

MODELACION NUMÉRICA DEL DESCARGADOR DE FONDO DE LA REPRESA JORGE CEPERNIC.

Gian Reyes Mendoza, Mariano de Dios, Arturo Rivetti Sergio Liscia.

INTRODUCCIÓN

La seguridad de las presas de embalse en un punto crítico requieren su atención en la etapa de construcción, llenado, operación y mantenimiento. Es por este motivo que se instala descargadores de fondo (DF) diseñados para poder realizar el vaciado del embalse sin importar el nivel en el mismo, con el objetivo de realizar tareas de mantenimiento, limpieza de sedimentos, control de crecidas entre otros. Dada su importancia es preciso conocer el funcionamiento hidráulico de los DF y por este motivo en este trabajo se realiza una simulación numérica en bidimensional para estudiar el funcionamiento hidrodinámico aislado, del descargador de fondo de la Represa Jorge Cepernic (JC),

El DF cuenta con 3 vanos, cada vano consta de dos orificios de descarga de sección rectangular de 3 x 4 m. El desarrollo lineal del DF se divide en 5 zonas de interés para el análisis del comportamiento hidrodinámico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analiza el funcionamiento hidrodinámico del DF funcionando de manera aislada haciendo uso del software de simulación numérica gratuito y de código libre OpenFOAM que aborda la dinámica de fluidos computación (CDF por sus siglas en inglés).

Se aplica un código numérico estándar de las librerías de OpenFOAM para flujos bifásicos agua-aire a superficie libre, llamado interFoam. Este utiliza para el tratamiento de la superficie libre, una variante del método VOF (Volume-of-Fluid), que calcula en cada celda la fracción de volumen ocupada por la fase de agua y la fase de aire. Este método resuelve un único conjunto de ecuaciones de Reynolds para ambas fracciones, calculando las propiedades intensivas de la mezcla localmente por interpolación a partir de las fracciones de fases y las propiedades de los fluidos intervinientes.

De entre los tratamientos disponibles para reducir la complejidad del problema, se selecciona la estrategia que consiste en simular numéricamente solo el flujo medio turbulento, realizando un promedio de las ecuaciones hidrodinámicas. Este tratamiento se denomina RANS; URANS cuando se considera la presencia de la derivada temporal en las componentes de la velocidad, es decir en régimen transitorio.

El dominio de simulación que se extiende 145 m en longitud, comprendiendo 50 m aguas arriba de la toma del DF, hasta 20 m aguas debajo del final de la curva de descarga sobre la solera del cuenco dissipador. En ancho tiene 1 m, que comprende la faja central de un orificio del DF. En altura se extiende 54 m, desde la solera del cuenco dissipador hasta 5 m por arriba del NMN normal del embalse.

Se realizó un análisis de convergencia de acuerdo con el método establecido del Índice de Convergencia (GCI por sus siglas en inglés) empleando un refinamiento de malla progresivo según lo indicado en la tabla 1.

