

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y Cs. Ms.



“APLICACIÓN DE ADITIVO PLASTIFICANTE CARENTE DE CLORUROS PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO Y RESISTENCIA DE ESTRUCTURAS EN TARIJA”

Por:

GUTIÉRREZ PÉREZ CHRISTIAN

Proyecto presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE – II - 2019

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y Cs. Ms.

**“APLICACIÓN DE ADITIVO PLASTIFICANTE CARENTE DE
CLORUROS PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO Y
RESISTENCIA DE ESTRUCTURAS EN TARIJA”**

Por:

GUTIÉRREZ PÉREZ CHRISTIAN

SEMESTRE II - 2019

TARIJA - BOLIVIA

.....
Ing. Liliana Carola Miranda Encinas

DOCENTE CIV - 502

.....
M. Sc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gonzalvez

**DECANO FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

.....
M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa

**VICEDECANA FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

TRIBUNAL:

.....
Ing. Carola Sánchez López

.....
Ing. Ricardo Morales Retamozo

.....
Ing. Moisés Díaz Ayarde

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIA:

El presente trabajo se lo dedico a mis padres y abuelos por apoyarme en la decisión de estudiar la Carrera de Ingeniería Civil, en brindarme la sustentabilidad motivacional y económica para seguir adelante y por inculcarme los valores éticos que definen la persona que soy ahora.

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a mi madre Ana María Pérez y mi padre Luis Enrique Gutiérrez por todo el amor y apoyo incondicional en el trayecto de esta etapa de mi vida; a mis abuelos por sus grandes palabras que me sirvieron de motivación y a mis docentes por sus consejos y experiencias que me ayudarán en el porvenir del futuro campo laboral.

PENSAMIENTO:

“Mi padre me explicó que la educación y el conocimiento es lo que les permitirá a los niños mejorar el mundo”

(Steve Wozniak)

ÍNDICE

Dedicatoria

Agradecimientos

Resumen

	Página
1 ANTECEDENTES.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 General.....	2
1.3.2 Específicos.....	2
1.4 Hipótesis.....	3
1.5 Alcance.....	3
1.6 Metodología.....	4
2 MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Introducción.....	6
2.2 Hormigones.....	6
2.2.1 Definición.....	7
2.2.2 Propiedades generales.....	7
2.2.3 Tipos de hormigón.....	10
2.2.4 Hormigones para uso estructural.....	24
2.3 Composición del hormigón.....	24
2.3.1 Componentes tradicionales.....	24

2.3.2 Características del hormigón.....	28
2.4 Aditivo Plastificante sin Cloruros.....	30
2.4.1 Definición.....	30
2.4.2 Generalidades.....	30
2.4.3 Componentes.....	31
2.4.4 Adición del Plastificante sin Cloruros.....	32
2.5 Normativas a utilizar en el procedimiento experimental.....	33
3 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
3.1 Características de los materiales componentes del hormigón.....	35
3.1.1 Cemento.....	35
3.1.2 Agregado fino.....	36
3.1.3 Agregado grueso.....	39
3.1.4 Agua.....	42
3.2 Metodología y procedimiento para la investigación.....	43
3.2.1 Dosificación convencional.....	43
3.2.2 Dosificación con Aditivo Plastificante.....	43
3.2.3 Preparación para los ensayos a compresión y tracción indirecta.....	44
3.2.4 Ensayo de rotura de probetas a Compresión.....	47
3.2.5 Ensayo de rotura de probetas a Tracción Indirecta.....	48
4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	50
4.1 Características físicas y mecánicas de los agregados.....	50
4.2 Análisis de consistencias obtenidas en la mezcla de hormigón.....	53
4.3 Análisis de resistencias a compresión en las probetas.....	55

4.3.1	Análisis de los resultados y búsqueda de datos atípicos (Compresión).....	56
4.3.2	Evaluación de las resistencias a compresión.....	58
4.3.3	Determinación de curvas de resistencia a compresión vs. porcentaje de aditivo plastificante.....	59
4.4	Análisis de resistencias a tracción indirecta en las probetas.....	62
4.4.1	Análisis de los resultados y búsqueda de datos atípicos (Tracción Indirecta).....	62
4.4.2	Evaluación de las resistencias a tracción indirecta.....	63
4.4.3	Determinación de curvas de resistencia a tracción indirecta vs. porcentaje de aditivo plastificante.....	64
4.5	Análisis de precios entre un hormigón convencional vs porcentaje de aditivo plastificante.....	67
4.6	Contrastación de hipótesis.....	79
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		70
Conclusiones.....		80
Recomendaciones.....		81
BIBLIOGRAFÍA.....		72
Bibliografía.....		83

