

Índice de Contenidos

CAPÍTULO 1 DEFINICIÓN DEL PROYECTO 13

1.1. Mercado Energético	14
1.2. Pilmaiquén S.A.....	21
1.3. Lugar de Aplicación.....	22
1.4. Problemática	24
1.5. Justificación del Proyecto.....	25
1.6. Objetivo General.....	26
1.7. Objetivos Específicos.....	26
1.8. Áreas de Investigación	26
1.9. Alcance del Proyecto	27

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO 28

2.1. Energía Eléctrica y Proceso de Generación	29
2.2. Mercado Eléctrico.....	33
2.3. Energías Renovables No Convencionales (ERNC)	34
2.3.1. Etapas Proyectos ERNC.....	35
2.4. Ley N° 20.257: Introduce modificaciones a la Ley General de Servicios Eléctricos Respecto de la Generación de Energía Eléctrica con Fuentes de Energías Renovables no Convencionales	37
2.5. Energía Hidroeléctrica	38
2.6. Minicentral Hidroeléctrica	38

2.7.	Tipos de Mini centrales Hidroeléctricas	40
2.7.1.	Mini Central de agua fluyente	40
2.7.2.	Minicentral de pie de presa	42
2.8.	Estudio Técnico	43
2.8.1.	Estudio de Estructuras Hidráulicas	44
2.8.2.	Estudio equipos electromecánicos	45
2.9.	Estudio Económico y Financiero	46
2.9.1.	Factibilidad Económica.....	46
2.9.2.	Costos.....	47
2.9.3.	Depreciación.....	47
2.9.4.	Métodos de Depreciación.....	48
2.9.5.	Impuestos	48
2.9.6.	Utilidad.....	49
2.9.7.	TREMA.....	50
2.9.8.	Valor Actual Neto (VAN).....	50
2.9.9.	Tasa Interna de Retorno (TIR)	51
2.9.10.	Periodo de Recuperación (PR).....	53
2.9.11.	Análisis de Sensibilidad	54

CAPÍTULO 3 ESTUDIO TÉCNICO 55

3.1.	Estudio Técnico	56
3.2.	Proceso Generación de Electricidad	56
3.2.1.	Emplazamiento	58
3.2.2.	Climatología	59
3.2.3.	Hidrología	60
3.3.	Tamaño del Proyecto	61

3.4.	Aspectos Básicos	62
3.4.1.	Salto de Agua	62
3.4.2.	Potencia Instalada	64
3.5.	Obras Civiles	66
3.5.1.	Estructuras de Embalse y Derivación	67
3.5.2.	Conducciones Hidráulicas.....	69
3.6.	Equipos Electromecánicos	71
3.6.1.	Turbinas Hidráulicas.....	72
3.6.2.	Selección Tipo de Turbina	72
3.6.3.	Generador.....	79
3.6.4.	Transformador	80
3.7.	Costos.....	82
3.7.1.	Costo Equipamiento.....	83
3.7.2.	Costo Obras Civiles	84
3.7.3.	Costos de O & M.....	85
3.7.4.	Costo Conexión al Sistema Interconectado Central	86
3.7.5.	Costos Varios y Contingencias.....	87
3.7.6.	Costos Ingeniería y Administración	87
3.8.	Resumen Estudio Técnico	88

CAPÍTULO 4 ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO..... 90

4.1.	Alcances del Estudio Económico y Financiero	91
4.1.1.	TREMA.....	91
4.1.2.	Impuesto de Primera Categoría a las Utilidades.....	92
4.1.3.	Tipo de Moneda.....	92
4.1.4.	Horizonte Evaluación.....	93

4.1.5. Precio Venta de Energía.....	94
4.2. Ingresos	95
4.3. Depreciación.....	97
4.4. Capital de Trabajo.....	98
4.5. Valor de Desecho.....	99
4.6. Financiamiento	100
4.7. Resultado de los Indicadores de Rentabilidad.....	103
4.8. Análisis de Sensibilidad	108
4.9. Análisis Optimista – Más Probable - Pesimista	109
CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES.....	112
5. Conclusiones	113
BIBLIOGRAFÍA.....	115
ANEXO ESTUDIO TÉCNICO	117
Climatología.....	118
Hidrología	119
Calculo Salto Neto	123
Tubería en Presión.....	125
Turbina Hidráulica	127
Turbina Hidráulica: Cavitación y Diámetro del Rodete.....	129
Generador	132
Calculo Generador	133

Transformador.....	136
Planos Minicentral hidroeléctrica	138
Gráfico costos equipamiento	141
ANEXO EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA.....	142
Depreciación	143
Análisis de sensibilidad energía producida	147
Análisis de sensibilidad precio venta de energía	153
Análisis O-M-P	165

