

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	17
1. Descripción de la empresa .....	18
1.1. Presentación de la problemática .....	19
1.2. Objetivos del proyecto de mejoramiento .....	22
1.2.1. Objetivo general del proyecto de mejoramiento.....	22
1.2.2. Objetivos específicos del proyecto de mejoramiento .....	22
1.3. Resultados tangibles .....	23
1.4. Justificación .....	23
1.5. Alcance .....	23
1.6. Área de investigación y estudio .....	24
1.7. Metodología de solución.....	24
1.7.1. Etapa: Investigación de la problemática .....	25
1.7.2. Etapa: Desarrollo del proyecto de mejoramiento .....	26
1.7.3. Etapa: Búsqueda de mejoras y evaluación económica .....	26
MARCO TEÓRICO .....	27
2. Situación actual en Chile en materia energética.....	28
3. Fuentes de energía .....	29
3.2. Tipos de energía.....	30
3.2.1. Energía hidráulica.....	30
3.2.2. Energía solar .....	31
3.2.3. Energía mareomotriz .....	31
3.2.4. Energía eólica .....	31
3.2.5. Energía geotérmica .....	32
3.2.6. Energía de biomasa.....	32
3.2.7. Energía nuclear .....	33
3.2.8. Energía de combustibles fósiles .....	33

3.3.	Sistemas eléctricos instalados en Chile.....	34
3.3.1.	Sistema Interconectado del Norte Grande (SING).....	34
3.3.2.	Sistema Interconectado Central (SIC).....	35
3.3.3.	Sistema Eléctrico de Aysén.....	35
3.3.4.	Sistema Eléctrico de Magallanes.....	35
3.4.	Tarifas de suministro eléctrico.....	36
3.4.1.	Opciones tarifarias definidas para Baja Tensión.....	37
3.4.2.	Opciones tarifarias definidas para Alta Tensión.....	37
3.5.	Eficiencia energética.....	38
3.6.	Auditorías energéticas.....	39
3.7.	Beneficios de la eficiencia energética.....	41
3.7.1.	Beneficios directos.....	41
3.7.2.	Beneficios indirectos.....	41
3.8.	Tipo de auditorías energéticas.....	42
3.8.1.	Auditorías energéticas preliminares.....	42
3.8.2.	Auditorías energéticas detalladas.....	43
3.8.3.	Auditorías energéticas de especialidad.....	43
3.9.	Procedimiento de la auditoría energética.....	44
3.9.1.	Primera etapa: Programación de los recursos y el tiempo.....	44
3.9.2.	Segunda etapa: Recopilación de datos y recorrido de la planta.....	44
3.9.3.	Tercera etapa: Toma de mediciones en campo.....	47
3.9.4.	Cuarta etapa: Analizar los datos.....	49
3.9.5.	Quinta etapa: Elaboración de la cartera de proyectos.....	50
3.9.6.	Sexta etapa: Elaboración de informe de la Auditoría Energética.....	50
3.10.	Uso de la energía en el sector frutícola.....	52
3.11.	Situación actual del sector packing.....	52
3.11.1.	Principales puntos de consumo en un Packing frutícola.....	52
3.11.2.	Energía eléctrica.....	53
3.11.3.	Petróleo diesel industrial.....	54

3.11.4. Gas licuado GL .....	55
3.12. Sistema de Refrigeración .....	56
3.12.1. Refrigeración por compresión .....	56
3.12.2. Refrigeración por absorción.....	58
3.12.3. Elementos del ciclo de refrigeración por compresión .....	58
<b>CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA.....</b>	<b>62</b>
4. Diagnóstico de la empresa.....	63
4.1. Productos que elabora la planta. ....	63
4.1.1. Productos de manzanas.....	64
4.1.2. Productos de la cereza .....	64
4.2. Estructura organizacional planta Al Mundo .....	65
4.3. Horarios típicos de operación .....	67
4.4. Proceso productivo de manzanas .....	67
4.4.1. Descripción del proceso productivo de manzanas.....	67
4.4.2. Diagrama de flujo del proceso de manzanas .....	71
4.5. Proceso productivo de cerezas .....	72
4.5.1. Diagrama del proceso productivo de las cerezas.....	72
4.5.2. Descripción del procesos productivo de la cereza.....	73
4.6. Distribución de costos de la empresa.....	74
4.7. Diagnóstico actual para de le empresa.....	77
4.7.1. Diagrama Causa-Efecto .....	77
4.7.2. Diagrama de Pareto .....	79
4.7.3. Resultado del diagnóstico.....	81
<b>DESARROLLO DE LA PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>82</b>
5. Auditoria energética .....	83
5.1. Etapa 2: Recopilación de datos y recorrido de la planta.....	83
5.1.1. Datos de producción .....	83
5.1.2. Indicadores relevantes de eficiencia energética.....	88
5.1.3. Datos históricos de energía eléctrica .....	88
5.1.4. Datos históricos de energía térmica.....	97

