



Memoria del proyecto para optar al Título de
Ingeniero Civil Oceánico

**UTILIZACIÓN DEL HORMIGÓN EN OBRAS MARÍTIMAS.
ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE HORMIGÓN
TRADICIONAL Y HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE**

Ricardo Antonio Parra Villarzún

Marzo 2019

UTILIZACIÓN DEL HORMIGÓN EN OBRAS MARÍTIMAS. ANÁLISIS
COMPARATIVO ENTRE HORMIGÓN TRADICIONAL Y HORMIGÓN
AUTOCOMPACTANTE

Ricardo Antonio Parra Villarzún

COMISIÓN REVISORA

NOTA

FIRMA

JORGE ROJAS ALCAÍNO

Profesor guía

FERNANDO SOTOMAYOR ALEJANDRE

Revisor

HITALO MORALES BASTIAS

Revisor

DECLARACIÓN

Este trabajo, o alguna de sus partes, no ha sido presentado anteriormente en la Universidad de Valparaíso, institución universitaria chilena o extranjera, u organismo de carácter estatal, para evaluación, comercialización, u otros propósitos. Salvo las referencias citadas en el texto, confirmo que el contenido intelectual de este Proyecto de Título es resultado exclusivamente de mis esfuerzos personales.

La Universidad de Valparaíso reconoce expresamente la propiedad intelectual del autor sobre esta Memoria de Titulación. Sin embargo, en caso de ser sometida a evaluación para los propósitos de obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil Oceánico, el autor renuncia a los derechos legales sobre la misma y los cede a la Universidad de Valparaíso, la que estará facultada para utilizarla con fines exclusivamente académicos.

Jorge Rojas Alcaíno.

Profesor Guía.

Ricardo Parra Villarzún.

Alumno Memorista.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco muy especialmente a mi madre, padre, hermanos y madrina, que tuvieron un rol fundamental motivándome incondicionalmente durante esta etapa.

A mis profesores guías, por orientarme en la elaboración de esta memoria.

Y mis amigos de carrera por caminar juntos todos estos años.

Finalmente a todos los que aportaron con su sabiduría en este proyecto de título.

DEDICATORIA

Este proyecto de título está dedicado especialmente a mi madre, madrina, hermanos y padre, por todo su apoyo, esfuerzo y motivación durante este proceso y por siempre confiar en mis capacidades.

Los quiero.
Gracias.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIA.....	v
INDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
3. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	3
3.1 ALCANCES.....	3
3.2 LIMITACIONES.....	3
4. MARCO TEÓRICO.....	4
4.1 Fundamentos teóricos.....	4
4.2 Hormigón.....	5
4.2.1 Composición.....	7
4.2.2 Propiedades del Hormigón.....	11
4.2.3 Características del Hormigón.....	12
4.2.4 Tipos de Hormigón.....	12
4.3 Hormigón Autocompactante.....	13
4.3.1 Ventajas.....	16
4.3.2 Desventajas.....	16
4.3.3 Materiales en la Fabricación del Hormigón Autocompactante.....	16
4.4 Hormigón en Ambiente Marino.....	18
4.4.1 Historia.....	18
4.4.2 Obras Marítimas Portuarias.....	19
4.4.3 Zonas de Exposición Marina.....	20
4.5 Técnicas de Hormigonado.....	22
4.5.1 Tremie.....	22
4.5.2 Ensacado.....	23
4.6 Normativa.....	24

