



**“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MÓDULOS 2D Y 3D DEL
MODELO DELFT3D FLOW PARA EVALUAR EL POTENCIAL
ENERGÉTICO ASOCIADO A LAS CORRIENTES DE MAREA
EN CANAL CHACAO”**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
INGENIERO CIVIL OCEÁNICO

Reinaldo Adrián Barriga Bauden

Marzo 2016

Aprobación

“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MÓDULOS 2D Y 3D DEL MODELO DELFT3D FLOW PARA EVALUAR EL POTENCIAL ENERGÉTICO ASOCIADO A LAS CORRIENTES DE MAREA EN CANAL CHACAO”

Reinaldo Adrián Barriga Bauden

COMISIÓN REVISORA

NOTA

FIRMA

Marco Matamala C.

Profesor guía

Patricio Winckler G.

Docente

Catalina Aguirre G.

Docente

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 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 propósitos de obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil Oceánico, el autor renuncia a sus derechos legales sobre la misma y los cede a la Universidad de Valparaíso, la que estará facultada para utilizarla con fines exclusivamente académicos, sin implicar esto algún propósito comercial o fines de lucro, lo cual no podrá ser hecho sin la autorización expresa del autor.

Marco Matamala Castro

PROFESOR GUÍA

Reinaldo Barriga Bauden

ALUMNO MEMORISTA

AGRADECIMIENTOS

A mi madre y hermana, que me brindaron su apoyo constante e incondicional.

A mi padre, que a pesar de no estar físicamente puede contemplar que la promesa ha sido cumplida.

A mi familia en general por su constante apoyo y preocupación.

A mi gran amor Camila quien ha estado a mi lado desde que comencé este sendero, dándome apoyo y amor incondicional, lo cual fue una pieza fundamental para poder culminar este proceso.

A mis amigos Vicente Flores y Marco Soto, quienes me acompañaron durante todo mi proceso de formación y son grandes amigos.

Al señor Matías Quezada, por darme la idea y posibilidad de desarrollar esta memoria. Además de brindarme su apoyo y conocimiento en las primeras etapas de mi desarrollo profesional.

A mi profesor guía Marco Matamala por su amable disposición de apoyarme y guiarme en el desarrollo de este estudio.

A los profesores que fueron parte fundamental de mi formación profesional, Mauricio Molina, Mauricio Reyes, Mario Beale, José Beyá, Catalina Aguirre, Álvaro Valdivia, Luis Arancibia, Patricio Winckler e Ignacio Sepúlveda, a todos ellos gracias.

A Mauricio Bravo y Pablo Mackenney, por darme la confianza y el apoyo de dar mis primeros pasos profesionales en Costa Sur Ltda.

A Pablo Vera y José Ribba, por los largos debates sobre el tema, aportando buenas ideas y apoyo para el desarrollo de esta memoria.

A Diego Arce Morán, que siempre tuvo disposición para ayudarme y darme buenas ideas.

A la profesora Gianina Morales por su ayuda desinteresada en la revisión de la redacción del documento.

A la Dirección de Obras Portuarias por facilitarme los datos para realizar el estudio.

A Matías Valenzuela del departamento de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas, por ayudarme con la búsqueda de información e incentivar el desarrollo del estudio.

A Catalina Herrera, por apoyarme en la revisión y redacción del documento.

En general ¡gracias a todos!

Reinaldo.

Dedico este trabajo a:

Mi padre Reinaldo Barriga Barrera, que a pesar de no estar en cuerpo siempre lo estará en mi corazón.

Camila, mi gran amor quien llena mi vida de luz.

Mi querida madre, Rosa.

Fabiola, mi hermana querida.

"Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad".

Albert Einstein.