5.1.5.	Insumos utilizados para los distintos procesos productivos de manzana y cerezas	100
5.1.6.	Inspección visual .....	102
5.2.	Tercera etapa: Toma de mediciones en campo .....	111
5.3.	Cuarta etapa: Analizar los datos .....	113
5.3.1.	Análisis de datos .....	113
5.3.2.	Lista de medidas de eficiencia energética. ....	118
PROPUESTAS Y EVALUACIÓN ECONÓMICA.....		120
6.	Propuestas y evaluación económica .....	121
6.1.	Estudio detallado de las propuestas .....	121
6.1.1.	Partidores suaves para compresores. ....	121
6.1.2.	Puertas por sistema de contrapeso .....	126
6.1.3.	Aislación entre paneles con Geotextil y pintura Baphomet. ....	128
6.1.4.	Cortinas de Frío .....	131
6.1.5.	Instalación de planchas de Policarbonato para la zona de packing y paletizaje.....	132
6.1.6.	Propuesta de orden y capacidad para pre-fríos y cámaras de frío .....	136
6.2.	Evaluación económica de las propuestas.....	138
6.3.	Elementos de evaluación de proyecto.....	139
6.3.1.	Indicadores de factibilidad económica de un proyecto .....	140
6.3.2.	Evaluación económica para partidores suaves para compresores .....	140
6.3.3.	Evaluación económica para aislación entre paneles con Geotextil y pintura Baphomet.....	141
6.3.4.	Evaluación económica para la instalación de planchas de policarbonato en la zona de packing y palletizaje.....	142
6.3.5.	Evaluación económica para la implementación de arrancadores suaves, aislación entre paneles y planchas policarbonato. ....	143
6.3.6.	Evaluación económica para la implementación de las seis medidas propuestas.....	143

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	145
BIBLIOGRAFÍA .....	149
ANEXOS .....	152
ANEXO 1: Cálculo de tarifa BT (Baja Tensión) .....	153
ANEXO 2: Cálculo de tarifa AT (Alta Tensión).....	155
ANEXO 3: Tarifas de la C.E.C. ....	157
ANEXO 4: Detalle de los costos energético CEC.....	158
ANEXO 5: Detalle de los costos energético CGE .....	160
ANEXO 6: Costo asociado al consumo por temporada de Packing. ....	161
ANEXO 7: Costo asociado al consumo por temporada de línea de cerezas. ....	162
ANEXO 8: Costo asociado al consumo por temporada del sector Pre-Sizer.....	163
ANEXO 9: Costo asociado al consumo sistema de iluminación.....	165
ANEXO 10: Costo asociado al consumo cámaras de frío.....	166
ANEXO 11: Costo asociado al consumo de otros equipos .....	167

---

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Disponibilidad de frutas que confecciona la planta Al Mundo. ....	19
Tabla 2 Actividades para el desarrollo de la etapa de diagnóstico y definición del problema. ....	25
Tabla 3 Actividades para la etapa de desarrollo del proyecto de mejoramiento. ....	26
Tabla 4 Actividades para la etapa de desarrollo de la implementación del proyecto. ....	26
Tabla 5 Levantamiento de información para registro de motores. ....	46
Tabla 6 Levantamiento de información para cámaras y/o sistemas de refrigeración. ....	47
Tabla 7 Forma de realizar mediciones de iluminación en la empresa. ....	48
Tabla 8 Forma de realizar mediciones de motores en la planta. ....	48
Tabla 9 Forma de realizar mediciones al sistema de refrigeración. ....	49
Tabla 10 Principales puntos de consumo en un packing frutícola. ....	53
Tabla 11 Factores que inciden en el consumo de energía eléctrica. ....	54
Tabla 12 Factores que inciden en el consumo del petróleo dentro de un packing frutícola. ....	55
Tabla 13 Factores que inciden en el consumo del Gas Licuado dentro de un packing. .	55
Tabla 14 Detalle de los productos de la manzana. ....	64
Tabla 15 Detalle de los productos de la cereza. ....	65
Tabla 16 Distribución de los costos. ....	75
Tabla 17 Cantidad de KW consumidos por sector en funcionamiento. ....	80
Tabla 18 Variedades de manzanas y el porcentaje de participación de estas en kilos envasados. ....	84
Tabla 19 Kilogramos procesados y envasados (2011-2012). ....	86
Tabla 20 Indicadores para las tres fuentes de energía para manzanas y cerezas. ....	88
Tabla 21 Datos del servicio entregado por la CEC. ....	89
Tabla 22 Tarifa de distribución a precios regulados: Tarifa AT4.3 ....	89
Tabla 23 Consumos y costos anuales de los energéticos que utilizan energía con tarifa AT4.3 de CEC. ....	91
Tabla 24 Costos asociados al servicio prestado por C.E.C. a la Planta Al Mundo. ....	92
Tabla 25 Consumos de energía eléctrica. ....	93

