

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN Y FORMALIZACIÓN DEL PROYECTO	1
1 Definición del proyecto	2
1.1 Lugar de aplicación	2
1.1.1 Misión y visión	3
1.1.2 Organigrama	3
1.2 El problema	4
1.3 Objetivo General	5
1.4 Objetivos Específicos	5
1.5 Resultados Tangibles Esperados	6
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA	7
2 Marco teórico y metodología de solución	8
2.1 Marco teórico	8
2.1.1 Eficiencia energética	8
2.1.2 Asociación chilena de eficiencia energética	9
2.1.3 Ciclo de refrigeración	11
2.1.4 Análisis y diagnóstico energético	12
2.2 Metodología de solución	13
2.2.1 Carta Gantt	14
CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE LA EMPRESA	16
3 Datos históricos	17
3.1 Registro del historial de producción	17
3.2 Registro histórico de consumo energético	18
3.2.1 Registro histórico de gas licuado	18

3.2.2	Registro histórico de energía eléctrica.....	19
3.3	Definición del alcance.....	20
3.4	Generación de indicadores de desempeño energético.....	21
CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN DE LOS USOS Y CONSUMOS DE ENERGÍA.....		23
4	Mediciones en terreno	24
4.1	Iluminación.....	24
4.2	Ciclo de refrigeración.....	29
4.2.1	Compresión.....	30
4.2.2	Condensación.....	32
4.2.3	Bombas de amoníaco	34
4.2.4	Evaporador.....	35
4.3	Proceso.....	36
4.3.1	Vaciado	37
4.3.2	Congelado	38
4.3.3	Selección.....	38
4.3.4	Envasado.....	39
4.4	Equipos administrativos	40
4.5	Otros equipos.....	41
4.6	Análisis de consumo de energía eléctrica	41
CAPÍTULO 5: ALTERNATIVAS DE MEJORA		44
5	Alternativas de mejora.....	45
5.1	Cambio de equipos de iluminación	45
5.2	Ciclo de refrigeración: incorporación de variadores de frecuencia en los compresores tipo tornillo.....	49
5.3	Ciclo de refrigeración: limpieza de incrustaciones en los condensadores evaporativos.....	52

5.4	Ciclo de refrigeración: instalación de cortinas de aire en las puertas de las cámaras de frío.....	54
5.5	Energía ahorrada para.....	56
CAPÍTULO 6: PLAN DE IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN ECONÓMICA		57
6	Plan de implementación y evaluación económica.....	58
6.1	Plan de implementación	58
6.1.1	Cambio de iluminación de tubos fluorescentes por iluminación led	58
6.1.2	Instalación de variadores de frecuencia en compresores tipo tornillo	58
6.1.3	Limpieza de condensadores evaporativos.....	59
6.1.4	Instalación de cortinas de aire industrial.....	60
6.2	Evaluación económica.....	60
6.2.1	Evaluación económica: Cambio de iluminación	62
6.2.2	Evaluación económica: Instalación de variadores de frecuencia.....	63
6.2.3	Evaluación económica: Limpieza de los condensadores evaporativos	64
6.2.4	Evaluación económica: Instalación de cortinas de aire	65
6.2.5	Comparación de las evaluaciones económicas	65
Conclusión		67
Bibliografía.....		70
Anexos		73

ANEXOS

Anexo 1: Carta Gantt de la metodología de solución.....	73
Anexo 2: Costos históricos de gas licuado	74
Anexo 3: Costos históricos de energía eléctrica.....	76
Anexo 4: Horas de funcionamiento de las luminarias en planta de congelados Hortifrut S.A. Molina.....	96

