRC-03	10.1	80.12	46567	581	562
LRC-04	10.1	80.12	46831	585	
LRC-05	10.1	80.12	45614	569	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 28 días del diseño de 10% (1.35%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 199** Resistencia a la compresión a 28 días: 15% Microsílice + 1.25 % Aditivo Superplastificante

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	50339	628	
LRC-02	10.1	80.12	50460	630	
LRC-03	10.1	80.12	49559	619	631
LRC-04	10.1	80.12	48956	611	
LRC-05	10.1	80.12	53417	667	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 28 días del diseño de 15% (1.25%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 200** Resistencia a la compresión a 28 días: 15% Microsílice + 1.50 % Aditivo Superplastificante

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	50054	625	
LRC-02	10.1	80.12	59672	745	
LRC-03	10.1	80.12	57259	715	715
LRC-04	10.1	80.12	60358	753	
LRC-05	10.1	80.12	58909	735	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 28 días del diseño de 15% (1.50%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 201** Resistencia a la compresión a 28 días: 15% Microsílice + 1.75 % Aditivo Superplastificante

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	52283	653	
LRC-02	10.1	80.12	51616	644	
LRC-03	10.1	80.12	50944	636	661
LRC-04	10.1	80.12	56194	701	
LRC-05	10.1	80.12	53603	669	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 28 días del diseño de 15% (1.75%) de microsílice y aditivo superplastificante.

## Resistencia a la compresión a 56 días

**Tabla 202** Resistencia a la compresión a 56 días: 5% Microsílice + 0.85 % Aditivo Superplastificante

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	58064	725	
LRC-02	10.1	80.12	56977	711	
LRC-03	10.1	80.12	53011	662	703
LRC-04	10.1	80.12	57255	715	
LRC-05	10.1	80.12	56270	702	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 56 días del diseño de 5% (0.85%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 203** Resistencia a la compresión a 56 días: 5% Microsílice + 1.00 % Aditivo Superplastificante

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	55598	694	
LRC-02	10.1	80.12	48338	603	
LRC-03	10.1	80.12	54136	676	628
LRC-04	10.1	80.12	47968	599	
LRC-05	10.1	80.12	45338	566	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 56 días del diseño de 5% (1.00%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 204** Resistencia a la compresión a 56 días: 5% Microsílice + 1.15 % Aditivo Superplastificante

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	48478	605	
LRC-02	10.1	80.12	49121	613	
LRC-03	10.1	80.12	50858	635	632
LRC-04	10.1	80.12	57851	722	
LRC-05	10.1	80.12	46846	585	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 56 días del diseño de 5% (1.15%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 205 Resistencia a la compresión a 56 días: 10% Microsílice + 1.15 % Aditivo Superplastificante**

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	61135	763	
LRC-02	10.1	80.12	73103	912	
LRC-03	10.1	80.12	62356	778	854
LRC-04	10.1	80.12	75158	938	
LRC-05	10.1	80.12	70588	881	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 56 días del diseño de 10% (1.15%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 206 Resistencia a la compresión a 56 días: 10% Microsílice + 1.25 % Aditivo Superplastificante**

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	62416	779	
LRC-02	10.1	80.12	64465	805	
LRC-03	10.1	80.12	65158	813	795
LRC-04	10.1	80.12	63417	792	
LRC-05	10.1	80.12	63030	787	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 56 días del diseño de 10% (1.25%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 207 Resistencia a la compresión a 56 días: 10% Microsílice + 1.35 % Aditivo Superplastificante**

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	55601	694	
LRC-02	10.1	80.12	55657	695	
LRC-03	10.1	80.12	49806	622	670
LRC-04	10.1	80.12	54883	685	
LRC-05	10.1	80.12	52248	652	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 56 días del diseño de 10% (1.35%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 208** Resistencia a la compresión a 56 días: 15% Microsílice + 1.25 % Aditivo Superplastificante

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	65148	813	
LRC-02	10.1	80.12	53266	655	
LRC-03	10.1	80.12	56258	702	759
LRC-04	10.1	80.12	65833	822	
LRC-05	10.1	80.12	63577	794	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 56 días del diseño de 15% (1.25%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 209** Resistencia a la compresión a 56 días: 15% Microsílice + 1.50 % Aditivo Superplastificante

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	68784	859	
LRC-02	10.1	80.12	60642	757	
LRC-03	10.1	80.12	55705	695	787
LRC-04	10.1	80.12	65631	819	
LRC-05	10.1	80.12	64423	804	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 56 días del diseño de 15% (1.50%) de microsílice y aditivo superplastificante.

**Tabla 210** Resistencia a la compresión a 56 días: 15% Microsílice + 1.75 % Aditivo Superplastificante

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
LRC-01	10.1	80.12	64610	806	
LRC-02	10.1	80.12	58994	736	
LRC-03	10.1	80.12	67865	847	779
LRC-04	10.1	80.12	58520	730	
LRC-05	10.1	80.12	62168	776	

*Nota.* La tabla muestra los resultados de resistencia a la compresión a 56 días del diseño de 15% (1.75%) de microsílice y aditivo superplastificante.



**ANEXO N°5.** Panel fotográfico.

**Figura 63** Cuarteo de los agregados



**Figura 64** Granulometría de los agregados



**Figura 65** *Peso unitario suelto de los agregados*



**Figura 66** *Peso unitario compactado de los agregados*



**Figura 67** *Peso específico y absorción del agregado grueso*



**Figura 68** *Peso específico y absorción del agregado fino*



**Figura 69** Pesaje de los materiales por tanda de diseño



**Figura 70** Adición mineral Sika Fume y aditivo superplastificante Sika ViscoCrete SC-50



**Figura 71** Mezclado de los materiales en el trompo



**Figura 72** Ensayo de temperatura



**Figura 73** Ensayo de peso unitario



**Figura 74** Ensayo de escurrimiento



**Figura 75** Toma de medidas del ensayo de escurrimiento



**Figura 76** Ensayo de la caja en L



**Figura 77** Toma de medidas del ensayo de caja en L



**Figura 78** Ensayo del embudo en V





**Figura 79** Elaboración y conformación de probetas cilíndricas de 4" x 8"



**Figura 80** Codificación de probetas cilíndricas de concreto



**Figura 81** Curado de probetas cilíndricas de concreto



**Figura 82** Medición de probetas cilíndricas de concreto



**Figura 83** Identificación de probetas cilíndricas a ensayar en la prensa hidráulica



**Figura 84** Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto



**Figura 85** Resultado aleatorio de probeta cilíndrica a ensayo de resistencia a compresión



**Figura 86** Segundo resultado aleatorio de probeta cilíndrica a ensayo de resistencia a compresión



**Figura 87** Rotura de probetas cilíndricas de concreto



**Figura 88** Vista interna de la distribución de los componentes de la probeta ensayada



**Figura 89** *Tubo-embudo y recipiente de vidrio para método Tremie*



**Figura 90** *Colocación de concreto por el método Tremie*



**Figura 91** Concreto después de su colocación (izquierda) y concreto después de 2 horas (derecha) por el método Tremie



**Figura 92** Concreto luego de 2 horas de reposo en el recipiente de vidrio



**Figura 93** *Tubo y canastilla para ensayo de pérdida de finos*



**Figura 94** *Introducción de la canastilla con la muestra de concreto al interior del tubo con agua*





**Figura 95** Masa inicial y masa final de una muestra de concreto del ensayo de pérdida de finos



**Figura 96** Reposo de la muestra de concreto con una ligera inclinación de la canastilla para que el agua superficial drene



**Figura 97** Muestra de concreto en canastilla antes y después de su inmersión en el tubo con agua

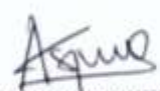


**Figura 98** Aspecto de las muestras extraídas de la canastilla después de su inmersión en el tubo con agua

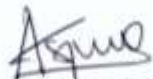


ANEXO N°6. Guías de observación validadas.