LISTA DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	OBJETIVOS.....	2
2.1	Objetivo general.....	2
2.2	Objetivos específicos.....	2
3	MARCO TEÓRICO.....	3
3.1	Mareas.....	3
3.1.1	Marea astronómica.....	3
3.1.2	Marea meteorológica.....	15
3.1.3	Tipos de marea.....	17
3.1.4	NRS y Nivel medio del mar.....	19
3.1.5	Predicción de mareas.....	19
3.1.6	Corrientes de marea y energía potencial.....	22
3.2	Ecuaciones hidrodinámicas fundamentales.....	22
3.2.1	Ecuación de continuidad.....	23
3.2.2	Ecuación de momentum.....	23
3.3	Implementación en Modelo Delft3D Flow RM.....	23
3.3.1	Módulo 2D.....	24
3.3.2	Módulo 3D.....	27
4	METODOLOGÍA.....	32
4.1	Elección del lugar.....	34
4.2	Caracterización del recurso en el sector.....	35
4.2.1	Revisión y análisis de antecedentes.....	35

4.2.2	Pre proceso de los datos de entrada del modelo hidrodinámico.....	38
4.3	Modelo hidrodinámico 2D	40
4.3.1	Pre proceso	40
4.3.2	Proceso	45
4.3.3	Post proceso.....	46
4.4	Modelo hidrodinámico 3D	47
4.4.1	Pre proceso	47
4.4.2	Proceso	50
4.4.3	Post proceso.....	52
4.5	Caracterización del potencial energético en zonas de interés	52
4.6	Análisis comparativo entre ambos módulos 2D y 3D	53
4.7	Creación atlas de energía potencial	54
5	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EN CANAL CHACAO, X REGIÓN	55
5.1	Elección del lugar	55
5.2	Caracterización del recurso en el sector	56
5.2.1	Revisión y análisis de antecedentes	56
5.2.2	Pre proceso de los datos de entrada del modelo hidrodinámico.....	60
5.3	Modelación 2D.....	66
5.3.1	Pre proceso	67
5.3.2	Proceso	71
5.3.3	Post proceso.....	84
5.4	Modelación 3D.....	87
5.4.1	Pre Proceso.....	87

5.4.2	Proceso	88
5.4.3	Post Proceso	101
5.5	Caracterización del potencial energético en zonas de interés	104
5.6	Análisis comparativo entre ambos módulos 2D y 3D	104
5.7	Creación atlas de energía potencial de promedio mensual en Canal Chacao	119
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	122
6.1	Discusión	122
6.1.1	Discusión sobre los módulos del modelo Delft3D Flow.....	122
6.1.2	Discusión del análisis comparativo entre ambos módulos.....	123
6.2	Conclusión.....	124
6.3	Recomendaciones	125
7	REFERENCIAS	126
8	ANEXO	129
8.1	Anexo 1: Resultados calibración modelo 3D por capas.....	129
8.2	Anexo 2: Salidas de Sicigias y Cuadratura del modelo 3D por capas.....	139
8.3	Anexo 3: Análisis de potencias 3D descritas en capa Superficial, Intermedia y Fondo.....	158
8.4	Anexo 4: Glosario.....	177

LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1: Esquema cuerpos celestes rotando entorno al centro de masas C.	5
Figura 3-2: Esquema Luna – Tierra.	6
Figura 3-3 : Sistema Luna – Tierra.	8
Figura 3-4: Dirección de aceleración de la marea.	10
Figura 3-5: Distribución de fuerzas tractoras en la superficie de la Tierra.	11
Figura 3-6: Declinación lunar.	14
Figura 3-7: Fase lunar.....	15
Figura 3-8: Efectos combinados Luna y Sol sobre la marea.	15
Figura 3-9: Ciclo hidrológico.	17
Figura 3-10: Tipos de marea a nivel mundial.....	18
Figura 3-11: Referencia nivel del mar.	25
Figura 3-12: Esquema desarrollo 3D.	31
Figura 4-1: Diagrama metodología de estudio.....	33
Figura 4-2: Mapeo de coordenadas.	42
Figura 4-3: Calendario Lunar Agosto 2000.	44
Figura 4-4: Tipos de grilla 3D.....	49
Figura 4-5: Perfil vertical con wiggles.	51
Figura 4-6: Perfiles transversales de potencia en Canal Chacao.	54
Figura 5-1: Ubicación Canal Chacao, Chile.	55
Figura 5-2: Información batimétrica disponible en Canal Chacao.	57
Figura 5-3: Mareógrafos en Canal Chacao.....	58
Figura 5-4: Correntómetros en Canal Chacao.	59

