

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MORELIA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN METALURGIA

TESIS

**“Análisis del efecto de la velocidad de colada y de
la inmersión de buza sumergida sobre la
deposición de inclusiones en su pared interior”**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN METALURGIA

PRESENTA:

RAÚL REGALADO RAMÍREZ

ASESOR:

DRA. ENIF GUADALUPE GUTIÉRREZ GUERRERO

CO-ASESORES:

**DR. JOSÉ DE JESÚS BARRETO SANDOVAL
DR. SAÚL GARCÍA HERNÁNDEZ**

MORELIA, MICHOACÁN

ENERO 2017

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	I
LISTA DE TABLAS.....	VI
NOMENCLATURA	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
1. PRESENTACIÓN.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 OBJETIVOS GENERALES	5
1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.3 JUSTIFICACIÓN	6
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	8
2.2 ESTADO DEL ARTE EN EL DISTRIBUIDOR.	8
2.3 ESTADO DEL ARTE EN LA BUZA.	10
2.4 MODELADO MATEMÁTICO	15
2.4.1 ECUACIÓN DE CONTINUIDAD.....	15
2.4.2 ECUACIÓN DE CONSERVACIÓN DE MOMENTO	16
2.4.3 MODELO ESTÁNDAR DE TURBULENCIA $k - \epsilon$	18
2.4.4 MODELO MULTIFÁSICOS DE VOLUMEN DE FLUIDO (VOF)	18
2.5 MÉTODO DE SEGREGACIÓN	20
2.5.1 ALGORITMO DE SEGREGACIÓN BASADO EN LA PRESIÓN.	21
2.5.2 ECUACIÓN GENERAL DE TRANSPORTE ESCALAR: DISCRETIZACIÓN Y SOLUCIÓN..	22
2.5.3 DISCRETIZACIÓN ESPACIAL	23
2.5.4 SOLUCIÓN BASADA EN LA PRESIÓN	24
2.5.5 DISCRETIZACIÓN DE LA ECUACIÓN DE MOMENTO	24
2.5.6 DISCRETIZACIÓN DE LA ECUACIÓN DE CONTINUIDAD.	25
2.5.7 ALGORITMO SIMPLEC	26
2.6 MODELADO DE UNA FASE DISCRETA	27

2.6.1 TEORÍA DE MOVIMIENTO DE LA PARTÍCULA	27
3. DESARROLLO DEL MODELO	28
3.1 CONSIDERACIONES DEL MODELO	29
3.2 PARÁMETROS Y PROPIEDADES DEL MODELO.	29
3.2.1 PARÁMETROS DEL DISTRIBUIDOR Y MOLDE.	30
3.2.2 PROPIEDADES FÍSICAS DEL AIRE Y DEL ACERO	30
3.3 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	31
3.4 GEOMETRÍA DEL SISTEMA	32
3.4.1 GEOMETRÍA DEL DISTRIBUIDOR.	32
3.4.2 GEOMETRÍA DE LA BOQUILLA, VÁLVULA DESLIZANTE, BUZA SUMERGIDA Y MOLDE.....	33
3.4.3 GEOMETRÍA DE INHIBIDORES Y REPRESA.	33
3.5 PROCESO DE SOLUCIÓN DEL MODELO.....	34
3.5.1 DESARROLLO DE GEOMETRÍAS Y MALLAS.	34
3.6 CONDICIONES FRONTERA	36
3.7 CASOS DE ESTUDIO.	36
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN.....	38
4.1 EFECTO DE LA FLUIDODINÁMICA SOBRE LA DEPOSICIÓN DE INCLUSIONES EN LA PARED INTERIOR DE LA BUZA.	39
4.2 ESTUDIO DE LA DEPOSICIÓN DE INCLUSIONES MODIFICANDO LA INMERSIÓN DE LA BUZA SUMERGIDA.....	53
4.3 ESTUDIO DE LA DEPOSICIÓN DE INCLUSIONES MODIFICANDO LA VELOCIDAD DE COLADA	67
CONCLUSIONES.....	79
BIBLIOGRAFÍA	81

RESUMEN

Estudiar la deposición de inclusiones en la buza sumergida es de suma importancia en la producción del acero, debido a que la deposición de inclusiones bloquea el paso de acero líquido del distribuidor al molde, lo que eventualmente interrumpe la producción del proceso de colada continua, afectando la productividad.

Para comprender la deposición de inclusiones dentro de la buza sumergida y su relación con los patrones de flujo, en este trabajo se simula un sistema acoplado distribuidor, buza sumergida y molde, analizando seis distintos tamaños de inclusiones en un rango de 1 a 60 micrómetros. La investigación se dividió en tres etapas, en la primera se determinaron los factores que propician la deposición de inclusiones en las zonas típicas: boquilla, puertos y piscina. En la segunda y tercera etapa, se modificó la inmersión de la buza sumergida y la velocidad de la colada. Los resultados muestran que las zonas con mayor deposición de inclusiones no varían con el diámetro de la inclusión, con el cambio de la inmersión de la buza sumergida, ni con el cambio de la velocidad de colada. Además, se encontró que dichas zonas se encuentran siempre vinculadas a gradientes de presión, energía cinética turbulenta y velocidad, determinando que este último es el principal factor para la deposición de inclusiones.