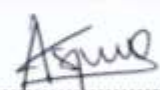
Diseño		Código				
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)	Observación				
		Ensayos en estado fresco	M-01	M-02	M-03	
5	0.85	Valor V <sub>81</sub>	0	0	0	
		Ecurrimiento	D1 (mm)	700	670	690
			D2 (mm)	695	670	680
			D3 (mm)	698	670	685
			PROMEDIO (mm)	684		
			T50 (s)	3.34	4.89	5.56
		PROMEDIO (s)	4.60			
		Caja en L	T20 (s)	1.56	1.92	1.49
			T40 (s)	4.82	5.10	4.64
			I11 (mm)	13.60	14.00	13.50
			I12 (mm)	6.00	5.80	6.00
			CIL	0.44	0.41	0.44
		PROMEDIO	0.43			
		Embutido en V	Tv (s)	10.98	10.31	9.72
			PROMEDIO (s)	10.34		
Segregación		No	No	No		
Halo		No	No	No		
Concentración de agregados		No	No	No		



Alberto Rubén Vásquez Díaz  
ING. CIVIL  
R. CIP: N° 106228

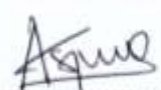
Diseño		Código				
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)	Observación				
		Ensayos en estado fresco		M-01	M-02	M-03
5	1.00	Valor VSI		0	0	0
		Escurrimiento	D1 (mm)	730	755	760
			D2 (mm)	705	710	740
			D3 (mm)	718	733	750
			PROMEDIO (mm)	734		
			T30 (s)	3.01	2.86	2.13
		PROMEDIO (s)	2.67			
		Caja en L	T20 (s)	1.37	1.21	1.45
			T40 (s)	3.19	2.53	2.31
			H1 (mm)	9.80	10.50	10.30
			H2 (mm)	8.10	7.90	8.00
			CBL	0.83	0.75	0.78
			PROMEDIO	0.79		
		Embudo en V	Tv (s)	7.68	7.15	6.03
			PROMEDIO (s)	6.95		
		Segregación		No	No	No
		Halo		No	No	No
		Concentración de agregados		No	No	No
 Alberto Rubén Vásquez Díaz ING. CIVIL R. CP. N° 106228						

Diseño		Código				
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)	Observación				
		Ensayos en estado fresco	M-01	M-02	M-03	
5	1.15	Valor VNI	3	3	3	
		Escarvadiento	D1 (mm)	710	700	660
			D2 (mm)	670	660	640
			D3 (mm)	690	680	650
			PROMEDIO (mm)	673		
			T50 (s)	5.87	6.10	6.48
		PROMEDIO (s)	6.15			
		Caja en L	T20 (s)	0.92	0.97	0.89
			T40 (s)	1.84	2.02	1.76
			H1 (cm)	8.90	9.20	8.70
			H2 (cm)	8.40	8.20	8.50
			CHL	0.94	0.89	0.98
			PROMEDIO	0.94		
		Embudo en V	Tv (s)	5.16	4.87	5.48
			PROMEDIO (s)	5.17		
		Segregación	SI	SI	SI	
		Halo	>10 mm	>10 mm	>10 mm	
		Construcción de agregados	SI	SI	SI	

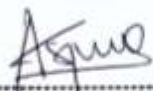


Alberto Rubén Vásquez Díaz  
ING. CIVIL  
R. CP. N° 196228

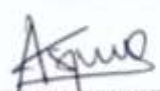
Diseño		Código				
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)	Observación				
		Ensayos en estado fresco	M-01	M-02	M-03	
10	1.15	Valor VSI	0	0	0	
		Escurecimiento	D1 (mm)	660	605	640
			D2 (mm)	655	600	620
			D3 (mm)	658	603	630
			PROMEDIO (mm)	630		
			T50 (s)	6.75	6.97	6.38
			PROMEDIO (s)	6.37		
		Caja en L	T20 (s)	2.13	1.86	1.54
			T40 (s)	3.80	3.32	2.97
			H1 (cm)	10.20	10.10	9.70
			H2 (cm)	7.60	7.80	7.90
			CBL	0.75	0.77	0.81
			PROMEDIO	0.78		
		Embudo en V	Tv (s)	12.15	12.84	13.06
			PROMEDIO (s)	12.68		
		Segregación	No	No	No	
		Halo	No	No	No	
		Concentración de agregados	No	No	No	



Alberto Rubén Vásquez Díaz  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 166228

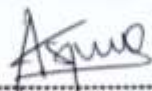
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		GUIA DE OBSERVACION				
<b>TESIS:</b> INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSIlice Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021						
<b>AUTORES:</b> RAMIRIZ ALVA LIZBETH YUPANQUI GARCIA ROBIN FERNANDO		<b>ASESOR:</b> ING. ALBERTO RUBEN VASQUEZ DIAZ				
Diseño		Código				
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)	Observación				
		Ensayos en estado fresco		M-01	M-02	M-03
10	1.25	Valor VSI		0	0	0
		Escurrimiento	D1 (mm)	680	645	640
			D2 (mm)	670	640	630
			D3 (mm)	675	643	635
			PROMEDIO (mm)	651		
			T30 (s)	4.93	6.50	5.34
		PROMEDIO (s)	5.59			
		Caja en L	T20 (s)	0.94	1.03	1.28
			T40 (s)	2.36	2.51	2.80
			H1 (mm)	9.00	9.30	8.80
			H2 (mm)	8.20	8.00	8.10
			CBL	0.91	0.86	0.92
		PROMEDIO	0.90			
		Embate en V	Tv (s)	9.93	8.73	9.21
			PROMEDIO (s)	9.29		
		Segregación		No	No	No
		Halo		No	No	No
		Concentración de agregados		No	No	No
 Alberto Rubén Vásquez Díaz ING. CIVIL R. C.º. N° 106228						

Diseño		Código						
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)	Observación						
		Ensayos en estado fresco						
		M-01	M-02	M-03				
10	1.35	Valor V <sub>NI</sub>				2	2	2
		Escurecimiento	D1 (mm)	675	680	660		
			D2 (mm)	650	675	640		
			D3 (mm)	663	678	650		
			PROMEDIO (mm)	664				
			T50 (s)	4.88	4.32	5.14		
		PROMEDIO (s)	4.78					
		Caja en L	T20 (s)	0.73	0.67	0.78		
			T40 (s)	2.23	1.98	2.45		
			H1 (mm)	8.70	8.50	8.90		
			H2 (mm)	8.50	8.50	8.30		
			CBL	0.98	1.00	0.93		
			PROMEDIO	0.97				
		Embudo en V	Tv (s)	6.06	5.75	5.54		
			PROMEDIO (s)	5.78				
		Segregación		No	No	No		
		Halo		<10 750/900	<10 750/900	<10 750/900		
Concentración de agregados		Si	Si	Si				

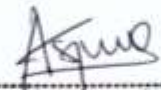


Alberto Rubén Vásquez Díaz  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 186228



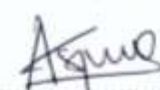
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		GUIA DE OBSERVACION				
TESIS:		INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021				
AUTORES: RAMIREZ ALVA LIZBETH YUPANQUI GARCIA ROBIN FERNANDO		ASESOR: ING. ALBERTO RUBEN VASQUEZ DIAZ				
Diseño		Código				
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)	Observación				
		Ensayos en estado fresco		M-01	M-02	M-03
15	1.25	Valor VSI		0	0	0
		Escurremiento	D1 (mm)	610	620	630
			D2 (mm)	600	615	630
			DF (mm)	605	618	630
			PROMEDIO (mm)	618		
			T50 (s)	8.17	7.92	7.64
		PROMEDIO (s)	7.91			
		Caja en L.	T20 (s)	2.66	3.09	2.78
			T40 (s)	5.70	6.22	6.15
			H1 (mm)	9.50	10.00	9.80
			H2 (mm)	8.10	7.90	8.00
			CIL	0.85	0.79	0.82
			PROMEDIO	0.82		
		Embudo en V	Tv (s)	14.72	13.09	14.31
			PROMEDIO (s)	14.04		
		Segregación		No	No	No
		Halo		No	No	No
Concentración de agregados		No	No	No		
 Alberto Rubén Vásquez Díaz ING. CIVIL R. CIP. N° 166228						