Índice de tablas

Tabla 1.1-1: Crecimiento PIB y Energía 1980-2007	16
Tabla 1.1-2: Variación Consumo Bruto Energía Primaria	19
Tabla 2.9-1: Impuesto Primera Categoría	49
Tabla 3.2-1: Calculo excedentes.....	61
Tabla 3.3-1: Energía media anual generada por distintos caudales de diseño	62
Tabla 3.4-1: Cálculo de Potencia.....	65
Tabla 3.4-2: Calculo energía generada	66
Tabla 3.5-1: Propiedades Mecánicas Materiales.	71
Tabla 3.6-1: Velocidades específicas.....	75
Tabla 3.6-2: Valores para cálculo velocidad específica.....	76
Tabla 3.6-3: Revoluciones de la turbina.	79
Tabla 3.6-4: Resumen Características Generador	80
Tabla 3.6-5: Cálculo corriente en el secundario.	82
Tabla 3.6-6: Calculo sección del núcleo.	82
Tabla 3.7-1: Costo porcentual de la inversión.....	83
Tabla 3.7-2: Costo Equipamiento en relación al caudal de diseño.....	84
Tabla 3.7-3: Costo Obras Civiles.....	84
Tabla 3.7-4: Costos de Operación y Mantenimiento.	86
Tabla 3.7-5: Costo Conexión al SIC.	86
Tabla 3.7-6: Costo Varios y Contingencias.....	87
Tabla 3.7-7: Costo Ingeniería y Administración	88
Tabla 3.8-1: Resumen Estudio Técnico	88
Tabla 4.1-1: Valor del impuesto.	92
Tabla 4.1-2: Proyección Precio de Venta por Energía.....	95
Tabla 4.2-1: Ingresos por Generación de Energía.	96
Tabla 4.3-1 : Depreciación.	97
Tabla 4.3-2: Valor Depreciación por Item.	97
Tabla 4.3-3: Depreciación por Años (Millones de Dólares)	98
Tabla 4.4-1: Cálculo Capital de Trabajo.	98
Tabla 4.4-2 Flujos de Caja con Capital de Trabajo y su Recuperación	99

Tabla 4.5-1: Valor de Desecho	100
Tabla 4.6-1: Tasa de Interés Anual por Financiamiento.	101
Tabla 4.6-2: Amortización Financiamiento Mixto.	102
Tabla 4.6-3: Amortización Financiamiento 100% Externo.	102
Tabla 4.7-1VAN y TIR.	104
Tabla 4.7-2: Periodo de Recuperación de la Inversión – Financiamiento Capital Propio.	105
Tabla 4.7-3: Periodo de Recuperación de la Inversión – Financiamiento Mixto	106
Tabla 4.7-4: Periodo de Recuperación de la Inversión – Financiamiento Externo	107
Tabla 4.8-1: Análisis Sensibilidad VAN.....	108
Tabla 4.9-1: O-M-P de Ingresos por Energía Generada.	110
Tabla 4.9-2: O-M-P de Ingresos por Precio Venta de Energía.....	111
Tabla 4.9-3: Resultado Análisis O-M-P, Valor Actual Neto	111
Tabla 5-1: Indicadores de Rentabilidad	113
Tabla A-1: Datos Climatológicos Estación Osorno 2012	118
Tabla A-2: Hidrología Rio Pilmaiquén	122
Tabla A-3: Calculo Área	126
Tabla A-4: Cálculo Diámetro tubería	126
Tabla A-5: Tipos de Turbinas.....	128
Tabla A-6: Diámetros del rodete.	131
Tabla A-7: Numero de polos	134
Tabla A-8: Tabla Número de Polos y valores mínimos- máximos de H	135
Tabla B-1: Depreciación Sector Energético	143
Tabla B-2: Flujos Evaluación Capital Propio.....	144
Tabla B-3: Flujos Evaluación Financiamiento Mixto.....	145
Tabla B-4: Flujos Evaluación Financiamiento 100% Externo	146
Tabla B-5: Evaluación con -10% Energía Producida, Financiamiento Propio.	147
Tabla B-6: Evaluación con -10% Energía Producida, Financiamiento Mixto.	148
Tabla B-7: Evaluación con -10% Energía Producida, Financiamiento 100% Externo.	149
Tabla B-8: Evaluación con +10% Energía Producida, Financiamiento Propio.	150
Tabla B-9: Evaluación con +10% Energía Producida, Financiamiento Mixto.	151
Tabla B-10: Evaluación con +10% Energía Producida, Financiamiento 100% Externo.	152