Anexo 5: Registro equipos de iluminación.....	97
Anexo 6: Consumo diario de los compresores de refrigeración.....	111
Anexo 7: Consumo diario de los ventiladores y bombas de agua de los condensadores evaporativos.....	125
Anexo 8: Consumo diario de las bombas de amoniaco en la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina.	142
Anexo 9: Horas de funcionamiento de los motores de los evaporadores de la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina	148
Anexo 10: Consumo mensual de los moto ventiladores de las cámaras de frío de la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina	149
Anexo 11: Horas de funcionamiento del área de proceso para la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina	151
Anexo 12: Codificación de los motores presentes en la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina.....	152
Anexo 13: Plan de implementación cambio de iluminación	158
Anexo 14: Plan de implementación instalación de variadores de frecuencia.....	159
Anexo 15: Plan de implementación de limpieza de condensadores evaporativos	160
Anexo 16: Plan de implementación de la instalación de las cortinas de aire	161
Anexo 17: Energía ahorrada anualmente en kWh con escenarios de sensibilidad en la alternativa de cambio de iluminación.....	162
Anexo 18: Flujo de caja con escenarios de sensibilidad para la alternativa de cambio de iluminación.....	163
Anexo 19: Calendarios de inversión, depreciación, valor libro y venta de activos de la alternativa de cambio de iluminación.....	166
Anexo 20: Energía ahorrada anualmente en kWh con escenarios de sensibilidad en la alternativa de instalación de variadores de frecuencia en los compresores de refrigeración tipo tornillo	168
Anexo 21: Flujo de caja con escenarios de sensibilidad para la alternativa de instalación de variadores de frecuencia	169
Anexo 22: Calendarios de inversión, depreciación, valor libro y venta de activos de la alternativa de instalación de variadores de frecuencia	172

Anexo 23: Energía ahorrada anualmente en kWh con escenarios de sensibilidad en la alternativa de limpieza de los condensadores evaporativos	174
Anexo 24: Flujo de caja con escenarios de sensibilidad en la alternativa de limpieza de los condensadores evaporativos	175
Anexo 25: Energía ahorrada anualmente en kWh con escenarios de sensibilidad en la alternativa de instalación de cortinas de aire	178
Anexo 26: Flujo de caja con escenarios de sensibilidad para la alternativa de instalación de cortinas de aire.....	179
Anexo 27: Calendarios de inversión, depreciación, valor libro y venta de activos de la alternativa de instalación de cortinas de aire	182

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Actividades de la cadena de valor de Hortifrut S.A.	2
Ilustración 2: Organigrama congelados Hortifrut S.A. Molina.....	4
Ilustración 3: Distribución lumínica mediante isolíneas y degradación de colores en una habitación de 10x10x2,8m con una iluminación de tubos fluorescentes	47
Ilustración 4: Distribución lumínica mediante isolíneas y degradación de colores en una habitación de 10x10x2,8m con una iluminación de tubos led.....	48
Ilustración 5 Producto limpiador de incrustaciones ProKlean	54
Ilustración 6: Principio de funcionamiento de una cortina de aire.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Actividades principales para el proyecto de mejoramiento.....	15
Tabla 2: Indicadores de desempeño energético	22
Tabla 3: Potencia eléctricas y energía consumida general en iluminación en la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina	25
Tabla 4: Energías generales consumidas de los compresores de refrigeración en la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina	30
Tabla 5: Energías generales consumidas en los condensadores evaporativos de refrigeración en la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina	32

Tabla 6: Energía consumida en las bombas de amoniaco de la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina	34
Tabla 7: Cantidad de motores en los evaporadores de la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina.....	35
Tabla 8: Energías generales consumidas en las cámaras y túneles de frío en la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina	36
Tabla 9: Cantidad de equipos necesarios para el proceso de vaciado en la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina	37
Tabla 10: Energía anual consumida en el área de vaciado de la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina	37
Tabla 11: Cantidad de equipos necesarios para el proceso de congelado en la planta de congelados Hortifrut	38
Tabla 12: Energía anual consumida en el área de congelado de la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina	38
Tabla 13: Cantidad de equipos necesarios para el proceso de selección en la planta de congelados Hortifrut	39
Tabla 14: Energía anual consumida en el proceso de selección de la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina	39
Tabla 15: Cantidad de equipos necesarios para el proceso de envasado en la planta de congelados Hortifrut	39
Tabla 16: Energía anual consumida en el proceso de envasado de la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina	40
Tabla 17: Cantidad de equipos necesarios para los equipos de administración en la planta de congelados Hortifrut	40
Tabla 18: Energía anual consumida en los equipos administrativos de la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina	40
Tabla 19: Cantidad de otros equipos necesarios en la planta de congelados Hortifrut	41
Tabla 20: Energía anual consumida en otros equipos de la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina	41
Tabla 21: Características del tubo fluorescente v/s tubo led	46
Tabla 22: Comparación de niveles de iluminación de tubo fluorescente v/s tubo led mediante software de luminotecnia.....	48