Diseño		Código				
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)	Observación				
		Ensayos en estado fresco		M-01	M-02	M-03
15	1.50	Valor VSI				
				0	0	0
		Escurrimiento	D1 (mm)	645	645	650
			D2 (mm)	640	645	645
			D3 (mm)	643	645	648
			PROMEDIO (mm)	645		
			T30 (s)	6.40	6.25	6.03
			PROMEDIO (s)	6.23		
		Caja en L	T20 (s)	1.09	1.51	1.12
			T40 (s)	2.19	3.76	2.41
			H1 (mm)	8.50	9.20	9.00
			H2 (mm)	8.50	8.20	8.00
			CBL	1.00	0.89	0.89
			PROMEDIO	0.93		
		Embleo en V	Tv (s)	10.40	10.85	9.29
			PROMEDIO (s)	10.18		
		Segregación		No	No	No
		Halo		No	No	No
Concentración de agregados		No	No	No		



Alberto Rubén Vásquez Díaz  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 166228

Diseño		Código				
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)	Observación				
		Ensayos en estado fresco	M-01	M-02	M-03	
15	1.75	Valor VSI	0	0	0	
		Escurrelento	D1 (mm)	715	680	695
			D2 (mm)	695	660	690
			D3 (mm)	705	670	693
			PROMEDIO (mm)	689		
			T30 (s)	3.75	4.38	4.16
		PROMEDIO (s)	4.10			
		Caja en L	T20 (s)	0.79	1.07	0.88
			T30 (s)	2.13	2.35	2.15
			I1 (mm)	8.50	8.80	8.50
			I2 (mm)	8.50	8.30	8.50
			CBL	1.00	0.94	1.00
			PROMEDIO	0.98		
		Emblete en V	Tv (s)	8.14	7.67	8.81
			PROMEDIO (s)	8.21		
		Segregación	No	No	No	
		Halo	No	No	No	
Concentración de agregados	No	No	No			



Alberto Rubén Vásquez Díaz  
ING. CIVIL  
R. CIP: N° 156228

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE						
GUIA DE OBSERVACION						
TEMA: INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021						
AUTORES: ZAMBEZ ALVA LIZBETH YUPANQUI GARCIA ROBIN FERNANDO			ASESOR: ING. ALBERTO RUBEN VASQUEZ DIAZ			
Diseño		Codigo				
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)	Ensayos en estado fresco		M-01	M-02	M-03
5	0.85	METODO TREMIE	DESCRIPCION:	- La mezcla presentó un sigasigicativo leuado del material cementante, obteniendo una baja visibilidad al rededor del recipiente.		
		PERDIDA DE FINOS	PESO RECIPIENTE (g)	616.48	616.48	616.48
			PESO RECIPIENTE - MASA INICIAL (g)	2624.13	2621.88	2619.95
			PESO RECIPIENTE - MASA FINAL (g)	2563.56	2557.15	2561.39
		MASA INICIAL (g)	2007.65	2005.40	2003.47	
		MASA FINAL (g)	1947.08	1940.67	1944.91	
		PERDIDA DE FINOS (%)	3.11	3.34	3.01	
PROMEDIO (%)	3.15					


  
Alberto Rubén Vásquez Díaz  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 100228

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE						
TÍTULO: INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021						
AUTORES: RAMÍREZ ALVA LIZBETH YUPANQUI GARCIA ROBIN FERNANDO						
ASESOR: DR. ALBERTO RUBEN VÁSQUEZ DÍAZ						
Divide		Colaps				
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)	M-41	M-42	M-43		
5	1.00	- La mezcla presentó un sig. significativo hacia el material cementante, obtenido una baja visibilidad al rededor del recipiente de vidrio.				
Método TRENTE		Especie de estado fresco				
PESO RECIPIENTE (g)		616.48	616.48	616.48		
PESO RECIPIENTE - MASA INICIAL (g)		2622.21	2626.29	2622.50		
PESO RECIPIENTE - MASA FINAL (g)		2504.62	2502.82	2501.34		
MASA INICIAL (g)		2005.73	2009.81	2006.02		
MASA FINAL (g)		1888.14	1886.34	1884.86		
PERDIDA DE FINOS (%)		6.23	6.55	6.43		
PROCEJEDIO (%)		6.40				

*Aguel*  
 Albert Ruben Vasquez Diaz  
 ING. CIVIL  
 R. COP. N° 19628

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO ANTIDESLAVE.				INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO ANTIDESLAVE.			
TRUJILLO - TRUJILLO 2021				TRUJILLO 2021			
AUTORES: RAMIREZ ALVA LIZBETH YUPANQUI GARCIA ROBIN FERNANDO				ASESOR: ING. ALBERTO RUBEN VASQUEZ DIAZ			
Densidad		Espesor en estado fresco		Código			
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)	DESCRIPCION	M-41	M-42	M-43		
5	1.15	- La mezcla sigue presentando un comportamiento laxo debido al material cementante, obteniendo una baja estabilidad al rededor del recipiente de vidrio.	616.48	616.48	616.48		
		PESO RECIPIENTE (g)	2624.01	2626.48	2624.72		
		PESO RECIPIENTE + MASA INICIAL (g)	1706.17	1703.43	1701.18		
		PESO RECIPIENTE + MASA FINAL (g)	2007.53	2010.00	2008.24		
		MASA INICIAL (g)	1089.69	1086.95	1084.70		
		MASA FINAL (g)	84.23	84.92	85.14		
		PERDIDA DE TENOS (%)					
		PROMEDIO (%)	84.76				

  
Alberto Ruben Vasquez Diaz  
Ing. Civil  
N. C.P. N° 19622

GUIA DE OBSERVACION					
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		TESIS : 2021 INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO ANTIDESLAVE, TRUJILLO			
AUTORES: RAMIREZ ALVA LIZBETH YUPANQUI GARCIA ROBIN FERNANDO		ASESOR: ING. ALBERTO RUBEN VANQUEZ DIAZ			
Blenda		Cubaje			
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)	Ensayo en estado fresco		M-40	M-40
		METODO TRABAJE	DESCRIPCION		
10	1.15		- Esta mezcla demostró tener un lavado moderado del material cementante, afectando la viscosidad del recipiente donde se colocó la mezcla.	616.48	616.48
		PERDIDA DE FINOS		2623.43	2625.14
			PESO RECIPIENTE (g)	2564.42	2569.75
			PESO RECIPIENTE + MASA INICIAL (g)	2006.95	2008.66
			PESO RECIPIENTE - MASA FINAL (g)	1947.94	1953.27
			MASA INICIAL (g)	3.03	2.84
			MASA FINAL (g)		
			PERDIDA DE FINOS (%)		
			PROMEDIO (%)		