Figura 5-5: Línea de costa obtenida desde carta náutica SHOA N°7210.....	60
Figura 5-6: Puntos de batimetría interpolados para la malla numérica.....	61
Figura 5-7: Análisis gráfico condición de borde Oeste.....	62
Figura 5-8: Análisis gráfico condición de borde Este.	63
Figura 5-9: Correlación cruzada de marea vs componente u.	65
Figura 5-10: Correlación cruzada de marea vs componente v.	66
Figura 5-11: Región de modelación.	67
Figura 5-12: Malla para modelación.....	70
Figura 5-13: Batimetría en la región de modelación.	71
Figura 5-14: Ventana de modelación.	72
Figura 5-15: Aproximación de nivel del mar - Carelmapu.....	75
Figura 5-16: Aproximación de nivel del mar - Eje 1.	76
Figura 5-17: Aproximación de nivel del mar - Tique.	76
Figura 5-18: Correlación Modelo Delft3D – Carelmapu.	77
Figura 5-19: Correlación Modelo Delft3D – Eje 1.	77
Figura 5-20: Correlación Modelo Delft3D – Tique.....	78
Figura 5-21: Magnitud de corrientes – Roca Remolinos.....	79
Figura 5-22: Dirección de corrientes – Roca Remolinos.....	80
Figura 5-23: Magnitud de corrientes – Bajo Seluain.	80
Figura 5-24: Dirección de corrientes – Bajo Seluain.....	81
Figura 5-25: Magnitud de corrientes – Puerto Elvira.....	81
Figura 5-26: Dirección de corrientes – Puerto Elvira.	82
Figura 5-27: Correlación modelo Delft3D – Roca Remolinos.	82

Figura 5-28: Correlación modelo Delft3D – Bajo Seluain.	83
Figura 5-29: Correlación modelo Delft3D – Puerto Elvira.	83
Figura 5-30: Velocidad condición Cuadratura mínima Llenante 2D.	85
Figura 5-31: Velocidad condición Cuadratura mínima Vaciante 2D.	86
Figura 5-32: Velocidad condición Sicigia máxima Llenante 2D.	86
Figura 5-33: Velocidad condición Sicigia máxima Vaciante 2D.	87
Figura 5-34: Aproximación de nivel del mar – Carelmapu 3D.	92
Figura 5-35: Aproximación de nivel del mar – Tique 3D.	92
Figura 5-36: Aproximación de nivel del mar – Eje 1 3D.	93
Figura 5-37: Correlación Modelo Delft3D – Carelmapu 3D.	93
Figura 5-38: Correlación Modelo Delft3D – Tique 3D.	94
Figura 5-39: Correlación Modelo Delft3D – Eje 1 3D.	94
Figura 5-40: Magnitud de corrientes – Roca Remolinos capa 1.	96
Figura 5-41: Dirección de corrientes – Roca Remolinos capa 1.	96
Figura 5-42: Magnitud de corrientes – Roca Remolinos capa 5.	97
Figura 5-43: Dirección de corrientes – Roca Remolinos capa 5.	97
Figura 5-44: Magnitud de corrientes – Roca Remolinos capa 9.	98
Figura 5-45: Dirección de corrientes – Roca Remolinos capa 9.	98
Figura 5-46: Correlación Modelo Delft3D – Roca Remolinos capa 1.	99
Figura 5-47: Correlación Modelo Delft3D – Roca Remolinos capa 5.	99
Figura 5-48: Correlación Modelo Delft3D – Roca Remolinos capa 9.	100
Figura 5-49: Velocidad condición Cuadratura mínima Llenante 3D promedio.	102
Figura 5-50: Velocidad condición Cuadratura mínima Vaciante 3D promedio.	102