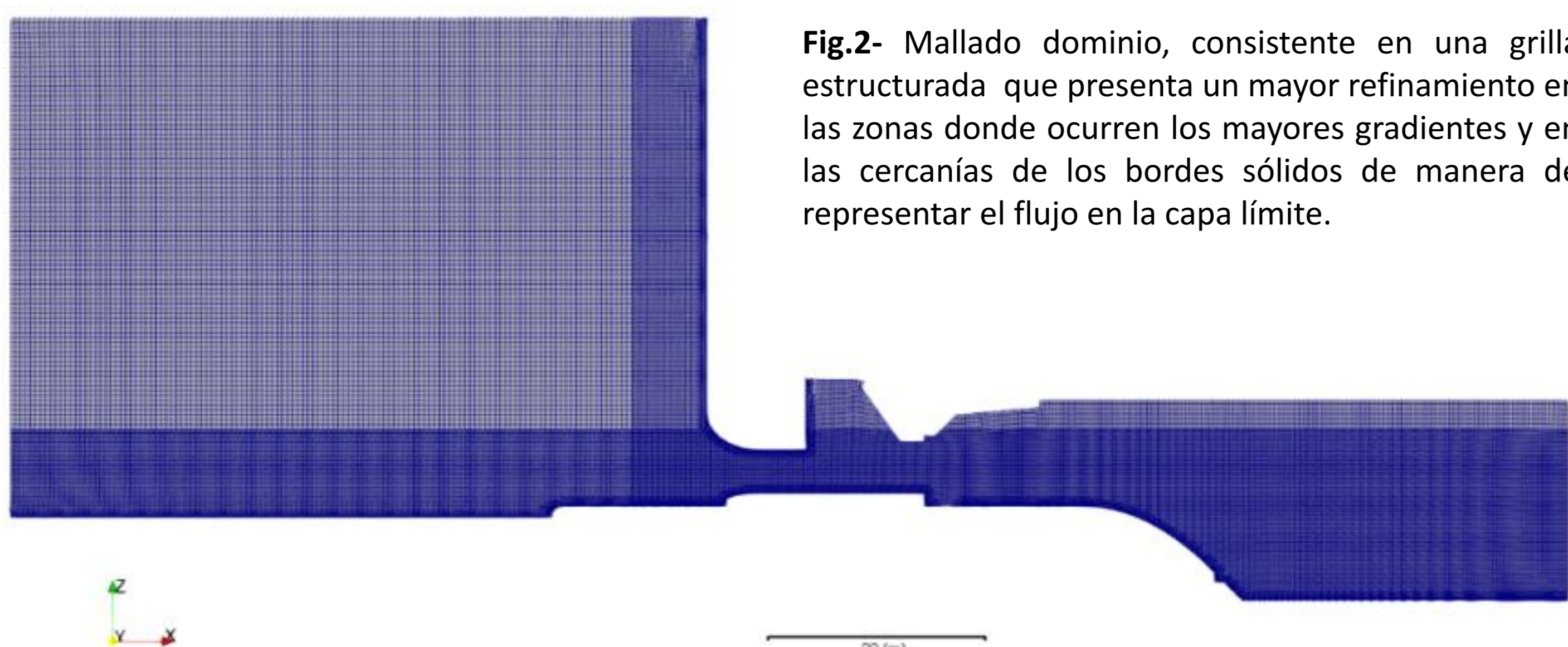


Fig.2- Mallado dominio, consistente en una grilla estructurada que presenta un mayor refinamiento en las zonas donde ocurren los mayores gradientes y en las cercanías de los bordes sólidos de manera de representar el flujo en la capa límite.

k	Malla	Nº de celdas	y* promedio	C _d	GCI _i [%]	C _d
1	Fina	227543	138	0.98790		0.988±0.002
2	Media	115541	189	0.97853	0.23	
3	Gruesa	53375	267	0.97701	1.41	

Fig.3-Tabla1 - Convergencia de malla para el coeficiente de descarga Cd usando el método del GCI.

