

PROJECT COVER SHEET

TYPE OF PROJECT	Demonstration project
TITLE OF THE PROJECT	Replacement of a HCFC-22 refrigeration system by a R-717/R-744 (NH₃/CO₂) system in cold storage warehouse finished product of Premezclas Industriales para Panadería S.A.
COUNTRY NAME	Costa Rica
IMPLEMENTING AGENCY	UNDP
GOV. COUNTERPART	Ozone Unit of Costa Rica. Government of Costa Rica.

DATES OF RATIFICATION OF AMENDMENTS TO THE PROTOCOL			
London	June 1998	Copenhagen	June 1998
Montreal	May 2005	Beijing	October 2008

GENERAL INFORMATION	
Sector / Sub-sector	Refrigeration and Air Conditioning / Food manufacture industry
ODS Consumption (sector)	8.92 Ton ODP
<i>Baseline</i>	14.1 Ton ODP
<i>Starting Point for Aggregate Reductions</i>	
<i>Project Impact (ODP t.)</i>	
Participating Company (ies)	Premezclas Industriales para Panadería S.A.
Eligibility of participating company (ies)	% (A5) % (non-A5)
Project Costs (US \$)	943,000
MLF Funding (US \$)	524,000
I.A. Supporting Costs (US \$)	36,680
Total cost of the Project for the MLF (US \$)	560,680
Project Duration (months)	14

Informe realizado por: Ing. Rodolfo Elizondo

Informe revisado por: Dr. Roberto Peixoto

Resumen Ejecutivo

En la reunión 76 del Comité Ejecutivo del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal, se aprobó la propuesta de ejecución para Costa Rica de un proyecto piloto demostrativo llamado “Conversión de la Cámara de Producto Terminado de HCFC-22 a NH₃/CO₂ en cascada, en la compañía Premezclas Industriales para Panadería S.A.”; el cual se caracteriza por utilizar dos circuitos uno de NH₃ (amoníaco) y otro de CO₂ (dióxido de carbono), siendo NH₃ en el sistema de alta temperatura y el CO₂ en el circuito de baja temperatura impulsado por bombas, donde el CO₂ es utilizado como un fluido de transferencia de calor (*Brine*). Esta característica hace que este proyecto sea innovador y que sea el primero y único en la región centroamericana que se adopta en la industria de manufactura de alimentos.

El proyecto sustituyó un sistema de refrigeración original utilizando HCFC-22 como refrigerante y con capacidad de refrigeración de 176 kW (50 TR), responsable por mantener una temperatura promedio de -11°Celsius en la cámara fría de almacenamiento de producto terminado.

El nuevo sistema de NH₃/CO₂ en cascada inició su implementación en junio de 2017 y su puesta en marcha fue en enero de 2018.

Las obras se contrataron a la empresa costarricense CUESA Construcciones HU Sociedad Anónima bajo sistema “llave en mano” con un costo total de \$943,000 USD, quien adquirió los equipos de la marca Mycom, por medio de la compañía Mayekawa de Centroamérica S.A., también basada en Costa Rica. El aporte directo del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal para la ejecución del proyecto fue de \$444,000 USD, y el restante fue una contraparte de la empresa.

Con la implementación de este proyecto se logra el desplazamiento de 909 kg de HCFC-22 instalados en un equipo que supera una vida útil de más de 15 años y se reduce la emisión de HCFC-22 utilizado en las actividades de mantenimiento del sistema debido a las fugas de este refrigerante, cuyo consumo promedio en los años fiscales 2015-2016 y 2016-2017 fue de 1314 kg. De esta manera, considerando el *ODP* y *GWP* del HCFC-22 hay un beneficio para de protección de la capa de ozono y del clima.

La nueva tecnología adoptada le permite a PINOVA alcanzar temperaturas en la cámara fría de producto terminado de -18°Celsius, nunca antes lograda con el sistema original y desde el punto de

vista de consumo de energía el sistema de NH₃/CO₂ es más eficiente que la instalación original. Durante los dos primeros meses del año 2018 (enero y febrero) la compañía PINOVA reporta una reducción de 10% de la energía facturada respecto a los niveles normales de manufactura de los meses del año 2017. Se espera que conforme el sistema se estabilice y con la generación de una cultura de mejor administración de la apertura de puertas de la cámara de congelación de producto terminado, el ahorro en energía pueda llegar hasta un 20%, según la estimación realizada.

Se demuestra que el uso de NH₃/CO₂ en cascada, con CO₂ recirculado tipo brine, es una solución innovadora para medianas empresas manufactureras en Costa Rica, que puede ser adoptada por otras empresas nacionales y/o regionales, que requieren encontrar una solución definitiva ante el inminente desplazamiento de refrigerantes que agotan el ozono y producen calentamiento atmosférico.

