

TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción y motivación.....	1
2.	Objetivos.....	2
2.1	Objetivo General.....	2
2.2	Objetivos Específicos.....	2
3.	Marco Teórico.....	3
3.1	Sistema PHS (Pumped Hydropower System).....	3
3.2	Tipos de Sistemas PHS.....	7
3.2.1	Plantas con sistemas separados (Tipo 1).....	7
3.2.2	Plantas con sistema ternario (Tipo 2).....	7
3.2.3	Plantas con sistema binario (Tipo 3).....	8
3.3	Ecuaciones de Potencia y Energía.....	8
3.3.1	Potencia erogada por la turbina, generador y transformador existentes.....	8
3.3.2	Potencia suministrada a la Bomba.....	9
3.3.3	Altura Neta de Turbinación y Altura de Impulsión.....	10
3.3.4	Ecuaciones de Balance de Volumen para el Estanque superior.....	11
3.3.5	Ecuaciones de Balance de Volumen para el Estanque inferior.....	14
4.	Central Hidroeléctrica Los Molles.....	16
4.1	Captación.....	17
4.2	Reservorio superior.....	17
4.3	Tubería.....	19
4.4	Unidades Generadoras.....	22
4.5	Transmisión.....	22
4.6	Estanque de Compensación.....	22
4.7	Información de Operación.....	24
5.	Centrales a Bombeo en el mundo.....	25
6.	Estado del recurso hídrico.....	28
7.	Operación Actual – Central Los Molles.....	29
8.	Caudal de Generación y Bombeo.....	31
8.1	Determinación del caudal a partir de la relación Potencia-Caudal.....	31
8.2	Método Volumétrico.....	33
8.3	Determinación del caudal a partir de las pruebas de rendimiento.....	34
8.4	Caudal de generación adoptado.....	35

9.	Modelo de operación con bombeo – Situación base (sin aumento de volúmenes en los estanques)	36
9.1	Volumen Bombeable sin ampliación del estanque superior	38
9.2	Períodos y Caudal de Turbinación Extra	46
10.	Modelo de Operación con Bombeo – Condiciones de borde	48
10.1	Reservorio Superior: Cámara de Carga y Estanque de Sobrecarga	48
10.2	Reservorio Inferior: Estanques de Compensación 1 y 2	49
10.3	Operación de la Bomba	51
10.4	Turbinación extra	52
10.5	Caudal de vertimiento/evacuación desde Estanque de Compensación.....	52
11.	Modelo de Operación con Bombeo – Simulación	54
11.1	Valores de entrada y principales indicadores	54
11.2	Bombeo	55
11.3	Turbinación extra	56
11.4	Simulación y Escenarios	57
12.	Modelación: Análisis de Resultados.....	58
12.1	Energía Anual Extra	58
12.2	Energía Anual Consumida	63
12.3	Energía Anual Extra y Energía Consumida.....	67
13.	Costos Energéticos	73
14.	Análisis de Modelación y Costos Energéticos	78
15.	Adaptaciones.....	82
15.1	Turbo/Bomba reversible Multietapa.....	83
15.2	Incorporar bomba independiente junto con bypass a la tubería de presión	86
15.3	Tubería Paralela habilitada solo para bombeo	88
16.	Obras Civiles	90
16.1	Unidades y Estructuras que se conservan.....	90
16.1.1	Casa de Máquinas.....	90
16.1.2	Tubería de Presión	90
16.1.3	Enlace al sistema de Transmisión	91
16.1.4	Reservorios superior e inferior	91
16.1.5	Otras estructuras	91
16.2	Obras Civiles Comunes.....	92
16.2.1	Adquisición e Instalación del Equipo de Bombeo	92
16.2.2	Edificación de Obras Civiles	92

16.2.3	Bomba de conexión entre estanques inferiores	92
16.2.4	Sala de Bombas.....	92
16.2.5	Conexión eléctrica.....	93
16.2.6	Tubería de Succión	93
16.2.7	Ampliaciones de Volumen.....	93
16.2.8	Movimiento de tierras.....	93
16.2.9	Cubiertas de Impermeabilización.....	94
16.3	Obras Civiles Específicas.....	94
16.3.1	Turbobomba: Retirar equipo de turbinación actual	94
16.3.2	Turbobomba: Prolongar tubería para acoplamiento	95
16.3.3	Bypass: Construcción	95
16.3.4	Tubería Paralela: Construcción.....	95
17.	Costos del proyecto.....	96
17.1	Costos Base	96
17.2	Costos Específicos.....	98
18.	Análisis de Obras Civiles.....	100
18.1	Bypass y tuberías paralelas	100
18.2	Turbobomba Multietapa Reversible y Bypass	101
19.	Conclusiones.....	102
20.	Bibliografía.....	104