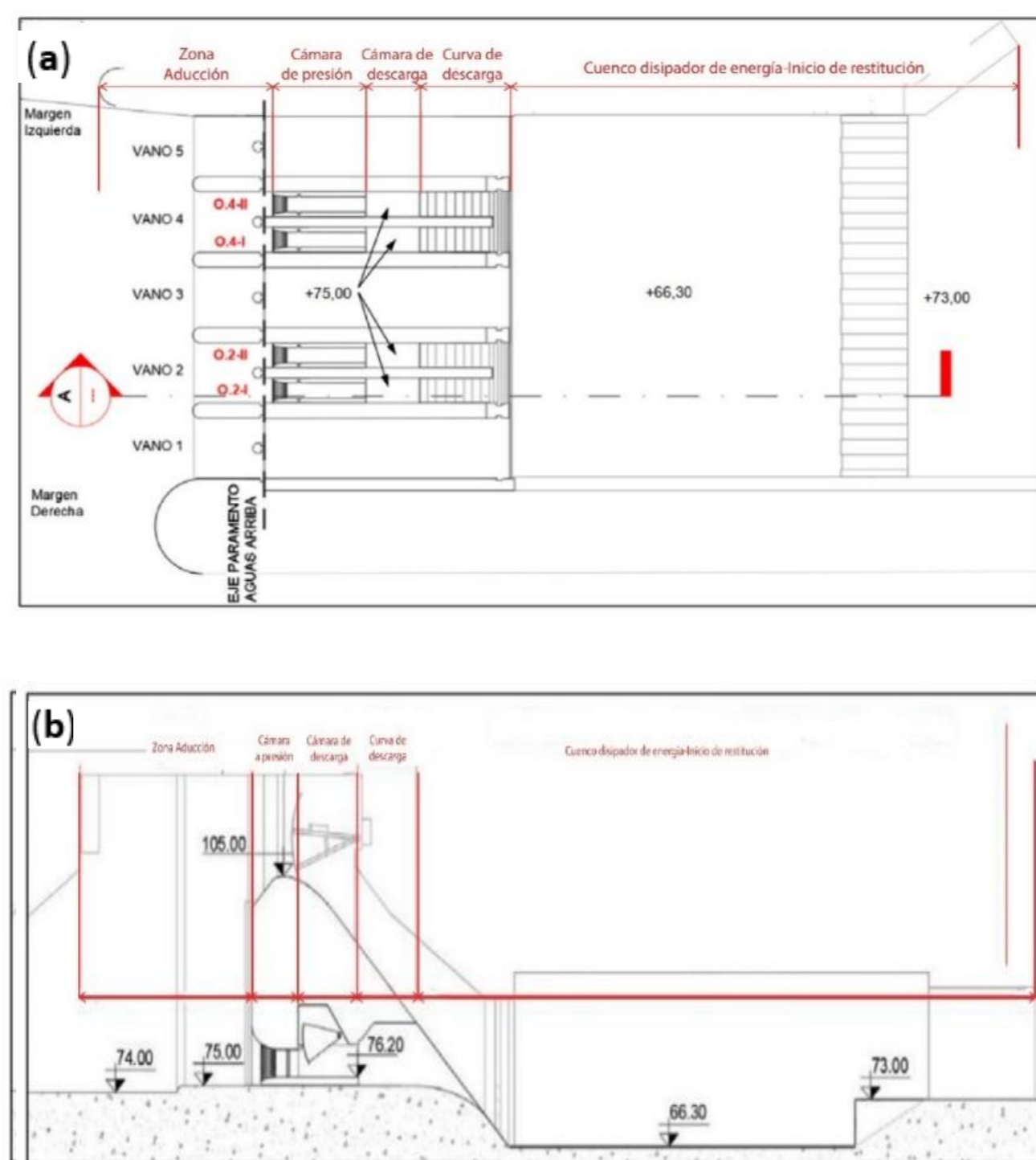


Fig.1- Detalle de la zona de interés, en planta (a) y corte (b). Se indican algunos sitios de interés.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la geometría del DF se evaluó el coeficiente de descarga (Cd) correspondiente al caudal de diseño. Conocida la ley de descarga de orificio, una vez realizada la convergencia de malla con el método del GCI, se obtuvo el resultado que se presenta en la Tabla 2:

En la Figura 3 se observa la superficie libre. El comportamiento del pelo de agua en el embalse alcanza la estabilización y se observa que el chorro de agua tiene un comportamiento que representa satisfactoriamente la física del problema de estudio. En la zona de transición entre la cresta del descargador y el cuenco dissipador se observa una incorporación de aire que no alcanza a expulsarse, esto puede deberse a que al trabajarse con un modelo bidimensional no se terminan de resolver los fenómenos asociados a la turbulencia y su generación de vorticidades.

Sección transversal	[m ²]	12.00
Nivel del baricentro	[mIGN]	78.20
H	[m]	29.98
Q	[m ³ /s]	95.83
Cd	[-]	0.988 ± 0.002

Tabla2.- Coeficiente de descarga Cd.