  
 Alberto Ruben Vanquez Diaz  
 ING. CIVIL  
 N. CIP N° 19222


UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE									
GUÍA DE OBSERVACION									
AUTORES: RAMÍREZ ALVA LIZBETH YUPANQUI GARCIA ROBIN FERNANDO		ASEROR: DR. ALBERTO RUBÉN VÁSQUEZ DIAZ							
TEMA: INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021									
Diseño		Cálculo							
Microsilice (%)	Aditivo Superplasticante (%)	Estrategia de retado (bravo)		M-41	M-42	M-43	M-44	M-45	M-46
20	2.25	METODO TREMIE	DESCRIPCION						
				- La mezcla demostró tener un lavado adecuado del material cementante, opaco la visibilidad al rededor del sitio de colocación.					
		PERDIDA DE FINOS		PESO RECIPIENTE (g)	616.48	616.48	616.48	616.48	616.48
				PESO RECIPIENTE + MASA INICIAL (g)	2622.60	2622.60	2620.57	2620.57	2627.36
				PESO RECIPIENTE + MASA FINAL (g)	2536.73	2536.73	2528.05	2528.05	2539.08
				MASA INICIAL (g)	2006.12	2006.12	2004.09	2004.09	2010.88
				MASA FINAL (g)	1920.25	1920.25	1911.57	1911.57	1922.60
				PERDIDA DE FINOS (%)	4.47	4.47	4.84	4.84	4.59
				PROVEEDOR (%)			4.63		

  
Alberto Rubén Vásquez Díaz  
ING. CIVIL  
R. C. P. N° 19622



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE									
GUIA DE OBSERVACION									
TEMAS: INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021									
AUTORES: RAMIREZ ALVA LIZBETH YUPANQUI GARCIA ROBIN FERNANDO					ASESOR: ING. ALBERTO RIVERIN VASQUEZ DEAZ				
Datos			Código						
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)	Empleo en estado fresco		M-41	M-42	M-43			
		METODO TREMIE	DESCRIPCION						
10	1.35			616.48	616.48	616.48	- La mezcla sigue demostrando tener un lavado adecuado del material cementado, operando la viscosidad alrededor del recipiente de vidrio.		
		PERDIDA DE FINOS	PESO RECIPIENTE (g)	2628.01	2626.84	2621.97			
			PESO RECIPIENTE - MASA INICIAL (g)	2484.53	2482.30	2474.02			
			MASA INICIAL (g)	2011.53	2010.36	2005.49			
			MASA FINAL (g)	1868.05	1865.82	1857.54			
			PERDIDA DE FINOS (%)	7.68	7.75	7.96			
			PROMEDIO (%)	7.80					

*Aguel*  
 Albert Rubin Vasquez Deaz  
 ING. CIVIL  
 R. C. P. N° 196228

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15%;">  <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p> </div> <div style="width: 60%; text-align: center;"> <h3>GUIA DE OBSERVACION</h3> </div> <div style="width: 15%; text-align: right;"> <p>TEMA: INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021</p> </div> </div>									
AUTORES: RAMÍREZ ALVA LIZBETH YUPANQUI GARCIA ROBIN FERNANDO			ASESOR: ING ALBERTO RUBEN VASQUEZ DEAC						
Dosis		Cálculo							
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)	Ensayos en estado fresco		M41	M42	M43	M44		
15	1.25	METODO TREMIE	DESCRIPCION:	<p>- La mezcla mostro un leve lavado del material cementante, no afectó mucho a la visibilidad y demostró tener un ligero incremento al momento de autocompactarse.</p>				M45	M46
		PESO RECIPIENTE (g)	616.48					616.48	616.48
		PESO RECIPIENTE + MASA INICIAL (g)	2625.74					2623.49	2625.02
		PESO RECIPIENTE + MASA FINAL (g)	2602.46					2598.69	2606.53
		MASA INICIAL (g)	2009.26					2007.01	2008.54
		MASA FINAL (g)	1985.98					1982.21	1990.05
PERDIDA DE FINOS (%)		PERDIDA DE FINOS (%)	1.17	1.25	0.93				
		PROMEDIO (%)	1.12						

  
 Alberto Ruben Vasquez Deac  
 ING. CIVIL  
 R. C. P. N° 18628

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE									
TÍTULO: INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021									
AUTORES: RAMÍREZ ALVA, LIZBETH Y YUPANQUI GARCIA, ROBIN FERNANDO									
ASESOR: ING. ALBERTO RUBEN VANQUEZ DIAZ									
Estructura		Código							
Microsilice (%)	Aditivo Superplasticante (%)	Especimen estado fresco		M-41	M-42	M-43			
		METODO TREMIE	DESCRIPCION:						
15	1.50						- En este caso, la mezcla también mostró un leve aumento del material cementante, no afectó mucho a la trabajabilidad y pudo auto-compactarse mejor conforme al vaciado.		
		PESO RECIPIENTE (g)		616.48	616.48	616.48			
		PESO RECIPIENTE + MASA INICIAL (g)		2621.87	2624.33	2626.11			
		PESO RECIPIENTE + MASA FINAL (g)		2547.01	2553.35	2549.94			
		MASA INICIAL (g)		2005.39	2007.85	2009.63			
		MASA FINAL (g)		1930.53	1936.87	1933.46			
		PERDIDA DE FINOS (%)		3.88	3.66	3.94			
		PROMEDIO (%)		3.83					

*Aguiar*  
 ADMIRAL RUBEN VANQUEZ DIAZ  
 ING. CIVIL  
 R. CPT. N° 199225

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE						
GUIA DE OBSERVACION						
TEMA: INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021 AUTORES: RAMIREZ ALVA, LIZBETH YUPANQUI GARCIA, ROBIN FERNANDO AMBOS: 205 ALBERTO RUBEN VAMBRIZ DIAZ						
Debito		Credito				
Microsilice (%)	Aditivo Superplastificante (%)	Ensayo en estado fresco		M-41	M-42	M-43
METODO TREMIE		DESCRIPCION				
15	1.75	- La mezcla sigue presentando un leve lavado del material cementante, no afecto mucho a la viabilidad y logro autocompactarse con mayor facilidad.		616.48	616.48	616.48
PERDIDA DE FINOS		PESO RECIPIENTE (g)		2628.00	2618.95	2623.19
		PESO RECIPIENTE + MASA FINAL (g)		2505.62	2489.70	2496.83
		MASA INICIAL (g)		2011.52	2002.47	2006.71
		MASA FINAL (g)		1889.14	1873.22	1880.35
		PERDIDA DE FINOS (%)		6.48	6.90	6.7
		PROMEDIO (%)		6.70		

*Aguel*  
 Albert Ruben Vambriz Diaz  
 ING. CIVIL  
 R. C. P. N° 19622

**ANEXO N°7.** Certificado de ensayos de laboratorio Quality Control Express S.A.C.



**CONSTANCIA DE ENSAYOS EN LABORATORIO**

El que suscribe, Alfonso Vega Farfán, Gerente General de QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C., con R.U.C. N° 20601220017

**HACE CONSTAR:**

Que, la Srta. Lizbeth Ramírez Alva identificada con D.N.I. N°70164589, y el Sr. Robin Fernando Yupanqui Garcia identificado con D.N.I. N°73086248, han realizado ensayos de caracterización de agregados, elaboración de mezclas de prueba, ensayos de concreto en estado fresco, elaboración de especímenes cilíndricos de concreto, ensayo de escurrimiento, ensayo del embudo en V, ensayo de la caja L, ensayo de índice de estabilidad visual, ensayo de pérdida de finos, ensayo tremie y ensayo de resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto en nuestras instalaciones con la supervisión y apoyo de nuestro personal técnico entre el 21 de junio de 2021 y el 11 de octubre de 2021, requeridos para su proyecto de tesis denominado **"INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021"**

Se expide el presente documento para los fines que el solicitante estime conveniente.

Trujillo, 15 de octubre de 2021

  
**Alfonso Vega Farfan**  
GERENTE GENERAL  
QUALITY CONTROL EXPRESS SAC

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

Av. América Sur N° 4138 Urb. San Andrés, Trujillo // (044) 705879, 951441959 // alfonso.vega@qce.com.pe

**ANEXO N°8.** Informe de ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto antideslave por parte del laboratorio Quality Control Express S.A.C.