Figura 5-51: Velocidad condición Sicigia máxima Llenante 3D promedio.	103
Figura 5-52: Velocidad condición Sicigia máxima Vaciante 3D promedio.	103
Figura 5-53: Tiempos de simulación módulos 2D y 3D del modelo Delft3D Flow.	104
Figura 5-54: Sectores de Canal Chacao.	105
Figura 5-55: Perfil longitudinal de potencia promedio mensual en Canal Chacao – Módulo 3D.	107
Figura 5-56: Curvas de excedencia velocidad mensual 2D-3D.	108
Figura 5-57: Análisis energético comparativo entre módulos condición mensual.	109
Figura 5-58: Plano cartesiano con cuadrantes en coordenadas meteorológicas.	109
Figura 5-59: Perfil longitudinal de potencia promedio llenante en Canal Chacao – Módulo 3D.	111
Figura 5-60: Curvas de excedencia velocidad llenante 2D-3D.	112
Figura 5-61: Análisis energético comparativo entre módulos condición llenante.	112
Figura 5-62: Perfil longitudinal de potencia promedio vaciante en Canal Chacao – Módulo 3D.	114
Figura 5-63: Curvas de excedencia velocidad vaciante 2D-3D.	116
Figura 5-64: Análisis energético comparativo entre módulos condición vaciante.	116
Figura 5-65: Esquema gráfico utilizado para generar mapa energético en Canal Chacao. .	119
Figura 5-66: Mapa energético promedio mensual de Canal Chacao.	120
Figura 5-67: Velocidad vertical de módulos y medición en conjunto.	121
Figura 8-1: Magnitud de corrientes – Roca Remolinos capa 2.	129
Figura 8-2: Dirección de corrientes – Roca Remolinos capa 2.	130
Figura 8-3: Magnitud de corrientes – Roca Remolinos capa 3.	130
Figura 8-4: Dirección de corrientes – Roca Remolinos capa 3.	131
Figura 8-5: Magnitud de corrientes – Roca Remolinos capa 4.	131

Figura 8-6: Dirección de corrientes – Roca Remolinos capa 4.....	132
Figura 8-7: Magnitud de corrientes – Roca Remolinos capa 6.....	132
Figura 8-8: Dirección de corrientes – Roca Remolinos capa 6.....	133
Figura 8-9: Magnitud de corrientes – Roca Remolinos capa 7.....	133
Figura 8-10: Dirección de corrientes – Roca Remolinos capa 7.....	134
Figura 8-11: Magnitud de corrientes – Roca Remolinos capa 8.....	134
Figura 8-12: Dirección de corrientes – Roca Remolinos capa 8.....	135
Figura 8-13: Correlación Modelo Delft3D – Roca Remolinos capa 2.....	135
Figura 8-14: Correlación Modelo Delft3D – Roca Remolinos capa 3.....	136
Figura 8-15: Correlación Modelo Delft3D – Roca Remolinos capa 4.....	136
Figura 8-16: Correlación Modelo Delft3D – Roca Remolinos capa 6.....	137
Figura 8-17: Correlación Modelo Delft3D – Roca Remolinos capa 7.....	137
Figura 8-18: Correlación Modelo Delft3D – Roca Remolinos capa 8.....	138
Figura 8-19: Velocidad condición Cuadratura mínima Llenante 3D – capa 1.....	139
Figura 8-20: Velocidad condición Cuadratura mínima Vaciente 3D – capa 1.....	140
Figura 8-21: Velocidad condición Sicigia máxima Llenante 3D – capa 1.....	140
Figura 8-22: Velocidad condición Sicigia máxima Vaciente 3D – capa 1.....	141
Figura 8-23: Velocidad condición Cuadratura mínima Llenante 3D – capa 2.....	141
Figura 8-24: Velocidad condición Cuadratura mínima Vaciente 3D – capa 2.....	142
Figura 8-25: Velocidad condición Sicigia máxima Llenante 3D – capa 2.....	142
Figura 8-26: Velocidad condición Sicigia máxima Vaciente 3D – capa 2.....	143
Figura 8-27: Velocidad condición Cuadratura mínima Llenante 3D – capa 3.....	143
Figura 8-28: Velocidad condición Cuadratura mínima Vaciente 3D – capa 3.....	144