Tabla B-11: Evaluación con -10% Precio Venta de Energía, Financiamiento Propio.	153
Tabla B-12: Evaluación con -10% Precio Venta de Energía, Financiamiento Mixto.	154
Tabla B-13: Evaluación con -10% Precio Venta de Energía, Financiamiento 100% Externo.	155
Tabla B-14: Evaluación con +10% Precio Venta de Energía, Financiamiento Propio.	156
Tabla B-15: Evaluación con +10% Precio Venta de Energía, Financiamiento Mixto.	157
Tabla B-16: Evaluación con +10% Precio Venta de Energía, Financiamiento 100% Externo.	158
Tabla B-17: Evaluación con TREMA 9%, Financiamiento Propio.	159
Tabla B-18: Evaluación con TREMA 9%, Financiamiento Mixto.	160
Tabla B-19: Evaluación con TREMA 9%, Financiamiento 100% Externo.	161
Tabla B-20: Evaluación con TREMA 11%, Financiamiento Propio.	162
Tabla B-21: Evaluación con TREMA 11%, Financiamiento Mixto.	163
Tabla B-22: Evaluación con TREMA 11%, Financiamiento 100% Externo.	164
Tabla B-23: Flujos de Caja Energía Producida Pesimista – Precio Venta Energía Pesimista.	165
Tabla B-24: Flujos de Caja Energía Producida Pesimista – Precio Venta Energía Más Probable.	166
Tabla B-25: Flujos de Caja Energía Producida Pesimista – Precio Venta Energía Optimista.	167
Tabla B-26: Flujos de Caja Energía Producida Más Probable – Precio Venta Energía Pesimista.	168
Tabla B-27: Flujos de Caja Energía Producida Más Probable – Precio Venta Energía Más Probable.	169
Tabla B-28: Flujos de Caja Energía Producida Más Probable – Precio Venta Energía Optimista.	170
Tabla B-29: Flujos de Caja Energía Producida Optimista – Precio Venta Energía Pesimista.	171
Tabla B-30: Flujos de Caja Energía Producida Optimista – Precio Venta Energía Más Probable.	172
Tabla B-31: Flujos de Caja Energía Producida Optimista – Precio Venta Energía Optimista.	173

Índice de Figuras

Figura 1.1-1: Oferta Eléctrica Mundial: Participación de Combustibles en la Generación Eléctrica.....	14
Figura 1.1-2: Consumo de Energía v/s Crecimiento Económico en países de la OECD	15
Figura 1.1-3: Consumo Total de Energía v/s Producto Interno Bruto.....	17
Figura 1.1-4: Demanda SIC y SING Periodo 2000-2030	18
Figura 1.1-5: Capacidad Energética Instalada en el país	20
Figura 1.3-1: Ubicación Central Rucatayo.....	24
Figura 2.1-1: Generación Eléctrica	30
Figura 2.1-2: Esquema Sistema Eléctrico en Chile.	31
Figura 2.3-1: Etapas Proyectos de ERNC	35
Figura 2.3-2: Exención de Peajes por Potencia (MW)	36
Figura 2.7-1: Mini Central de Agua Afluyente.	41
Figura 2.7-2: Mini Central Pie de Presa.....	42
Figura 2.9-1: Tasa Interna de Retorno Versus Valor Presente Neto	53
Figura 3.2-1: Diagrama de Flujo Generación Electricidad	57
Figura 3.2-2: Caudal Excedentes Medios Anuales Rio Pilmaiquén.	60
Figura 3.4-1: Esquema explicativo Saltos de agua.	63
Figura 3.6-1: Selección Turbina según caudal y altura.....	73
Figura 3.6-2: Grafico velocidad especifica v/s Cavitación.	78
Figura 4.8-1: Análisis de Sensibilidad Financiamiento Externo.	109
Figura A-1: Caudal Medio Anual Rio Pilmaiquén.	119
Figura A-2: Caudal Medio Anual Rio Pilmaiquén años 1942 al 2007.	120
Figura A-3: Caudal Excedentes Medios Anuales Rio Pilmaiquén.	121
Figura A-4: Tipos de generadores	133
Figura A-5: Coeficientes de energía.	134
Figura A-6: Lámina Longitudinal Minicentral Hidroeléctrica de Pasada.....	138
Figura A-7: Lámina Disposición General del Proyecto.....	139
Figura A-8: Acercamiento Disposición Minicentral Hidroeléctrica de Pasada	140
Figura A-9: Costo Equipamiento Utilizando una Turbina Francis.....	141