---

Tabla 26 Comparación de costos totales de energía eléctrica (Enero-Septiembre 2011-2012).....	93
Tabla 27 Datos del servicio entregado por la CGE. ....	94
Tabla 28 Tarifa de distribución a precios Tarifa BT1 .....	94
Tabla 29 Consumos y costos anuales de los energéticos que utilizan energía con tarifa BT1 de CGE. ....	95
Tabla 30 Historial de consumo y costos de energía térmica: petróleo-diesel. ....	98
Tabla 31 Historial de consumo y costos de energía térmica: gas.....	99
Tabla 32 Principales insumos utilizados durante los distintos procesos productivos. .	101
Tabla 33 Registro de motores de la línea de pomáceas (Sector packing manzanas)....	103
Tabla 34 Registro de motores para el sector Pre-Sizer.....	105
Tabla 35 Registro de motores para el proceso productivo de las cerezas. ....	108
Tabla 36 Registro de la iluminaria presente en la planta Al Mundo. ....	109
Tabla 37 Registro de equipos para el almacenamiento de la fruta. ....	110
Tabla 38 Registro de otros equipos consumidores de electricidad.....	111
Tabla 39 Tabla de consumidores segregados por sectores con el total de KWH y su costo asociado.....	112
Tabla 40 Cálculo de reducción de consumo de energía para los compresores a partir de la instalación de arrancadores suaves en el momento de arranque en plena carga. ....	124
Tabla 41 Cálculo de reducción de consumo de energía para los compresores a partir de la instalación de arrancadores suaves. ....	125
Tabla 42 Ahorro de KWH y Costo en un año con la implementación de arrancadores suaves para compresores. ....	126
Tabla 43 KWH de ahorro con implementación de Geotextil y Pintura Baphomet en las cámaras de frío y pre-fríos.....	130
Tabla 44 KWH (año) y Costo (\$) que se ahorra con el aumento de aislación a través de Geotextil y pintura Baphomet. ....	131
Tabla 45 Medidas del Packing de Manzanas.....	133
Tabla 46 Medidas del sector de Palletizaje. ....	133
Tabla 47 Cantidad de planchas de policarbonato por sector y el costo de la inversión. ....	134
Tabla 48 Ahorro de la empresa con la incorporación de planchas de policarbonato. ..	135

Tabla 49 Ahorro que se produciría con el cambio de planchas en el sector packing y palletizaje.....	136
Tabla 50 Variación de precio medio de mercado de SIC para los años 2006-2012.....	139
Tabla 51 Indicadores de rentabilidad para la medida “Partidores suaves para compresores”.....	141
Tabla 52 Indicadores de rentabilidad para la medida “Aislación entre paneles con Geotextil y pintura Baphomet”.....	141
Tabla 53 Indicadores de rentabilidad para la incorporación de planchas de policarbonato en la zona de packing y palletizaje. ....	142
Tabla 54 Indicadores de rentabilidad para la evaluación de proyecto con la implementación de las tres medidas de ahorro energético. ....	143
Tabla 55 Indicadores de rentabilidad para la evaluación de proyecto con la implementación de las seis medidas de ahorro energético. ....	144



