

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Contexto	1
1.2. Objetivo general	2
1.3. Objetivos específicos	2
1.4. Alcances	2
2. Estudio del arte	3
2.1. Depósitos de relave convencionales	3
2.1.1. Clasificación según el material que compone el muro principal	3
2.1.2. Componentes de un depósito de relaves convencional	3
2.1.3. Métodos constructivos	4
2.2. Balance hídrico en un depósito de relaves convencional	6
2.2.1. Entradas de agua	6
2.2.2. Salidas de agua	7
2.2.3. Agua almacenada en el depósito	7
2.2.4. Ecuación general de balance hídrico	7
2.3. Mecanismos de pérdida de agua	8
2.3.1. Pérdidas por atrapamiento	9
2.3.1.1. Índice de vacíos	9
2.3.1.2. Estimación de las pérdidas por atrapamiento	12
2.3.1.3. Consolidación de medios porosos	13
2.3.2. Pérdidas por evaporación	22
2.3.2.1. Evaporación potencial	22
2.3.2.2. Balance de energía en una superficie	23
2.3.2.3. Evaporación relativa	25
2.3.3. Pérdidas por resaturación	27
2.3.3.1. Concepto de resaturación	27
2.3.3.2. Modelo de pérdidas por resaturación	27
2.3.4. Pérdidas por infiltración	28
2.3.4.1. Ley de Darcy	29
2.3.4.2. Diferencias en la medición de la permeabilidad para pequeña y gran escala	29
2.3.4.3. Distribución de tamaño de partículas en el sector playa	30
3. Metodología	33
3.1. Ecuaciones base del modelo	33
3.1.1. Supuestos del modelo	33

3.1.2.	Definición de volumen de control y variables de interés	34
3.1.3.	Formulación teórica de las ecuaciones de momentum y masa	35
3.1.4.	Consideraciones sobre la reología de la mezcla	35
3.1.5.	Segregación longitudinal de partículas	38
3.1.6.	Hipótesis cuasiestática	39
3.2.	Resolución del sistema de ecuaciones diferenciales	39
3.2.1.	Sistema de ecuaciones diferenciales acoplado	39
3.2.2.	Resolución de la sucesión de regímenes permanentes	40
3.3.	Parámetros y condiciones de borde del modelo	41
3.3.1.	Parámetros asociados a las condiciones de operación	41
3.3.2.	Parámetros asociados a la reología de la mezcla	42
3.3.3.	Parámetros asociados a la velocidad crítica de deposición	42
3.3.4.	Parámetros asociados a la geometría del canal	43
3.3.5.	Condiciones de borde	44
3.4.	Validación cualitativa del sistema de EDOs	44
3.4.1.	Caso de prueba	45
3.4.2.	Estimación de las pérdidas de agua por atrapamiento	46
4.	Resultados y análisis	47
4.1.	Sistema de ecuaciones	47
4.1.1.	Ecuación de conservación de masa de sólidos en la suspensión	47
4.1.2.	Ecuación de conservación de masa de la mezcla	48
4.1.3.	Ecuación de sedimentación o criterio de sedimentación	50
4.1.4.	Ecuación de distribución de concentraciones volumétricas	51
4.1.5.	Ecuación de momentum lineal	52
4.1.6.	Sistema de ecuaciones del modelo e hipótesis cuasiestática	56
4.1.7.	Sistema de ecuaciones diferenciales acoplado	57
4.2.	Caso de prueba: Segregación y pérdidas por atrapamiento	60
4.2.1.	Resolución del sistema en el tiempo inicial	60
4.2.2.	Análisis en el comportamiento de la altura de escurrimiento	63
4.2.3.	Discusión sobre las condiciones de borde	64
4.2.4.	Resolución del sistema a tiempo inicial corregida	67
4.2.5.	Resolución iterativa en el tiempo (sucesión de regímenes permanentes)	71
4.2.6.	Pérdidas de agua por atrapamiento	76
4.2.7.	Discusión sobre clasificación de tamaños en el sector playa	78
5.	Conclusión	79
	Bibliografía	80
	Anexos	82
A.	Método de Runge-Kutta de orden 4	83
B.	Código de Python	84
C.	Resolución de método cuasiestático	101
C.1.	Etapa 1: Resolución del sistema en el tiempo inicial	101

C.2. Etapa 2: Resolución iterativa en el tiempo 101