4.6.1 NCH 170: 2016	24
5. METODOLOGÍA	29
5.1 Análisis del Hormigón Autocompactante	29
5.2 Análisis de los Componentes del Hormigón	30
5.2.1 Cemento	31
5.2.2 Áridos	32
5.2.3 Adiciones	33
5.2.4 Agua	38
5.2.5 Aditivos	38
5.3 Propiedades del hormigón tradicional y hormigón autocompactante	42
5.3.1 Resistencia	42
5.3.2 Impermeabilidad	45
5.3.3 Trabajabilidad	47
5.3.4 Fraguado	48
5.4 Casos de Obras Marítimas	50
5.4.1 Obras en Hormigón Autocompactante	50
5.5 Método Constructivo en Obras Marítimas.....	52
6. ANÁLISIS	56
6.1 Obras Marítimas en Chile	56
6.1.1 Obras en Hormigón Autocompactante en Chile	56
6.2 Análisis Comparativo entre Hormigones.....	59
6.3 Análisis y Sugerencias	67
CONCLUSIONES	69
BIBLIOGRAFÍA.....	70
ANEXOS.....	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Granulometría de la Grava	9
Tabla 2: Granulometría de Arena.....	10
Tabla 3: Clasificación de los hormigones por resistencia a compresión	25
Tabla 4: Clasificación de los hormigones por resistencia a tracción por flexión	25
Tabla 5: Contenido máximo de iones cloruro solubles en el hormigón	26
Tabla 6: Requisitos del hormigón sometido a la acción de congelación y deshielo	26
Tabla 7: Requisitos del hormigón en contacto con sulfatos	27
Tabla 8: Grado de exposición por sulfatos	27
Tabla 9: Requisitos del cemento para el hormigón en contacto con sulfatos.....	27
Tabla 10: Requisitos de hormigón según grado de exposición.....	27
Tabla 11: Requisitos de profundidad de agua determinada según NCh2262	28
Tabla 12: La norma ASTM C494 “Chemical Admixtures for Concrete” distingue siete tipos:	39
Tabla 13: La norma chilena NCh 2182. Of 95 establece la siguiente clasificación.....	39
Tabla 14: Ensayos de permeabilidad	45
Tabla 15: Ensayos en estado fresco	48
Tabla 16: Cuadro resumen	62
Tabla 17: Desglose de hormigón autocompactante instalado en obra	65
Tabla 18: Comparación de recursos humanos entre hormigón tradicional y hormigón autocompactante	66
Tabla 19: Tiempo de ejecución e implicación de personal en el vertido de una losa de 40 m ³	66

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Composición del Hormigón	6
Ilustración 2: Influencia en el contenido de pasta en el asentamiento del hormigón	7
Ilustración 3: Exudación del hormigón sin aditivos	14
Ilustración 4: Exudación del hormigón con aditivos superplastificantes	14
Ilustración 5: Proporción de contenido de árido grueso y fino	15
Ilustración 6: Tipos de exposición marina	20
Ilustración 7: Sistema Tremie	22
Ilustración 8: Hormigón en sacos	23
Ilustración 9: Proporciones de mezcla entre hormigón tradicional y autocompactante	30
Ilustración 10: Composición esquemática cualitativa del hormigón autocompactante	31
Ilustración 11: Penetración de agua a presión y resistencia a compresión a los 91 días..	47
Ilustración 12: Puente en suspensión Akashi Kaikyo.....	50
Ilustración 13: Plataforma petrolífera de Valencia	51
Ilustración 14: Puente de la Constitución de 1812.....	52
Ilustración 15: Encofrado preparado para colocar el hormigón autocompactante mediante bombeo y de abajo hacia arriba	53
Ilustración 16: Hormigonado bajo el agua	54
Ilustración 17: Proceso de expulsión de agua del moldaje al hormigonar.....	55
Ilustración 18: Pilote hormigonado en contacto con el agua de mar	55
Ilustración 19: Fotografía aérea del sector donde se destaca el sector comprometido	56
Ilustración 20: Muestra perforación inferior del muro sometido al desgaste.....	57
Ilustración 21: Corte transversal del muro reparado con HAC.....	58
Ilustración 22: Vista en planta del muro reparado con HAC	59
Ilustración 23: Resistencia Hormigón Tradicional – Hormigón Autocompactante	64

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Mapa Conceptual.....	74
Anexo 2: Cotización Hormigón Tradicional, Hormigones Tecnomix	75
Anexo 3: Presupuesto Municipal, reparación muro de contención Av. Perú.....	76

RESUMEN

En la actualidad existen distintas técnicas de hormigonado o vaciado de hormigón, algunos de estos permiten la colocación del hormigón bajo el agua, método que es muy utilizado para proyectar y construir obras marítimas, en donde las faenas son sumergidas.

Para el hormigonado bajo el agua, existen normas que se deben cumplir tanto para los materiales como para la metodología que se desee emplear, todo esto con el fin de garantizar la resistencia y la impermeabilidad del hormigón.

Un factor importante en los elementos de hormigón armado es la impermeabilidad, y más aún, cuando se encuentran expuestos o en contacto directo con el mar. Una buena impermeabilidad ayudará a proteger la armadura de acero de la corrosión, y con eso, otorgará mayor vida útil a estructuras de hormigón armado.

Una propiedad importante del hormigón autocompactante es la fluidez, lo que permite mayor trabajabilidad, y con eso, llenar cualquier vacío del moldaje; por su peso propio, es muy utilizado en estructuras que son expuestas al mar, donde se dificulta el empleo de herramientas para la compactación del hormigón.

En España, por ejemplo, el hormigón autocompactante ha sido utilizado para obras bajo el agua como es el caso del “Puente de la Constitución de 1812” en Cádiz, donde se empleó este para las fundaciones.