Índice de Anexos

	Pág.
A.1 Dosificación para hormigón de 16 MPa.....	86
A.2 Correcciones dosificación 16 MPa por la adición de aditivo plastificante sin cloruros.	87
A.3 Dosificación para hormigón de 21 MPa.....	88
A.4 Correcciones dosificación 21 MPa por la adición de aditivo plastificante sin cloruros.	89
A.5 Algoritmo para el diseño de mezclas de hormigón por el método ACI 211.1.....	90
A.6 Valores de trabajabilidad para diferentes estructuras.....	91
A.7 Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales recomendados.....	91
A.8 Resistencia de diseño en caso que no se tengan datos para determinar la desviación estándar.....	92
A.9 Correspondencia entre la resistencia a compresión y la relación agua/cemento del hormigón.....	92
A.10 Volúmenes de agregado grueso seco y compactado con varilla para 1m ³ de hormigón.....	93
A.11 Tiempos mínimos de mezclado recomendados.....	93
A.12 Código modelo CEB-FIP 1990.....	94
A.13 Granulometría del agregado fino.....	95
A.14 Peso unitario agregado fino.....	96
A.15 Peso específico del agregado fino.....	97
A.16 Granulometría del agregado grueso.....	98
A.17 Peso unitario del agregado grueso.....	99
A.18 Peso específico del agregado grueso.....	100
A.19 Resistencia a compresión para hormigón de 16 MPa.....	101

A.20 Resistencia a tracción indirecta para hormigón de 16 MPa.....	102
A.21 Resistencia a compresión para hormigón de 21 MPa.....	103
A.22 Resistencia a tracción indirecta para hormigón de 21 MPa.....	104
A.23 Desviación estándar y coeficiente de variación para datos de compresión.....	105
A.24 Desviación estándar y coeficiente de variación para datos de tracción indirecta.....	106
A.25 Tabla de Dixon.....	107
A.26 Criterio de Chauvenet para rechazar una observación.....	107
A.27 Tabla valores críticos de Grubbs.....	108
A.28 Prueba de Dixon, datos de compresión.....	109
A.29 Prueba de Grubbs, datos de compresión.....	110
A.30 Criterio de Chauvenet, datos de compresión.....	111
A.31 Prueba de Dixon, datos de tracción indirecta.....	112
A.32 Prueba de Grubbs, datos de tracción indirecta.....	113
A.33 Criterio de Chauvenet, datos a tracción indirecta.....	114
A.34 Desviación estándar y coeficiente de variación para datos de compresión corregidos.....	115
A.35 Desviación estándar y coeficiente de variación para datos de tracción indirecta corregidos.....	116
A.36 Prueba de Dixon, datos de compresión corregidos.....	117
A.37 Prueba de Grubbs, datos de compresión corregidos.....	118
A.38 Criterio de Chauvenet, datos de compresión corregidos.....	119
A.39 Prueba de Dixon, datos de tracción indirecta corregidos.....	120
A.40 Prueba de Grubbs, datos de tracción indirecta corregidos.....	121
A.41 Criterio de Chauvenet, datos a tracción indirecta corregidos.....	122
A.42 Dispersión de datos de compresión H° 16 MPa a los 28 días.....	123

A.43	Dispersión de datos de compresión H° 16 MPa a los 14 días.....	123
A.44	Dispersión de datos de compresión H° 21 MPa a los 28 días.....	124
A.45	Dispersión de datos de tracción indirecta H° 16 MPa a los 28 días.....	124
A.46	Dispersión de datos de tracción indirecta H° 16 MPa a los 14 días.....	125
A.47	Dispersión de datos de tracción indirecta H° 21 MPa a los 28 días.....	125
A.48	Reducción de muestras de agregados.....	126
A.49	Ensayo: Granulometría agregado fino.....	126
A.50	Ensayo: Granulometría agregado grueso.....	127
A.51	Ensayo: Peso específico y porcentaje de absorción agregado fino.....	128
A.52	Ensayo: Peso unitario suelto y compactado agregado fino.....	129
A.53	Ensayo: Peso específico y porcentaje de absorción agregado grueso.....	130
A.54	Ensayo: Peso unitario suelto y compactado agregado grueso.....	131
A.55	Corrección de granulometría del agregado fino.....	132
A.56	Desgaste del agregado grueso por máquina de los ángeles.....	133
A.57	Corrección granulometría agregado fino.....	134
A.58	Limpieza agregado grueso y descarte de impurezas y agregados gruesos de forma alargada.....	135
A.59	Procedimiento de vaciado y curado de las probetas.....	136
A.60	Consistencias del hormigón.....	138
A.60.1	Seca (probetas descartadas).....	138
A.60.2	Plástica (probetas patrón).....	138
A.60.3	Plástica (probetas con 0,3% de aditivo plastificante sin cloruro).....	139
A.60.4	Fluida (probetas con 0,5% de aditivo plastificante sin cloruro).....	139
A.60.5	Líquida (probetas con 2% de aditivo plastificante sin cloruro).....	140
A.61	Comprobación dimensiones de las probetas de hormigón.....	140