---

# ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Análisis precio medio de mercado de electricidad	20
Ilustración 2 Variación del precio final del Petróleo-Diesel.	20
Ilustración 3 Variación del precio del gas licuado.	21
Ilustración 4 Metodología de solución del proyecto.	24
Ilustración 5 Proyección de la capacidad instalada en SIC + SING al año 2035.	28
Ilustración 6 Diagrama de funciones de una auditoria energética.	40
Ilustración 7 Esquema de ciclo de refrigeración por composición.	57
Ilustración 8 Productos de Manzanas.	64
Ilustración 9 Productos de la cereza.	65
Ilustración 10 Organigrama planta Al Mundo.	66
Ilustración 11 Diagrama de proceso manzanas.	71
Ilustración 12 Proceso productivo de la cerezas frescas.	72
Ilustración 13 Distribución de los costos para la temporada de manzana 2012	74
Ilustración 14 Distribución de energía temporada manzana 2012.	76
Ilustración 15 Diagrama Causa-Efecto sobre los consumos energéticos.	77
Ilustración 16 Diagrama Pareto segregados por sectores y su cantidad de consumo de energía.	80
Ilustración 17 Porcentaje de participación por variedad de manzanas.	85
Ilustración 18 Kilos procesados de manzanas (agrupa variedades) 2011-2012.	86
Ilustración 19 Kilos procesados de cerezas para los períodos 2010 - 2012	87
Ilustración 20 Distribución porcentual según ítem de costos.	92
Ilustración 21 Consumo de electricidad entre oficinas y packing.	96
Ilustración 22 Porcentaje de las tres fuentes de energía que utiliza en la planta para sus procesos productivos.	102
Ilustración 23 Diagrama Pareto de distribución de costos por sectores.	114
Ilustración 24 Diagrama Causa-Efecto para las cámaras de frío.	115
Ilustración 25 Diagrama Causa-Efecto para el sistema de iluminación de la planta.	117
Ilustración 26 Diferencia entre el arranque normal de un motor, versus estrella-triángulo y arrancador suave.	122
Ilustración 27 Partidor suave modelo 3RW40 de Siemens.	123

Ilustración 28 Sistema de puertas por contrapeso para cámaras de frío.	127
Ilustración 29 Presentación de los rollos de Geotextil Feltrex.	129
Ilustración 30 Cortinas de LAMAS de PVC.	132
Ilustración 31 Techo del Packing.	133
Ilustración 32 Variación del precio medio de mercado del SIC	138

# GLOSARIO

- **Energía activa:** Energía capaz de producir trabajo, se mide normalmente en kilowatt-hora (KWH).
- **Energía reactiva:** Energía requerida por algunos equipos eléctricos, para mantener flujos magnéticos. Esta energía no produce trabajo útil y se mide normalmente en kilo Volt-Ampere reactivos (KVAr).
- **Energía aparente:** Energía que debe entregar la distribuidora a sus clientes y está constituida por la energía activa y reactiva.
- **Potencia:** es la cantidad de energía requerida en una unidad de tiempo. La unidad comúnmente utilizada es el kilowatt (KW).
- **Carga o potencia instalada:** Corresponde a la suma de las potencia de todos los equipos existentes en una instalación.
- **Factor de carga:** Relación entre la demanda media y la demanda máxima ocurrida en un periodo de tiempo definido.
- **Factor de potencia:** Relación que da cuenta del consumo de energía activa y reactiva de una instalación.
- **Precio consumo de energía:** Precio cobrado por cada KWh consumido por el cliente. Estos precios varían dependiendo de la tarifa contratada por el cliente y de la ubicación geográfica.
- **Precio demanda:** Precio cobrado por demanda facturada en KW para un periodo dado. Dependiendo de la tarifa contratada, la empresa distribuidora puede cobrar por demandas máximas en horas presentes en punta y fuera de punta.

- **Horarios de punta:** Período definido entre las 18 y 23 horas, que se aplica durante los meses de abril a septiembre. Estos corresponden a los periodos de mayor consumo energético a nivel país y donde los precios por concepto de demanda son muy altos.
- **Horarios fuera de punta:** Resto del tiempo que no corresponde a horarios punta. Los precios por concepto de demanda fuera de punta son inferiores a aquellos correspondientes a horas punta.
- **Tarifas eléctricas:** Existen dos tipos de tarifas reguladas: Alta Tensión (AT) y Baja Tensión (BT). Los clientes conectados a empalmes con tensión superior a 400V poseen tarifas AT y aquellos con tensiones inferiores a 400V poseen tarifas BT. Por otra parte, existen variadas opciones de tarifas para clientes BT y AT.