Figura 8-29: Velocidad condición Sicigia máxima Llenante 3D – capa 3.	144
Figura 8-30: Velocidad condición Sicigia máxima Vaciente 3D – capa 3.	145
Figura 8-31: Velocidad condición Cuadratura mínima Llenante 3D – capa 4.....	145
Figura 8-32: Velocidad condición Cuadratura mínima Vaciente 3D – capa 4.....	146
Figura 8-33: Velocidad condición Sicigia máxima Llenante 3D – capa 4.	146
Figura 8-34: Velocidad condición Sicigia máxima Vaciente 3D – capa 4.	147
Figura 8-35: Velocidad condición Cuadratura mínima Llenante 3D – capa 5.....	147
Figura 8-36: Velocidad condición Cuadratura mínima Vaciente 3D – capa 5.....	148
Figura 8-37: Velocidad condición Sicigia máxima Llenante 3D – capa 5.	148
Figura 8-38: Velocidad condición Sicigia máxima Vaciente 3D – capa 5.	149
Figura 8-39: Velocidad condición Cuadratura mínima Llenante 3D – capa 6.....	149
Figura 8-40: Velocidad condición Cuadratura mínima Vaciente 3D – capa 6.....	150
Figura 8-41: Velocidad condición Sicigia máxima Llenante 3D – capa 6.	150
Figura 8-42: Velocidad condición Sicigia máxima Vaciente 3D – capa 6.	151
Figura 8-43: Velocidad condición Cuadratura mínima Llenante 3D – capa 7.....	151
Figura 8-44: Velocidad condición Cuadratura mínima Vaciente 3D – capa 7.....	152
Figura 8-45: Velocidad condición Sicigia máxima Llenante 3D – capa 7.	152
Figura 8-46: Velocidad condición Sicigia máxima Vaciente 3D – capa 7.	153
Figura 8-47: Velocidad condición Cuadratura mínima Llenante 3D – capa 8.....	153
Figura 8-48: Velocidad condición Cuadratura mínima Vaciente 3D – capa 8.....	154
Figura 8-49: Velocidad condición Sicigia máxima Llenante 3D – capa 8.	154
Figura 8-50: Velocidad condición Sicigia máxima Vaciente 3D – capa 8.	155
Figura 8-51: Velocidad condición Cuadratura mínima Llenante 3D – capa 9.....	155

Figura 8-52: Velocidad condición Cuadratura mínima Vaciante 3D – capa 9.....	156
Figura 8-53: Velocidad condición Sicigia máxima Llenante 3D – capa 9.	156
Figura 8-54: Velocidad condición Sicigia máxima Vaciante 3D – capa 9.	157
Figura 8-55: Perfil longitudinal de potencia mensual en Canal Chacao – Capa Superficial.	159
Figura 8-56: Curvas excedencia de velocidad mensual – Capa Superficial.	159
Figura 8-57: Curvas excedencia de potencia mensual – Capa Superficial.....	160
Figura 8-58: Perfil longitudinal de potencia llenante en Canal Chacao – Capa Superficial. .	161
Figura 8-59: Curvas excedencia de velocidad llenante – Capa Superficial.	161
Figura 8-60: Curvas excedencia de potencia llenante – Capa Superficial.....	162
Figura 8-61: Perfil longitudinal de potencia vaciante en Canal Chacao – Capa Superficial.	163
Figura 8-62: Curvas excedencia de velocidad vaciante – Capa Superficial.	163
Figura 8-63: Curvas excedencia de potencia vaciante – Capa Superficial.....	164
Figura 8-64: Perfil longitudinal de potencia mensual en Canal Chacao – Capa Intermedia.	165
Figura 8-65: Curvas excedencia de velocidad mensual – Capa Intermedia.....	165
Figura 8-66: Curvas excedencia de potencia mensual – Capa Intermedia.	166
Figura 8-67: Perfil longitudinal de potencia llenante en Canal Chacao – Capa Intermedia..	167
Figura 8-68: Curvas excedencia de velocidad llenante – Capa Intermedia.....	167
Figura 8-69: Curvas excedencia de potencia llenante – Capa Intermedia.	168
Figura 8-70: Perfil longitudinal de potencia vaciante en Canal Chacao – Capa Intermedia.	169
Figura 8-71: Curvas excedencia de velocidad vaciante – Capa Intermedia.....	169
Figura 8-72: Curvas excedencia de potencia vaciante – Capa Intermedia.....	170
Figura 8-73: Perfil longitudinal de potencia mensual en Canal Chacao –	171
Figura 8-74: Curvas excedencia de velocidad mensual – Capa Fondo.....	171

Figura 8-75: Curvas excedencia de potencia mensual – Capa Fondo.	172
Figura 8-76: Perfil longitudinal de potencia llenante en Canal Chacao –	173
Figura 8-77: Curvas excedencia de velocidad llenante – Capa Fondo.....	173
Figura 8-78: Curvas excedencia de potencia llenante – Capa Fondo.	174
Figura 8-79: Perfil longitudinal de potencia vaciante en Canal Chacao –.....	175
Figura 8-80: Curvas excedencia de velocidad llenante – Capa Fondo.....	175
Figura 8-81: Curvas excedencia de potencia vaciante – Capa Fondo.	176

