

# Tabla de contenido

Tabla de contenido	ix
Índice de Tablas	xi
Índice de Figuras	xiii
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema . . . . .	1
1.2. Objetivos . . . . .	1
1.3. Alcance . . . . .	2
<b>2. Antecedentes: Hormigón proyectado</b>	<b>4</b>
2.1. Materiales constituyentes del hormigón proyectado . . . . .	4
2.2. Dosificación y mezclado . . . . .	7
2.3. Estructura interna y mecanismos de transporte . . . . .	7
2.4. Métodos de ensayo y requisitos de calidad . . . . .	8
2.4.1. VPV y otros ensayos para determinar porosidad del hormigón . . . . .	10
2.5. Corrosión en el hormigón armado . . . . .	15
2.5.1. Factores de variabilidad en penetración de cloruros . . . . .	17
2.5.2. Ensayos de penetración de cloruros . . . . .	19
2.6. Usos del hormigón proyectado . . . . .	22
<b>3. Caracterización del hormigón</b>	<b>23</b>
3.1. Composición de mezcla en estudio . . . . .	24
3.2. Resistencias a compresión . . . . .	26
<b>4. Planteamiento de investigación</b>	<b>28</b>
4.1. Desarrollo experimental . . . . .	28
4.1.1. VPV . . . . .	29
4.1.2. RCPT . . . . .	32
4.1.3. NT BUILD 492 . . . . .	35
4.2. Resultados de ensayos . . . . .	39
4.2.1. VPV . . . . .	39
4.2.2. RCPT . . . . .	41
4.2.3. NT BUILD 492 . . . . .	42
<b>5. Análisis de resultados</b>	<b>44</b>

5.1. VPV . . . . .	45
5.2. RCPT . . . . .	49
5.3. NT BUILD 492 . . . . .	50
5.4. Resumen de análisis de resultados . . . . .	56
5.5. Recomendaciones . . . . .	57
<b>6. Discusión y conclusiones</b>	<b>59</b>
6.1. Discusión . . . . .	59
6.2. Conclusiones . . . . .	61
<b>7. Glosario</b>	<b>63</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>65</b>
<b>A. Tablas(VPV)</b>	<b>68</b>
<b>B. Tablas(RCPT)</b>	<b>70</b>
<b>C. Tablas(NTBUILD492)</b>	<b>81</b>

# Índice de Tablas

3.1. Materiales . . . . .	25
3.2. Granulometría y parámetros físicos de áridos . . . . .	25
3.3. Dosificación según ACI modificado . . . . .	26
3.4. Resistencia compresión y contenido PNT . . . . .	27
4.1. Muestras ensayadas . . . . .	39
4.2. Volúmenes de poros permeables y absorción post ebullición y sumergido, % . . . . .	40
4.3. Edad y variación de ensayo RCPT . . . . .	42
4.4. Edad y coeficiente de migración de cloruros . . . . .	43
5.1. Contraste entre shotcrete de V. Guevara y V. Muñoz . . . . .	44
5.2. Hormigones ensayados por T. Vega . . . . .	45
5.3. Resumen ensayo VPV . . . . .	48
5.4. Resumen ensayos V. Muñoz . . . . .	48
5.5. Resumen RCPT . . . . .	49
5.6. Resultados T. Vega de RCPT . . . . .	50
5.7. Resumen NT BUILD 492 . . . . .	51
5.8. Resumen NT BUILD 492 modificado . . . . .	54
5.9. Resultados T. Vega, ensayo NT BUILD 492 . . . . .	55
5.10. Resumen resultados . . . . .	56
A.1. Fecha de proyección e inicio de ensayo . . . . .	68
A.2. Pesos descritos en capítulo 4 . . . . .	69
A.3. Valores de expresiones descritas en capítulo 4, de 4.1 a 4.7 . . . . .	69
B.1. Fechas relevantes del ensayo (2016-2017) . . . . .	70
B.2. Mediciones muestra: 8970 . . . . .	71
B.3. Mediciones muestra: 8971 . . . . .	71
B.4. Mediciones muestra: 8972 . . . . .	72
B.5. Mediciones muestra: 8973 . . . . .	72
B.6. Mediciones muestra: 8974 . . . . .	73
B.7. Mediciones muestra: 8975 . . . . .	73
B.8. Mediciones muestra: 8976 . . . . .	74
B.9. Mediciones muestra: 8978 . . . . .	74
B.10. Mediciones muestra: 8979 . . . . .	75
B.11. Mediciones muestra: 8980 . . . . .	75
B.12. Mediciones muestra: 8981 . . . . .	76