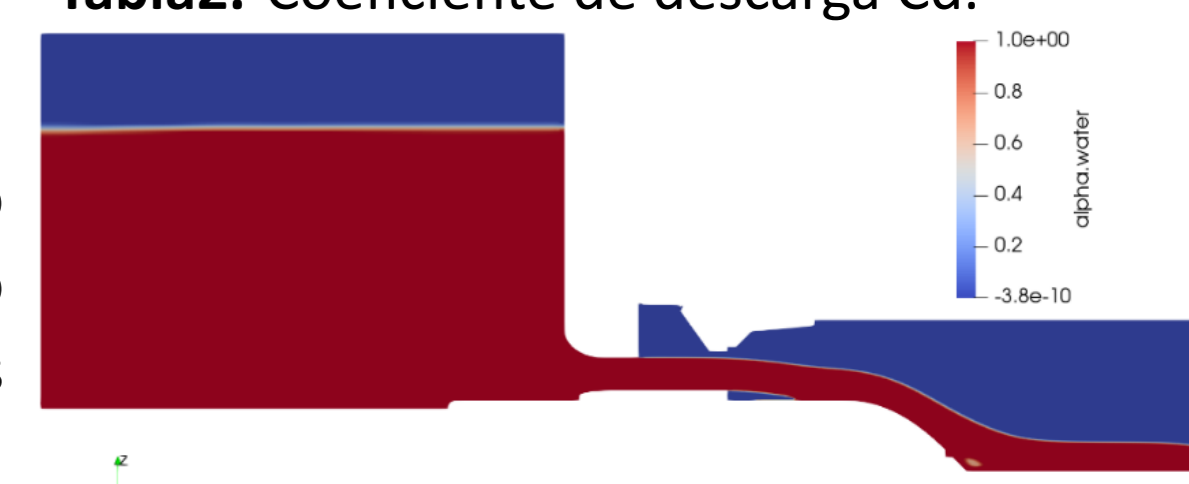


Fig.4- Comportamiento de la superficie libre.