LISTA DE TABLAS

Tabla 3-1: Valores de parámetros astronómicos Luna, Sol y Tierra.....	12
Tabla 3-2: Constituyentes astronómicos de la marea principales.....	20
Tabla 5-1: Coordenadas registros nivel del mar.	58
Tabla 5-2: Constituyentes armónicas en mareógrafos Canal Chacao.....	64
Tabla 5-3: Condiciones de borde 2D.	69
Tabla 5-4: Cuadro energético comparativo mensual de los módulos 2D-3D.....	106
Tabla 5-5: Cuadro energético comparativo llenante de los módulos 2D-3D.....	110
Tabla 5-6: Cuadro energético comparativo vaciante de los módulos 2D-3D.....	114
Tabla 5-7: Cuadro comparativo resumen de las principales diferencias entre ambos módulos.	118
Tabla 8-1: Cuadro energético potencia mensual – Capa Superficial.....	158
Tabla 8-2: Cuadro energético potencia llenante – Capa Superficial.....	160
Tabla 8-3: Cuadro energético potencia vaciante – Capa Superficial.....	162
Tabla 8-4: Cuadro energético potencia mensual – Capa Intermedia.....	164
Tabla 8-5: Cuadro energético potencia llenante – Capa Intermedia.....	166
Tabla 8-6: Cuadro energético potencia vaciante – Capa Intermedia.....	168
Tabla 8-7: Cuadro energético potencia mensual – Capa Fondo.	170
Tabla 8-8: Cuadro energético potencia llenante – Capa Fondo.	172
Tabla 8-9: Cuadro energético potencia vaciante – Capa Fondo.....	174

RESUMEN

Con el fin de realizar un análisis comparativo entre los módulos 2D y 3D del modelo Delft 3D Flow, se recopilaron datos de corrientes en la zona de Canal Chacao para, en conjunto con los datos de campo, calibrar el modelo y evaluar diferentes situaciones, incorporando distintas forzantes en ambos módulos del modelo. Se analizaron perfiles transversales a lo largo de Canal Chacao para examinar las diferencias respecto de la estimación del potencial de la energía por corriente de marea, empleando un módulo 2D y 3D del modelo Delft3D Flow. Finalmente, se generaron conclusiones en relación a los recursos (tiempo de procesamiento, horas de trabajo, costos, etc.) necesarios a utilizar para estimar la magnitud de recursos energéticos por corrientes de marea que se encuentran disponibles en la franja del Canal Chacao. Se señalan las ventajas que entrega el uso de cada módulo por separado.

El análisis fue desarrollado en tres etapas. En la primera se analizaron las herramientas disponibles para generar el estudio, evaluando la información disponible para la representación hidrodinámica en 2D y 3D a lo largo de la zona, y se definió la metodología para llevar a cabo el estudio. La segunda etapa consistió en la simulación del comportamiento hidrodinámico del Canal Chacao, mediante un proceso iterativo que culminó al calibrar ambos módulos del modelo. En la tercera etapa se realizó el análisis comparativo de la potencia energética obtenida, utilizando la corriente de marea simulada por ambos módulos.

Efectuar un estudio práctico de esta naturaleza, permite generar recomendaciones respecto a la utilidad de realizar una simulación numérica en dos o tres dimensiones, considerando; tiempos de simulación y precisión de resultados.

En el análisis de tiempos de simulación, se observó que el módulo 3D demoró aproximadamente 29 hrs y el módulo 2D alrededor de 3,5 hrs.

Para evaluar la precisión de los resultados entre los módulos, se consideraron tres condiciones, llenante, mensual y vaciante. Las mayores diferencias fueron; 5,27% en el perfil 2 para la condición Llenante, 2,28% en el perfil 7 para la condición mensual y 6,12% en el perfil 7 para la condición vaciante. En términos energéticos, la diferencia entre los perfiles fue pequeña pues, en términos generales, no superó los $40 \left[\frac{W}{m^2} \right]$. Del análisis de precisión de resultados, se visualizó que el módulo 3D contó con velocidades de corriente promedio mayores al módulo 2D.

En resumen, no se aprecian diferencias energéticas importantes entre ambos módulos, pero si en el tiempo de simulación y detalle que ofrece cada uno. Se recomienda utilizar los módulos de forma complementaria, usando el módulo 2D para identificar zonas energéticas en planta y el módulo 3D para obtener un detalle de la energía en esas zonas.