B.13. Mediciones muestra: 8982 . . . . .	76
B.14. Mediciones muestra: 8983 . . . . .	77
B.15. Mediciones muestra: 8985 . . . . .	77
B.16. Mediciones muestra: 8986 . . . . .	78
B.17. Mediciones muestra: 8986N . . . . .	78
B.18. Mediciones muestra: 8988 . . . . .	79
B.19. Mediciones muestra: 8989 . . . . .	79
B.20. Resumen carga eléctrica de ensayo . . . . .	80
C.1. Datos iniciales y finales (1) . . . . .	81
C.2. Datos iniciales y finales (2) . . . . .	82
C.3. Mediciones perfil de penetración (1) . . . . .	83
C.4. Mediciones perfil de penetración (2) . . . . .	84
C.5. Resultados finales (1) . . . . .	85
C.6. Resultados finales (2) . . . . .	86
C.7. Resultados finales MODIFICADOS (1), valores en rojo: cambiaron interpretación con respecto a datos originales . . . . .	87
C.8. Resultados finales MODIFICADOS (2), valores en rojo: cambiaron interpretación con respecto a datos originales . . . . .	88

# Índice de Figuras

2.1. Modelo de predicción de rebote según tamaño de áridos [5] . . . . .	6
2.2. Desarrollo de resistencia del shotcrete [6] . . . . .	9
2.3. Correlación muy pobre entre absorción y coeficiente de difusión de cloruros [7], Sherman et al. . . . .	11
2.4. Correlación entre coeficiente de migración de cloruros y volumen de vacíos permeables[7] . . . . .	11
2.5. Contenido de agua alcanzado en VPV (5h boil), 30 minutos de inmersión y 24 horas de inmersión, expresado en porcentaje de contenido de agua según ensayo de saturación mediante vacío [8] . . . . .	12
2.6. Comparación entre volúmenes de agua absorbidos de 4 ensayos. Barras de izquierda a derecha: 30 minutos de inmersión, 24 horas de inmersión, VPV, saturación mediante vacío, [8] . . . . .	13
2.7. Gráfico de BWA versus resistencia a la compresión en shotcrete (valores recopilados de proyectos en Universidad de Laval, Quebec Canadá) . . . . .	14
2.8. Clasificación según Morgan [4] . . . . .	14
2.9. Clasificación según Morgan . . . . .	15
2.10. Proceso de corrosión en hormigón armado . . . . .	16
2.11. Modelo de vida útil de estructuras de hormigón armado, por Tutti 1982 [9] .	19
2.12. Clasificación RILEM para ensayo NT BUILD 492 . . . . .	22
3.1. Distribución de cortes para la obtención de probetas . . . . .	24
3.2. Muestras previo a cortes . . . . .	24
4.1. Resistencia a compresión de cilindros de 150x300 (mm) en función de la edad en condiciones de curado variable [10] . . . . .	29
4.2. Secuencia ensayo VPV . . . . .	31
4.3. Preparación RCPT . . . . .	33
4.4. Detalle de instalación de RCPT[11] . . . . .	34
4.5. Montaje RCPT . . . . .	34
4.6. Probetas sumergidas en agua saturada de $Ca(OH)_2$ durante período de saturación y vacío . . . . .	36
4.7. Montaje de método de ensayo NT BUILD 492 [2] . . . . .	37
4.8. Montaje NT BUILD 492 . . . . .	37
4.9. Tensión y duración de ensayo, según corriente inicial . . . . .	38
4.10. Medición de profundidad de penetración de cloruros,[2] . . . . .	38
4.11. VPV, %, según muestras . . . . .	40

4.12. Carga RCPT, totalidad de muestras . . . . .	41
4.13. Carga RCPT, promedio por panel . . . . .	41
4.14. Coeficiente de migración en régimen no estacionario . . . . .	43
5.1. Absorción pre y post ebullición, %, por muestra . . . . .	46
5.2. Diferencia en absorción . . . . .	46
5.3. Clasificación según Morgan . . . . .	47
5.4. Clasificación según Morgan para muestras ensayadas . . . . .	48
5.5. Penetrabilidad de ion cloruro basada en carga transmitida[1] . . . . .	49
5.6. Clasificación RILEM para ensayo NT BUILD 492 . . . . .	51
5.7. Perfiles de penetración de ion cloruro, de probetas ensayadas por IDIEM . . . . .	52
5.8. Perfiles de penetración de ion cloruro . . . . .	53
5.9. Mediciones modificadas NT BUILD 492 . . . . .	54
5.10. Irregularidades de manto de probetas . . . . .	55
5.11. Comparación de resultados de ensayos de iones cloruro . . . . .	57