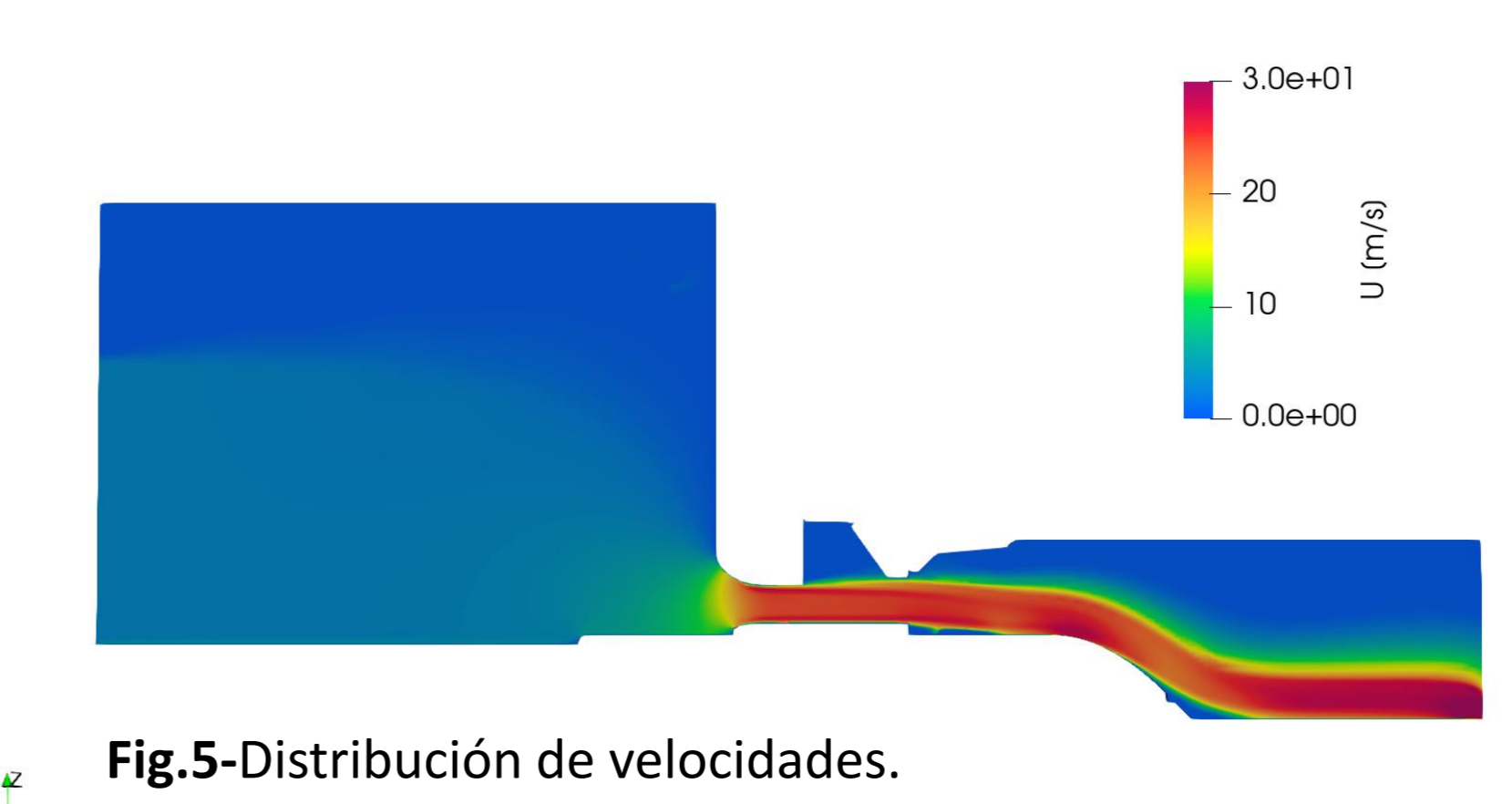


Fig.5- Distribución de velocidades.