**INFORME DE ENSAYO N° 1139-2021-QCE/TRJ**

Fecha de Emisión: 10/08/2021

**1. INFORMACION DEL SOLICITANTE**

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021

ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (5%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (0.85%)

**2. TIPO DE ENSAYO:**

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

**3. RESULTADO DE ENSAYOS:**

Identificación Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCRS(0.85)-1		09/08/2021	10/08/2021	7	30.1	80.12	36717	458		2
LCRS(0.85)-2		09/08/2021	10/08/2021	7	30.1	80.12	38105	476		1
LCRS(0.85)-3		09/08/2021	10/08/2021	7	30.1	80.12	38987	487		1
LCRS(0.85)-4		09/08/2021	10/08/2021	7	30.1	80.12	36897	461		2
LCRS(0.85)-5		09/08/2021	10/08/2021	7	30.1	80.12	42973	536		1
Promedio								<b>484</b>		

**NOTAS**

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001.LCD2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1140-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 11/08/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA  
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
 ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021  
 TIPO DE MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (5%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.00%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCRS(1.00)-1		04/08/2021	11/08/2021	7	10.1	80.12	30148	376		1
LCRS(1.00)-2		04/08/2021	11/08/2021	7	10.1	80.12	36833	460		2
LCRS(1.00)-3		04/08/2021	11/08/2021	7	10.1	80.12	36692	458		2
LCRS(1.00)-4		04/08/2021	11/08/2021	7	10.1	80.12	38811	484		1
LCRS(1.00)-5		04/08/2021	11/08/2021	7	10.1	80.12	36642	457		2
Promedio								<b>447</b>		

### NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001.LCD/2, N° Serie 05022021, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
 INC. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1146-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 12/08/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA  
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
 ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021  
 ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (5%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.15%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCRS(1.15)-1		05/08/2021	12/08/2021	7	30.1	80.12	33883	421		2
LCRS(1.15)-2		05/08/2021	12/08/2021	7	30.1	80.12	34612	432		2
LCRS(1.15)-3		05/08/2021	12/08/2021	7	30.1	80.12	30354	379		1
LCRS(1.15)-4		05/08/2021	12/08/2021	7	30.1	80.12	30874	385		1
LCRS(1.15)-5		05/08/2021	12/08/2021	7	30.1	80.12	29102	363		1
Promedio								<b>396</b>		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-0011, CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
 INC. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe





## INFORME DE ENSAYO N° 1153-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 13/08/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021

ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (10%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.15%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCR30(L.15)-1		06/08/2021	13/08/2021	7	30.1	80.12	39363	491		1
LCR30(L.15)-2		06/08/2021	13/08/2021	7	30.1	80.12	42077	525		1
LCR30(L.15)-3		06/08/2021	13/08/2021	7	30.1	80.12	38435	480		2
LCR30(L.15)-4		06/08/2021	13/08/2021	7	30.1	80.12	38870	485		2
LCR30(L.15)-5		06/08/2021	13/08/2021	7	30.1	80.12	39466	493		1
Promedio								495		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-0011,CD-2, N° Serie 05022021, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1154-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 13/08/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA  
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
 ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021  
 ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (10%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.25%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCR10(1.25)-1		06/08/2021	13/08/2021	7	30.1	80.12	39101	488		2
LCR10(1.25)-2		06/08/2021	13/08/2021	7	30.1	80.12	38624	482		2
LCR10(1.25)-3		06/08/2021	13/08/2021	7	30.1	80.12	39517	493		1
LCR10(1.25)-4		06/08/2021	13/08/2021	7	30.1	80.12	39123	488		1
LCR10(1.25)-5		06/08/2021	13/08/2021	7	30.1	80.12	39162	489		2
Promedio								488		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-0011, CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidades de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
 INC. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1191-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 20/08/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA  
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
 ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021  
 ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (10%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.35%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificaci6n Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboraci6n	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCR10(L.35)-1		13/08/2021	20/08/2021	7	30.1	80.12	32329	404		2
LCR10(L.35)-2		13/08/2021	20/08/2021	7	30.1	80.12	34597	432		2
LCR10(L.35)-3		13/08/2021	20/08/2021	7	30.1	80.12	29203	364		1
LCR10(L.35)-4		13/08/2021	20/08/2021	7	30.1	80.12	31719	396		1
LCR10(L.35)-5		13/08/2021	20/08/2021	7	30.1	80.12	31480	393		1
Promedio								<b>398</b>		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboraci6n de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificaci6n de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e informaci6n del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una m1quina de compresi6n autom1tica marca ALFA, Modelo B-0011,CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibraci6n N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribuci6n de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
 INC. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1192-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 20/08/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021

ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (15%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.25%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diámetro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCR15(1.25)-1		13/08/2021	20/08/2021	7	30.1	80.12	35352	441		2
LCR15(1.25)-2		13/08/2021	20/08/2021	7	30.1	80.12	37244	465		1
LCR15(1.25)-3		13/08/2021	20/08/2021	7	30.1	80.12	37130	463		1
LCR15(1.25)-4		13/08/2021	20/08/2021	7	30.1	80.12	38971	486		1
LCR15(1.25)-5		13/08/2021	20/08/2021	7	30.1	80.12	36961	461		2
Promedio								463		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-0011, CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1247-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 23/08/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA  
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
 ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021  
 ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (15%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.50%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCR15(1.50)-1		16/08/2021	23/08/2021	7	30.1	80.12	38148	476		1
LCR15(1.50)-2		16/08/2021	23/08/2021	7	30.1	80.12	37476	468		1
LCR15(1.50)-3		16/08/2021	23/08/2021	7	30.1	80.12	36576	457		2
LCR15(1.50)-4		16/08/2021	23/08/2021	7	30.1	80.12	37725	471		2
LCR15(1.50)-5		16/08/2021	23/08/2021	7	30.1	80.12	37521	468		1
Promedio								468		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-0011, CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
 INC. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1248-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 23/08/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA  
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
 ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021  
 ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (15%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.75%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCR15(1.75)-1		16/08/2021	23/08/2021	7	30.1	80.12	34033	425		2
LCR15(1.75)-2		16/08/2021	23/08/2021	7	30.1	80.12	34365	429		1
LCR15(1.75)-3		16/08/2021	23/08/2021	7	30.1	80.12	34412	430		1
LCR15(1.75)-4		16/08/2021	23/08/2021	7	30.1	80.12	33612	420		2
LCR15(1.75)-5		16/08/2021	23/08/2021	7	30.1	80.12	34735	434		1
Promedio								428		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-0011, CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidades de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
 INC. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1290-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 31/08/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA  
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
 ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021  
 ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (5%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (0.85%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificaci6n Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboraci6n	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCRS(0.85)-6		01/08/2021	31/08/2021	28	30.1	80.12	50589	631		1
LCRS(0.85)-7		03/08/2021	31/08/2021	28	30.1	80.12	48980	611		2
LCRS(0.85)-8		03/08/2021	31/08/2021	28	30.1	80.12	49270	615		2
LCRS(0.85)-9		01/08/2021	31/08/2021	28	30.1	80.12	50567	631		1
LCRS(0.85)-10		01/08/2021	31/08/2021	28	30.1	80.12	52284	653		1
Promedio								628		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboraci6n de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificaci6n de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e informaci6n del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una m6quina de compresi6n autom6tica marca ALFA, Modelo B-0011,CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibraci6n N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribuci6n de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
 INC. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1291-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 01/09/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA  
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
 ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021  
 ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (5%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.00%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificaci6n Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboraci6n	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCRS(1.00)-6		04/08/2021	01/09/2021	28	30.1	80.12	40846	510		2
LCRS(1.00)-7		04/08/2021	01/09/2021	28	30.1	80.12	41299	515		1
LCRS(1.00)-8		04/08/2021	01/09/2021	28	30.1	80.12	40057	500		2
LCRS(1.00)-9		04/08/2021	01/09/2021	28	30.1	80.12	42072	525		1
LCRS(1.00)-10		04/08/2021	01/09/2021	28	30.1	80.12	43811	547		1
Promedio								<b>519</b>		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboraci6n de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificaci6n de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e informaci6n del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una m6quina de compresi6n autom6tica marca ALFA, Modelo B-0011,CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibraci6n N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribuci6n de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
 INC. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe





## INFORME DE ENSAYO N° 1298-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 02/09/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA  
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
 ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021  
 ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (5%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.15%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diámetro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCRS(1.15)-6		05/08/2021	02/09/2021	28	30.1	80.12	41078	513		1
LCRS(1.15)-7		05/08/2021	02/09/2021	28	30.1	80.12	40569	506		2
LCRS(1.15)-8		05/08/2021	02/09/2021	28	30.1	80.12	43973	549		1
LCRS(1.15)-9		05/08/2021	02/09/2021	28	30.1	80.12	40461	505		2
LCRS(1.15)-10		05/08/2021	02/09/2021	28	30.1	80.12	46409	579		1
Promedio								530		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-0011, CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1300-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 03/09/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA  
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
 ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021  
 ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (10%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.15%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCR10(1.15)-6		06/08/2021	03/09/2021	28	30.1	80.12	48487	605		2
LCR10(1.15)-7		06/08/2021	03/09/2021	28	30.1	80.12	51300	640		1
LCR10(1.15)-8		06/08/2021	03/09/2021	28	30.1	80.12	51875	647		1
LCR10(1.15)-9		06/08/2021	03/09/2021	28	30.1	80.12	52930	661		1
LCR10(1.15)-10		06/08/2021	03/09/2021	28	30.1	80.12	51090	638		2
Promedio								638		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-0011, CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
 INC. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1301-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 03/09/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA  
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
 ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021  
 ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (10%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.25%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diámetro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCR10(1.25)-6		06/08/2021	03/09/2021	28	30.1	80.12	52891	660		1
LCR10(1.25)-7		06/08/2021	03/09/2021	28	30.1	80.12	54447	680		1
LCR10(1.25)-8		06/08/2021	03/09/2021	28	30.1	80.12	51440	642		2
LCR10(1.25)-9		06/08/2021	03/09/2021	28	30.1	80.12	50541	631		2
LCR10(1.25)-10		06/08/2021	03/09/2021	28	30.1	80.12	52447	655		1
Promedio								654		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-0011,CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
 INC. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1348-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 10/09/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021

ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (10%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.35%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificaci6n Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboraci6n	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCR10(L.35)-6		13/08/2021	10/09/2021	28	30.1	80.12	43505	543		2
LCR10(L.35)-7		13/08/2021	10/09/2021	28	30.1	80.12	42430	530		2
LCR10(L.35)-8		13/08/2021	10/09/2021	28	30.1	80.12	46567	581		1
LCR10(L.35)-9		13/08/2021	10/09/2021	28	30.1	80.12	46831	585		1
LCR10(L.35)-10		13/08/2021	10/09/2021	28	30.1	80.12	45634	569		1
Promedio								<b>562</b>		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboraci6n de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificaci6n de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e informaci6n del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una m6quina de compresi6n autom6tica marca ALFA, Modelo B-0011,CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibraci6n N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribuci6n de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1349-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 10/09/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA  
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
 ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021  
 ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (15%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.25%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diámetro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCR15(1.25)-6		13/08/2021	10/09/2021	28	30.1	80.12	50339	628		1
LCR15(1.25)-7		13/08/2021	10/09/2021	28	30.1	80.12	50460	630		1
LCR15(1.25)-8		13/08/2021	10/09/2021	28	30.1	80.12	49559	619		2
LCR15(1.25)-9		13/08/2021	10/09/2021	28	30.1	80.12	48956	611		2
LCR15(1.25)-10		13/08/2021	10/09/2021	28	30.1	80.12	53417	667		1
Promedio								631		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-0011, CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1379-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 13/09/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA  
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
 ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021  
 ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (15%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.50%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCR15(1.50)-6		16/08/2021	13/09/2021	28	30.1	80.12	50054	625		5
LCR15(1.50)-7		16/08/2021	13/09/2021	28	30.1	80.12	59672	745		1
LCR15(1.50)-8		16/08/2021	13/09/2021	28	30.1	80.12	57259	715		2
LCR15(1.50)-9		16/08/2021	13/09/2021	28	30.1	80.12	60358	753		1
LCR15(1.50)-10		16/08/2021	13/09/2021	28	30.1	80.12	58909	735		1
Promedio								715		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-0011, CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
 INC. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1389-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 13/09/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA  
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
 ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021  
 ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (15%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.75%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCR15(1.75)-6		16/08/2021	13/09/2021	28	30.1	80.12	52283	653		2
LCR15(1.75)-7		16/08/2021	13/09/2021	28	30.1	80.12	51616	644		1
LCR15(1.75)-8		16/08/2021	13/09/2021	28	30.1	80.12	50944	636		1
LCR15(1.75)-9		16/08/2021	13/09/2021	28	30.1	80.12	56194	701		2
LCR15(1.75)-10		16/08/2021	13/09/2021	28	30.1	80.12	53603	669		1
Promedio								661		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-0011, CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
 INC. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1451-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 28/09/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA  
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
 ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021  
 ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (5%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (0.85%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCRS(0.85)-11		01/08/2021	28/09/2021	56	30.1	80.12	58064	725		1
LCRS(0.85)-12		03/08/2021	28/09/2021	56	30.1	80.12	56977	711		2
LCRS(0.85)-13		03/08/2021	28/09/2021	56	30.1	80.12	53011	662		5
LCRS(0.85)-14		01/08/2021	28/09/2021	56	30.1	80.12	57255	715		1
LCRS(0.85)-15		01/08/2021	28/09/2021	56	30.1	80.12	56270	702		1
Promedio								703		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-0011, CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe





## INFORME DE ENSAYO N° 1457-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 29/09/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA  
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021  
 ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (5%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.00%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCRS(1.00)-11		04/08/2021	29/09/2021	56	30.1	80.12	55598	694		1
LCRS(1.00)-12		04/08/2021	29/09/2021	56	30.1	80.12	48338	603		2
LCRS(1.00)-13		04/08/2021	29/09/2021	56	30.1	80.12	54136	676		1
LCRS(1.00)-14		04/08/2021	29/09/2021	56	30.1	80.12	47968	599		2
LCRS(1.00)-15		04/08/2021	29/09/2021	56	30.1	80.12	45338	566		2
Promedio								628		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-0011, CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
 INC. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1458-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 30/09/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA  
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
 ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021  
 ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (5%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.15%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCRS(1.15)-11		05/08/2021	30/09/2021	56	30.1	80.12	48478	605		2
LCRS(1.15)-12		05/08/2021	30/09/2021	56	30.1	80.12	49121	613		2
LCRS(1.15)-13		05/08/2021	30/09/2021	56	30.1	80.12	50858	635		1
LCRS(1.15)-14		05/08/2021	30/09/2021	56	30.1	80.12	57851	722		1
LCRS(1.15)-15		05/08/2021	30/09/2021	56	30.1	80.12	46846	585		2
Promedio								632		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-0011, CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
 INC. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1465-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 01/10/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA  
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
 ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021  
 ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (10%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.15%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCR10(1.15)-11		06/08/2021	01/10/2021	56	30.1	80.12	61335	763		2
LCR10(1.15)-12		06/08/2021	01/10/2021	56	30.1	80.12	73103	912		1
LCR10(1.15)-13		06/08/2021	01/10/2021	56	30.1	80.12	62356	778		2
LCR10(1.15)-14		06/08/2021	01/10/2021	56	30.1	80.12	75158	938		1
LCR10(1.15)-15		06/08/2021	01/10/2021	56	30.1	80.12	70588	881		1
Promedio								854		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-0011, CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidades de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
 INC. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1466-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 01/10/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA  
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
 ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021  
 ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (10%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.25%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCR10(1.25)-11		06/08/2021	01/10/2021	56	30.1	80.12	62416	779		2
LCR10(1.25)-12		06/08/2021	01/10/2021	56	30.1	80.12	64465	805		1
LCR10(1.25)-13		06/08/2021	01/10/2021	56	30.1	80.12	65158	813		1
LCR10(1.25)-14		06/08/2021	01/10/2021	56	30.1	80.12	63417	792		1
LCR10(1.25)-15		06/08/2021	01/10/2021	56	30.1	80.12	63030	787		2
Promedio								795		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-0011, CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1506-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 08/10/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA  
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
 ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021  
 ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (10%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.35%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCR10(1.35)-11		13/08/2021	08/10/2021	56	10.1	80.12	55601	694		1
LCR10(1.35)-12		13/08/2021	08/10/2021	56	10.1	80.12	55657	695		1
LCR10(1.35)-13		13/08/2021	08/10/2021	56	10.1	80.12	49806	622		2
LCR10(1.35)-14		13/08/2021	08/10/2021	56	10.1	80.12	54883	685		1
LCR10(1.35)-15		13/08/2021	08/10/2021	56	10.1	80.12	52248	652		2
Promedio								670		

### NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001.LCD/2, N° Serie 05022021, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
 INC. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1507-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 08/10/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA  
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
 ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021  
 ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (15%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.25%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCR15(1.25)-11		13/08/2021	08/10/2021	56	30.1	80.12	65148	813		1
LCR15(1.25)-12		13/08/2021	08/10/2021	56	30.1	80.12	53266	665		2
LCR15(1.25)-13		13/08/2021	08/10/2021	56	30.1	80.12	56258	702		2
LCR15(1.25)-14		13/08/2021	08/10/2021	56	30.1	80.12	65833	822		1
LCR15(1.25)-15		13/08/2021	08/10/2021	56	30.1	80.12	63577	794		1
Promedio								759		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-0011, CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
 INC. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1524-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 11/10/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021

ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (15%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.50%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCR15(1.50)-11		16/08/2021	11/10/2021	56	30.1	80.12	68784	859		1
LCR15(1.50)-12		16/08/2021	11/10/2021	56	30.1	80.12	60642	757		1
LCR15(1.50)-13		16/08/2021	11/10/2021	56	30.1	80.12	55705	695		2
LCR15(1.50)-14		16/08/2021	11/10/2021	56	30.1	80.12	85631	819		1
LCR15(1.50)-15		16/08/2021	11/10/2021	56	30.1	80.12	64423	804		1
Promedio								787		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-0011, CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1525-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 11/10/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LIZBETH RAMIREZ ALVA / ROBIN FERNANDO YUPANQUI GARCIA

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE MICROSILICE Y DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
ANTIDESLAVE, TRUJILLO 2021

ID MUESTRA : CONCRETO ANTIDESLAVE MICROSILICE (15%) + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (1.75%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
LCR15(1.75)-11		16/08/2021	11/10/2021	56	30.1	80.12	64610	806		1
LCR15(1.75)-12		16/08/2021	11/10/2021	56	30.1	80.12	58994	736		2
LCR15(1.75)-13		16/08/2021	11/10/2021	56	30.1	80.12	67865	847		1
LCR15(1.75)-14		16/08/2021	11/10/2021	56	30.1	80.12	58520	730		2
LCR15(1.75)-15		16/08/2021	11/10/2021	56	30.1	80.12	62168	776		2
Promedio								<b>779</b>		

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-0011, CD-2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andrés III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



**ANEXO N°9.** Ficha técnica del cemento Portland tipo I – Pacasmayo.

# CEMENTO TIPO I “ESTRUCTURAL”



### DESCRIPCIÓN

Cemento Portland Tipo I. Gracias a su nuevo diseño de Clinker, se logra un concreto más durable brindando alta resistencia a todas las edades.



### USOS

- Cemento de uso general.

### ATRIBUTOS

**Diseño supera los requisitos de la normas nacionales**

**Altas resistencias a todas las edades**

- Desarrolla altas resistencias iniciales que garantiza un adecuado avance de obra.
- El diseño correcto en concreto garantiza un menor tiempo de desencofrado.

### RECOMENDACIONES


-  Mantener el cemento en un lugar seco bajo techo, protegido de la humedad.
-  Almacenar en pilas de menos de 10 sacos.
-  Utilizar agregados y materiales certificados y de buena calidad.
-  A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.


### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Edad	Resultado Promedio (PSI)	Requisito NTP334.090 / ASTM C150 (PSI)
A 3 días	1740	4250
A 7 días	2740	5230
A 28 días	4060	6200

Resistencia a la compresión (PSI)  
■ Resultado Promedio    ■ Requisito NTP334.090 / ASTM C150







ISO  
9001  
Certificación  
G-CC-F-04  
Versión 04

## Cemento Portland tipo I

### Requisitos Normalizados

NTP 334.009 Tablas 1 y 3  
Resultado promedio de nuestros productos.

#### Propiedades Químicas


QUÍMICOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DE ENSAYOS
MgO (%)	6.0 máx.	2.2
SO <sub>3</sub> (%)	3.0 máx.	2.7
Pérdida por ignición (%)	3.5 máx.	3.1
Residuo insoluble (%)	1.5 máx.	0.7

#### Propiedades Físicas


REQUISITOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DE ENSAYOS
Contenido de aire del mortero (Volumen %)	12 máx.	6
Superficie específica (cm <sup>2</sup> /g)	2600 mín.	3810
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.12
Densidad (g/mL)	<b>A</b>	3.12
Resistencia a la compresión mín. (MPa)		
1 día	<b>A</b>	15.8
3 días	12.0	30.3
7 días	19.0	37.0
28 días <sup>(1)</sup>	28.0	42.1
Tiempo de Fraguado, minutos, Vicat		
Inicial, no menor que:	45	110
Final, no mayor que:	375	238

A No específica.  
(1) Requisito opcional.

#### VENTAJAS




Presentaciones: Bolsas de 42.5 kg, granel y big bag de 1TM.





Fecha y hora de envasado garantiza máxima frescura.

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.090.2016.



ANEXO N°10. Ficha técnica de la adición mineral - microsílíce Sika Fume.