A.62 Ensayo: Rotura de las probetas por compresión.....	141
A.63 Ensayo: Rotura de las probetas por tracción indirecta.....	142
A.64 Probetas patrón de hormigón de 16 MPa.....	143
A.64.1 Compresión.....	143
A.64.2 Tracción Indirecta.....	144
A.65 Probetas de hormigón de 16 MPa con 0,3% de plastificante sin cloruros.....	145
A.65.1 Compresión.....	145
A.65.2 Tracción Indirecta.....	146
A.66 Probetas de hormigón de 16 MPa con 0,5% de plastificante sin cloruros.....	147
A.66.1 Compresión.....	147
A.66.2 Tracción Indirecta.....	148
A.67 Probetas de hormigón de 16 MPa con 2% de plastificante sin cloruros.....	149
A.67.1 Compresión.....	149
A.67.2 Tracción Indirecta.....	150
A.68 Probetas estándar de hormigón de 21 MPa.....	151
A.68.1 Compresión.....	151
A.68.2 Tracción Indirecta.....	152
A.69 Probetas de hormigón de 21 MPa con 0,3% de plastificante sin cloruros.....	153
A.69.1 Compresión.....	153
A.69.2 Tracción Indirecta.....	154
A.70 Probetas de hormigón de 21 MPa con 0,5% de plastificante sin cloruros.....	155
A.70.1 Compresión.....	155
A.70.2 Tracción Indirecta.....	156
A.71 Probetas de hormigón de 21 MPa con 2% de plastificante sin cloruros.....	157

A.71.1 Compresión.....	157
A.71.2 Tracción Indirecta.....	158
A.72 Probetas desechadas por problemas de rotura.....	159

Índice de Tablas

	Pág.
2.1 Tipos de hormigón por la resistencia.....	11
2.2 Tipos de hormigón por el peso volumétrico.....	13
2.3 Tipos de hormigón por la consistencia.....	15
2.4 Componentes peligrosos aditivo plastificante sin cloruros.....	32
3.1 Propiedades del cemento “El Puente”.....	35
4.1: Granulometría agregado fino real.....	50
4.2: Granulometría agregado fino modificada.....	50
4.3: Características físicas y mecánicas del agregado fino.....	51
4.4: Granulometría agregado grueso.....	52
4.5: Características físicas y mecánicas del agregado grueso.....	52
4.6: Calificación de la preparación de hormigón respecto a su coeficiente de variación.....	56
4.7: Rango aceptabilidad de correlación.....	57
4.8: Resistencia a compresión a los 28 días para H-16.....	58
4.9: Resistencia a compresión a los 14 días para H-16.....	58
4.10: Resistencia a compresión a los 28 días para H-21.....	59
4.11: Resistencia a tracción indirecta a los 28 días para H-16.....	63
4.12: Resistencia a tracción indirecta a los 14 días para H-16.....	63
4.13: Resistencia a tracción indirecta a los 28 días para H-21.....	64
4.14: Precio unitario de hormigón convencional de 16 MPa.....	69
4.15: Precio unitario de hormigón de 16 MPa con 0,3% adición aditivo plastificante sin cloruros.....	70
4.16: Precio unitario de hormigón de 16 MPa con 0,5% adición aditivo plastificante sin cloruros.....	71

4.17: Precio unitario de hormigón de 16 MPa con 2% adición aditivo plastificante sin cloruros.....	72
4.18: Precio unitario de hormigón convencional de 21 MPa.....	73
4.19: Precio unitario de hormigón de 21 MPa con 0,3% adición aditivo plastificante sin cloruros.....	74
4.20: Precio unitario de hormigón de 21 MPa con 0,5% adición aditivo plastificante sin cloruros.....	75
4.21: Precio unitario de hormigón de 21 MPa con 2% adición aditivo plastificante sin cloruros.....	76

Índice de gráficos

	Pág.
4.1: Curva granulométrica agregado fino.....	51
4.2: Curva granulométrica agregado grueso.....	53
4.3 Asentamiento mínimo obtenido en la mezcla de hormigón.....	54
4.4 Asentamiento máximo obtenido en la mezcla de hormigón.....	54
4.5: Resistencia hormigón de 16 MPa (28 días) con distintos % aditivo plastificante.....	59
4.6: Resistencia hormigón de 16 MPa (14 días) con distintos % aditivo plastificante.....	60
4.7: Resistencia hormigón de 21 MPa (28 días) con distintos % aditivo plastificante.....	60
4.8: Comparación de las resistencias a compresión del hormigón de 16 MPa con el de 21 MPa a los 28 días.....	62
4.9: Resistencia hormigón de 16 MPa (28 días) con distintos % aditivo plastificante.....	64
4.10: Resistencia hormigón de 16 MPa (14 días) con distintos % aditivo plastificante.....	65
4.11: Resistencia hormigón de 21 MPa (28 días) con distintos % aditivo plastificante.....	65
4.12: Comparación de las resistencias a tracción del hormigón de 16 MPa con el de 21 MPa a los 28 días.....	67
4.13: Incremento del costo del precio unitario de 1 m ³ de hormigón de 16 MPa.....	77
4.14: Incremento del costo del precio unitario de 1 m ³ de hormigón de 21 MPa.....	77
4.15: Gráfica comparativa del incremento de resistencia vs costo de 1 m ³ de hormigón de 16 MPa.....	78
4.16: Gráfica comparativa del incremento de resistencia vs costo de 1 m ³ de hormigón de 21 MPa.....	78

Índice de figuras

	Pág.
1.1 Esquema de metodología utilizada.....	5
4.1 Formas que adopta la mezcla en la prueba de revenimiento.....	47