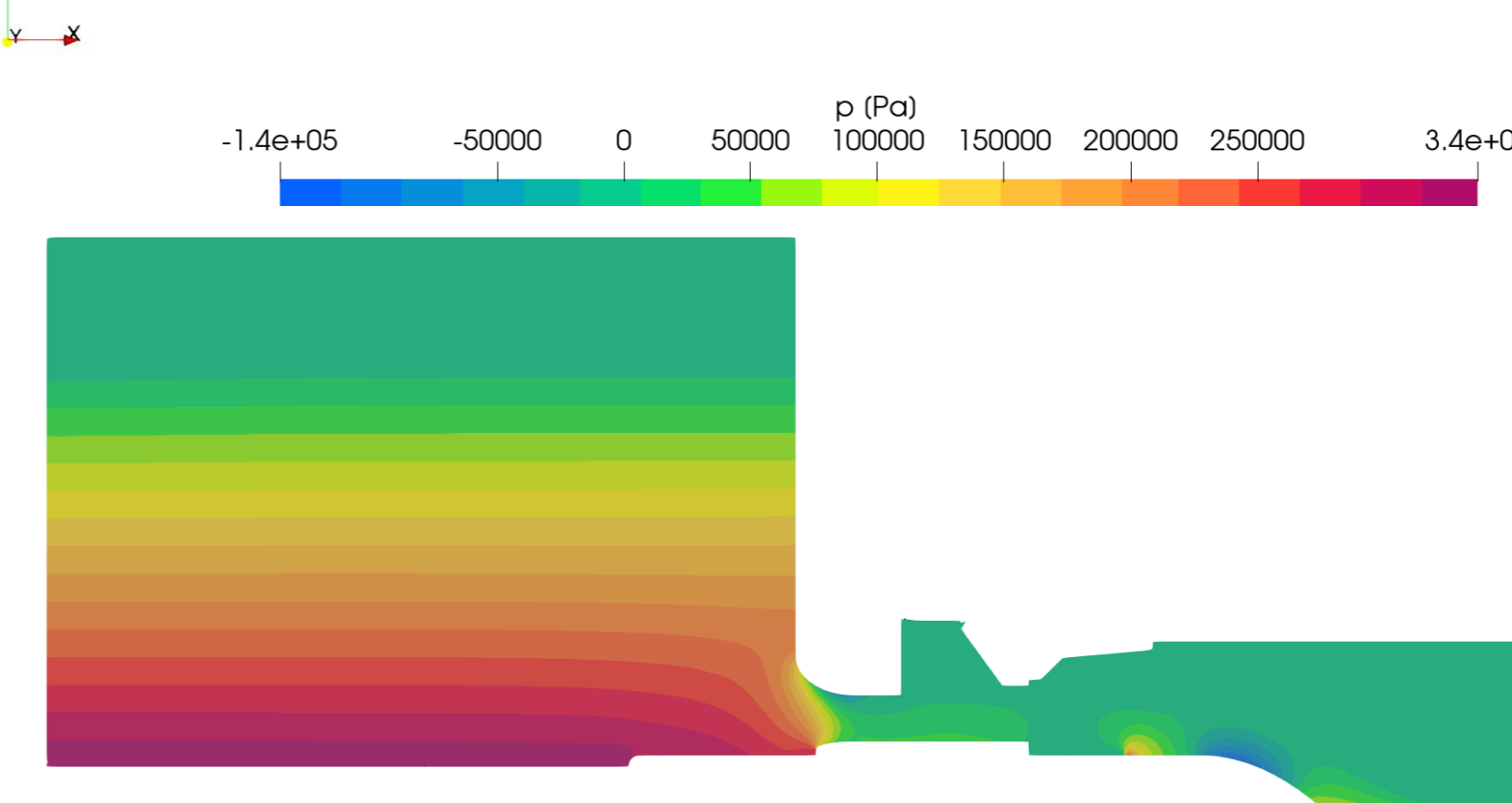


Fig.6- Distribución de presiones.

En la figura 6 se observa la distribución de presiones para un recorte en el dominio que permita una mejor apreciación gráfica de las zonas de interés para los objetivos de este trabajo. En el sector del embalse se muestra una distribución hidrostática de presiones correspondiente con la física del problema. Se muestra la existencia de presiones negativas en la convergencia del flujo, a la entrada del orificio de descarga, en la transición del perfil curvo a horizontal; caracterizando una posible zona de separación del flujo. Las presiones negativas se presentan en el orden de 6,2 m.c.a. Aguas debajo de la cámara de la cámara de descarga se muestra un punto de sobrepresiones que se corresponde con el punto de impacto del jet de descarga. En la cresta aparecen presiones negativas del orden de 14 m.c.a de agua, que resultan excesivos y que pueden estar influenciados para la bidimensionalidad de la simulación, las condiciones de borde aguas abajo o la influencia del demonio sobre esta zona. Se contempla avanzar con un estudio tridimensional y con un dominio ampliado para estudiar a detalle que ocurre con las presiones en la cresta del DF.