	
<h2 style="margin: 0;">HOJA TÉCNICA</h2> <h1 style="margin: 0;">Sika® Fume</h1>	
<p>Adición mineral - Microsílíce</p>	
<p><b>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</b></p>	<p>Es un aditivo en polvo compuesto por microsílíce (Sílica Fume) de alta calidad y que acondicionado a la mezcla de concreto o mortero, disminuye el lavado del cemento en el vaciado de la mezcla bajo agua. Sika® Fume no contiene cloruros y puede utilizarse en concretos y morteros en conjunto con un superplastificante para obtener la fluidez necesaria para la colocación del concreto.</p> <p><b>USOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ En el concreto bajo agua en puertos, puentes, presas, reparaciones, rellenos, entre otros.</li> <li>▪ En concretos de alta impermeabilidad y durabilidad.</li> <li>▪ En concretos de alta resistencia (mayor a 500 kg/cm<sup>2</sup>).</li> <li>▪ En concretos bombeados y proyectados.</li> <li>▪ En morteros y lechadas de inyección.</li> </ul> <p><b>CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Disminuye la pérdida de cemento y elementos finos.</li> <li>▪ Aumenta la resistencia mecánica.</li> <li>▪ Aumenta la impermeabilidad.</li> <li>▪ Aumenta la resistencia química.</li> <li>▪ Aumenta la adherencia al acero.</li> <li>▪ Permite utilizar mezclas altamente fluidas con alta cohesión.</li> <li>▪ Aumenta la cohesión y disminuye la exudación de la mezcla fresca.</li> <li>▪ Aumenta la durabilidad frente a agentes agresivos.</li> <li>▪ Aumenta la resistencia a abrasión.</li> </ul>
<p><b>DATOS BÁSICOS</b></p>	
<p><b>FORMA</b></p>	<p><b>COLOR</b> Gris</p>
<p style="font-size: small;">Hoja Técnica Sika® Fume 24.11.14, Edición 7</p>	
<p>1/4</p>	

	<b>ASPECTO</b> Polvo.																				
	<b>PRESENTACIÓN</b> Bolsa de 25 kg																				
<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL</b>  Se puede almacenar durante 2 años en su envase original cerrado en un lugar fresco y bajo techo.																				
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA</b> 2,2 <b>BLANIE(SUPERFICIE ESPECÍFICA)</b> 18,000 – 22,000 m <sup>2</sup> /kg. <b>ANÁLISIS QUÍMICO</b> <table> <tr><td>SiO<sub>2</sub></td><td>93.0 % min.</td></tr> <tr><td>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></td><td>0.80 % máx.</td></tr> <tr><td>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></td><td>0.40 % máx.</td></tr> <tr><td>CaO</td><td>0.60 % máx.</td></tr> <tr><td>MgO</td><td>0.60 % máx.</td></tr> <tr><td>Na<sub>2</sub>O</td><td>0.20 % máx.</td></tr> <tr><td>K<sub>2</sub>O</td><td>1.2 % max.</td></tr> <tr><td>C (libre)</td><td>2.0 % max.</td></tr> <tr><td>SO<sub>3</sub></td><td>0.40 % max.</td></tr> <tr><td>L.O.I.</td><td>3.5 % máx.</td></tr> </table> <b>FINURA (DIÁMETRO PROMEDIO)</b> 0.1 – 0.2 mm <b>PORCENTAJE PASANDO 45 MM</b> 95 – 100 % <b>PARTÍCULA</b> Esférica <b>FORMA</b> Amorfa <b>NORMA</b> Cumple con la norma CSA – A 3001 – 03	SiO <sub>2</sub>	93.0 % min.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.80 % máx.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.40 % máx.	CaO	0.60 % máx.	MgO	0.60 % máx.	Na <sub>2</sub> O	0.20 % máx.	K <sub>2</sub> O	1.2 % max.	C (libre)	2.0 % max.	SO <sub>3</sub>	0.40 % max.	L.O.I.	3.5 % máx.
SiO <sub>2</sub>	93.0 % min.																				
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.80 % máx.																				
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.40 % máx.																				
CaO	0.60 % máx.																				
MgO	0.60 % máx.																				
Na <sub>2</sub> O	0.20 % máx.																				
K <sub>2</sub> O	1.2 % max.																				
C (libre)	2.0 % max.																				
SO <sub>3</sub>	0.40 % max.																				
L.O.I.	3.5 % máx.																				
<b>INFORMACIÓN DEL SISTEMA</b>																					
<b>DETALLES DE APLICACIÓN</b>	<b>CONSUMO / DOSIS</b>  Puede utilizarse en dosis de aproximadamente 10 % del peso del cemento. Se recomienda realizar ensayos previos para definir el consumo exacto.																				
<b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b>	<b>MÉTODO DE APLICACIÓN/HERRAMIENTAS</b>  Se puede mezclar con productos Sikament® o Viscocrete. La dosificación del concreto se realiza de acuerdo a la práctica normal para concreto bajo agua o para la aplicación específica que se requiera. La utilización conjunta de ambos productos asegura las características de cohesión, adherencia y resistencia en el concreto bajo agua. Sika® Fume se adiciona a la mezcladora junto con el cemento o la arena. El aditivo Sikament® se agrega diluido en el agua de amasado.																				
<p>Hoja Técnica Sika® Fume 24.11.14, Edición 7</p>																					
2/4	 <b>BUILDING TRUST</b>																				

---

## INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

---

**PRECAUCIONES DE MANIPULACIÓN** Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintética y anteojos de seguridad.

En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.

---

**OBSERVACIONES** La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)

---

**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 las 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).

**"La presente Edición anula y reemplaza la Edición N° 6  
la misma que deberá ser destruida"**

---

---

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sika® Fume :

1.- SIKI PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2.- SIKI CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.  
Concrete  
Centro industrial "Las Praderas  
de Lurin" s/n MZ B, Lotes 5 y 6,  
Lurin  
Lima  
Perú  
[www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)

Hoja Técnica  
Sika® Fume  
24.11.14, Edición 7


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)



© 2014 Sika Perú S.A.



ANEXO N°11. Ficha técnica del aditivo superplastificante Sika ViscoCrete SC-50.



BUILDING TRUST

## HOJA TÉCNICA

# Sika® ViscoCrete® SC-50

---


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

---

<b>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</b>	<p>Sika® ViscoCrete® SC-50 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.</p> <p>No contiene cloruros.</p> <p><b>USOS</b></p> <p>Sika® ViscoCrete® SC-50 puede usarse para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Transporte del concreto y mortero a lo largo de grandes distancias.</li> <li>▪ Procesos constructivos que requieran mucho tiempo para la colocación y compactación del concreto.</li> <li>▪ Para concretos y morteros a suministrarse en obras ubicadas en lugares remotos o de elevado congestionamiento de tránsito.</li> <li>▪ 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.</li> <li>▪ Para elevar la permanencia del concreto y mortero en tuberías y cañerías durante el bombeo.</li> <li>▪ Con el uso de cementos de elevada reactividad inicial, como por ejemplo ricos en aluminato tricálcico (C3A), de elevada finura o de alta resistencia.</li> </ul> <p><b>CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS</b></p> <p>El Sika® ViscoCrete® SC-50 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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Es un reductor de agua de alto rango por lo que no es necesario utilizar fluidificantes adicionales.</li> <li>▪ El uso de Sika ViscoCrete® SC-50 permite la producción de concretos y morteros de alto desempeño.</li> <li>▪ Efectividad en concretos y morteros con un amplio rango de relaciones agua/cemento (a/c) y temperaturas.</li> <li>▪ Provee concretos y morteros de mayor estabilidad y tiempo de trabajabilidad que aquellos elaborados con dispersantes y reductores de agua convencionales.</li> </ul>
---------------------------------	--

Hoja Técnica  
Sika® ViscoCrete® SC-50  
01.12.14, Edición 1

1/3

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Compatibilidad con otros aditivos Sika.</li> <li>▪ Retiene la trabajabilidad por más tiempo manteniendo el desarrollo de las resistencias iniciales.</li> <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>
	1,10 +/- 0,01 Kg/L
<b>Información del Sistema</b>	
<b>DETALLES DE APLICACIÓN</b>	<b>CONSUMO / DOSIS</b>
	Para aplicaciones típicas 0.5% al 1.8% del peso del material cementante.
<b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b>	<b>MODO DE EMPLEO</b>
	Sika® ViscoCrete® SC-50 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-50 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.
<p>Hoja Técnica Sika® ViscoCrete® SC-50 01.12.14, Edición 1</p>	
2/3	 <p><b>BUILDING TRUST</b></p>



**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-50 :**

**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 3 y  
6, Lurín  
Lima  
Perú  
[www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)

Hoja Técnica  
Sika® ViscoCrete® SC-50  
01.12.14, 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)



© 2014 Sika Perú S.A.