

Tabla de Contenido

CAPÍTULO 1	: INTRODUCCIÓN	1
1.1	MOTIVACIÓN	1
1.2	OBJETIVOS	1
1.2.1	<i>General</i>	1
1.2.2	<i>Específicos</i>	2
1.3	ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO	2
CAPÍTULO 2	: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	EL ARSÉNICO COMO CONTAMINANTE	3
2.1.1	<i>Arsénico y su presencia en el agua</i>	3
2.2	TRATAMIENTOS CONVENCIONALES DE REMOCIÓN DE ARSÉNICO DEL AGUA	6
2.2.1	<i>Situación nacional</i>	7
2.3	HUMEDALES CONSTRUIDOS	8
2.3.1	<i>Componentes de un humedal</i>	9
2.3.1.1	Medio de soporte	9
2.3.1.2	Vegetación	10
2.3.2	<i>Evapotranspiración en humedales construidos</i>	10
2.3.2.1	Efecto de la evapotranspiración en el tiempo de retención hidráulico	11
2.3.2.2	Estimación de la evapotranspiración	12
2.3.3	<i>Humedales construidos para tratamiento de arsénico</i>	13
2.4	CASO DE ESTUDIO: RÍO AZUFRE	15
2.5	NORMATIVA	16
CAPÍTULO 3	: METODOLOGÍA DE TRABAJO	18
3.1	MATERIALES UTILIZADOS	18
3.2	SISTEMA DE HUMEDALES	19
3.2.1	<i>Operación</i>	21

3.3	AGUA ÁCIDA SINTÉTICA	22
3.4	TOMA Y ANÁLISIS DE MUESTRAS	23
3.4.1	<i>Instrumentos y equipos utilizados en laboratorio</i>	24
3.5	MEDICIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	25
3.5.1	<i>Medición directa</i>	26
3.5.2	<i>Medición estimada</i>	26
CAPÍTULO 4 : RESULTADOS Y DISCUSIÓN		27
4.1	RENDIMIENTO GENERAL DEL SISTEMA	27
4.2	REMOCIÓN DE CONTAMINANTES	28
4.2.1	<i>Arsénico</i>	29
4.2.2	<i>Hierro</i>	30
4.2.3	<i>Boro</i>	31
4.2.4	<i>Aluminio</i>	32
4.2.5	<i>Manganeso</i>	33
4.2.6	<i>Zinc</i>	34
4.2.7	<i>Plomo</i>	35
4.2.8	<i>Sulfato</i>	36
4.2.9	<i>Otros contaminantes</i>	37
4.3	PARÁMETROS <i>IN SITU</i>	37
4.3.1	<i>pH</i>	38
4.3.2	<i>Potencial redox</i>	39
4.3.3	<i>Conductividad eléctrica</i>	40
4.3.4	<i>Turbiedad</i>	41
4.3.5	<i>Dureza</i>	42
4.3.6	<i>Alcalinidad</i>	43
4.3.7	<i>Sólidos disueltos totales</i>	44
4.4	FACTORES EXTERNOS	44

4.5	COMPARACIÓN CON TRABAJOS AFINES.....	47
4.6	ANÁLISIS DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DIRECTA Y ESTIMADA	48
4.7	TIEMPO DE VIDA ÚTIL.....	50
CAPÍTULO 5	: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
5.1	EFECTO DEL MEDIO	53
5.2	EFECTO DE LA VEGETACIÓN	54
5.3	EVAPOTRANSPIRACIÓN Y TIEMPO DE RETENCIÓN	54
5.4	VARIACIÓN ESTACIONAL.....	55
5.5	POTENCIAL APLICACIÓN	55
5.6	RECOMENDACIONES	56
CAPÍTULO 6	: BIBLIOGRAFÍA	58
CAPÍTULO 7	: ANEXOS	61
	ANEXO A: ESTIMACIÓN ET_0 CON MÉTODO FAO PENMAN – MONTEITH.....	61
	<i>Radiación neta R_n</i>	61
	<i>Flujo de calor del suelo G</i>	63
	<i>Temperatura media del aire</i>	63
	<i>Velocidad del viento u_2</i>	63
	<i>Presión de vapor de saturación e_s</i>	64
	<i>Presión real de vapor e_a</i>	64
	<i>Pendiente de la curva de presión de vapor Δ</i>	64
	<i>Constante psicrométrica γ</i>	65
	ANEXO B: CURVAS GRANULOMÉTRICAS	66
	ANEXO C: DATOS SIN CORREGIR POR EVAPOTRANSPIRACIÓN	68