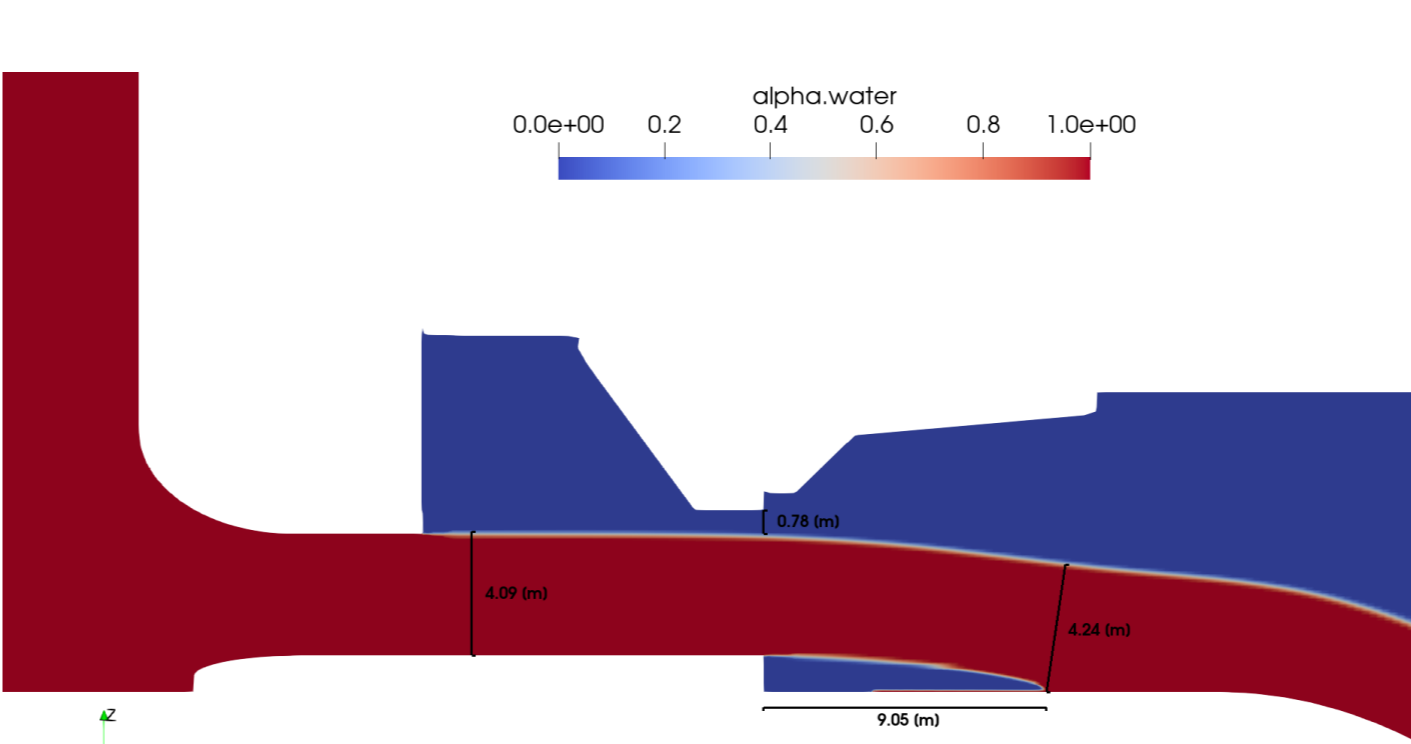


Fig.7- Detalle del jet de descarga.

En la zona de salida de la cámara a presión el flujo presenta una altura de 4,12 m, mostrando una expansión con respecto a la altura del flujo en la cámara de presión. La revancha al dintel del conducto es del orden de 0,78m. En la zona el jet de descarga alcanza una longitud aproximada de 9,15 m y posee una altura del orden de 4.24 m. No se observa ahogamiento de su lámina inferior ni interferencias con el techo de la cámara.

CONCLUSIONES

Se realizó un análisis de convergencia de acuerdo al GCI, se obtuvo como resultado que son esperables errores de truncamiento del orden de 0,23% para el coeficiente de descarga y 4% para la presión en la aducción. El modelo numérico arroja como resultado un C_d 6% superior al obtenido en el modelo físico. Esto se debe a que, al trabajarse con un dominio bidimensional para estudiar el fenómeno, no se están teniendo en cuenta las contracciones laterales que experimenta el flujo en el ingreso al orificio, tampoco como es la orientación del flujo en el ingreso. La modelación numérica de la geometría del descargador de fondo a escala prototipo indica la existencia de presiones negativas en la zona de aducción al orificio, del orden de 6 m.c.a para las presiones medias. Es importante aclarar que, bajo la hipótesis usada de promedios para la modelación de Reynolds, estas presiones corresponden a valores medios y no tienen en cuenta las fluctuaciones de presión debido a la turbulencia. Al sumar estas fluctuaciones las presiones instantáneas podrían ser incluso más bajas en la realidad. El jet de descarga se mantiene libre, sin interferencias con el techo de la cámara. No se observa ahogamiento de su lámina inferior en ninguna instancia, permitiendo el ingreso de aire. El jet de descarga tiene una longitud de impacto dentro del rango de funcionamiento del modelo físico y para las condiciones del escenario de estudio de este trabajo.