Tabla 23: Energía anual utilizada con y sin medida de implementación de cambio de iluminación de tubo fluorescente por iluminación led	49
Tabla 24: Energía anual utilizada con y sin medida de implementación de variador de frecuencia.....	51
Tabla 25: Energía anual utilizada con y sin medida de implementación de limpieza de incrustaciones en condensadores	53
Tabla 26: Energía anual utilizada con y sin medida de implementación de cortinas de aire en cámaras de frío.....	56
Tabla 27: Tasa de impuesto	60
Tabla 28: Modelos de pronóstico son el error cuadrático medio	61
Tabla 29: Precio del kWh pronosticado por el método Holt-Winter aditivo	61
Tabla 30: Indicadores de rentabilidad en la alternativa de mejora en iluminación	62
Tabla 31: Indicadores de rentabilidad en la alternativa de mejora en la instalación de variadores de frecuencia en los compresores de refrigeración	63
Tabla 32: Indicadores de rentabilidad en la alternativa de mejora en la limpieza de los condensadores evaporativos	64
Tabla 33: Indicadores de rentabilidad en la alternativa de instalación de cortinas de aire... 65	

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Porcentaje de kilos procesados temporada 2016- 2017 en planta de congelados Hortifrut S.A. Molina	17
Gráfico 2: Gastos en gas licuado en la planta de congelados Hortifrut S.A Molina desde el año 2011 hasta el año 2017.....	18
Gráfico 3: Gastos en energía eléctrica en la planta de congelados de Hortifrut S.A. Molina desde agosto del 2009 hasta julio del 2017.	19
Gráfico 4: Porcentaje de los gastos energéticos desde agosto del 2016 hasta julio del 2017 en la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina.....	20
Gráfico 5: Relación entre la producción y el consumo de electricidad anual	21
Gráfico 6: Potencia y número de equipos de iluminación en el área de mantención de la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina.	25

Gráfico 7: Potencia y número de equipos de iluminación en el sector de las cámaras de frío planta de congelados Hortifrut S.A. Molina.....	26
Gráfico 8: Potencia y número de equipos de iluminación en el sector de las oficinas de la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina.....	26
Gráfico 9: Potencia y número de equipos de iluminación en área de los pasillos de la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina.	27
Gráfico 10: Potencia y número de equipos de iluminación en área de procesos de la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina.	27
Gráfico 11: Potencia y número de equipos de iluminación en servicios de apoyo de la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina.	28
Gráfico 12: Número de equipos y potencia según el tipo de iluminación en la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina	29
Gráfico 13: Energía mensual consumida en los compresores de refrigeración en la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina	31
Gráfico 14: Energía mensual consumida por cada compresor en la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina	31
Gráfico 15: Energía mensual consumida por los ventiladores de los condensadores de la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina.....	33
Gráfico 16: Energía mensual consumida por los ventiladores de los condensadores de la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina.....	33
Gráfico 17: Energía mensual consumida en las bombas de amoniaco de la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina	34
Gráfico 18: Evaluación de los consumos de energía por área en la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina	42
Gráfico 19: Evaluación de los usos de energía eléctrica anual en el área de refrigeración en la planta de congelados Hortifrut S.A. Molina.....	42
Gráfico 20: Relación del porcentaje de funcionamiento del motor del compresor con el porcentaje de la válvula de capacidad con y sin la utilización de un variador de frecuencia	51
Gráfico 21: Comparación de los kWh ahorrados anualmente en cada medida de implementación	56
Gráfico 22: Comparación de las TIR de las alternativas de mejora de eficiencia energética en la empresa de congelados Hortifrut S.A. Molina	66