El nuevo sistema le proporciona a PINOVA menor costo de producción por la reducción del costo operacional debido a el consumo de electricidad, menos intervenciones de mantenimiento, la no adquisición de HCFC-22 para reposición de gas refrigerante fugado al ambiente y por la utilización de gases naturales de menor costo respecto a refrigerantes químicos.

La alternativa seleccionada por PINOVA le permite contribuir con el compromiso empresarial de Carbono Neutral y a la meta país de Carbono-Neutralidad al 2021 del gobierno de Costa Rica.

1. Introducción

1.1 Antecedentes.

Premezclas Industriales para Panadería S.A. (PINOVA) requiere del uso de sistemas de refrigeración de baja temperatura para su proceso de manufactura y posteriormente el almacenamiento temporal de las diferentes bases de panadería y repostería fabricadas.

Durante el proceso de manufactura, se requiere de túneles de congelamiento rápido con temperaturas de -35°C , cuyos sistemas frigoríficos operan con amoníaco como refrigerante principal en expansión directa.

Para el almacenamiento de producto terminado, se requiere de una cámara de congelación de 9000 metros cúbicos y un sistema de tres pre-cámaras para el ingreso y salida del producto terminado. La capacidad máxima de almacenamiento en la cámara es 250 toneladas de producto terminado, la cual se ha visto limitada por la capacidad operativa del sistema de refrigeración que funcionó hasta diciembre de 2107, con una temperatura promedio de -11°C que está directamente relacionada con la edad del equipo que supera los quince años y está basado en el uso de HCFC-22, con aproximadamente 909 kg de carga.

El consumo de refrigerante en el periodo fiscal 2015-2016 alcanzó 1655.71 kg de HCFC-22 y el periodo fiscal 2016-2017 alcanzó 971.75 kg de HCFC-22, generando 4730 ton de CO2 equivalente, comprometiendo el acuerdo público de carbono neutralidad de la compañía.

En 2013 nace la oportunidad de presentar al Comité Ejecutivo del Protocolo de Montreal propuestas para desarrollar proyectos demostrativos con la característica de que estos sean energéticamente y ambientalmente eficientes. Por lo que se somete y se aprueba en la reunión 76 del Comité Ejecutivo del Protocolo de Montreal, el proyecto de reconversión del sistema con HCFC-22 a un sistema NH₃/CO₂ en cascada con CO₂ recirculado tipo brine para la refrigeración de la cámara de producto terminado de Premezclas Industriales para Panadería S.A (PINOVA).

1.2 HPMP y consumo HCFC-22

Costa Rica no es un país productor de HCFC, por lo tanto, todos los HCFC que existen en el país son importados. El HCFC-22 es el principal HCFC importado al país, utilizado principalmente para el servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración y aire acondicionado (RAC).

En consonancia con esta situación, se adopta un enfoque por fases del plan de gestión de eliminación de HCFC, basado en el consumo promedio de los años 2009 y 2010, respectivamente.

Desde 2010, Costa Rica aplica un sistema de licencias para la importación de HCFC y HFC cubiertos en la regulación 35676 S-H-MAG-MINAET. Este sistema es implementado por la Unidad Nacional del Ozono, la Dirección de Gestión de Calidad Ambiental del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAET), en coordinación con otras instituciones gubernamentales, universidades, cámaras empresariales y empresas privadas.

En 2014 Costa Rica eliminó el 83% de la importación de HCFC-141b, por medio de la realización de un proyecto para reconversión de las líneas de espumado en la fabricación de refrigeradoras domésticas. Actualmente se importan pequeñas cantidades de HCFC-141b puro para uso en servicio de sistemas de refrigeración y aire acondicionado (RAC), así como algunas cantidades menores en poliol premezclado utilizado por pequeñas empresas de fabricación de espuma.

Tabla #1
Consumo de HCFC de Costa Rica.

HCFC ODP tons	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
HCFC-22	10.60	9.45	18.62	16.98	9.80	9.80	8.56	8.55
HCFC-141b *	3.11	4.06	3.13	5.35	2.58	2.55	2.19	2.23
HCFC-142b	0.34	0.46	0.00	0.61	0.16	0.16	0.14	0.10
HCFC-124	0.13	0.04	0.00	0.05	0.02	0.02	0.01	0.01
HCFC-123	0.01	0.00	0.00	0.01	0.06	0.06	0.05	0.00
HCFC-225ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.00
HCFC-225cd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.07	0.00
Subtotal	14.20	14.01	21.75	22.99	12.60	12.64	11.08	10.89

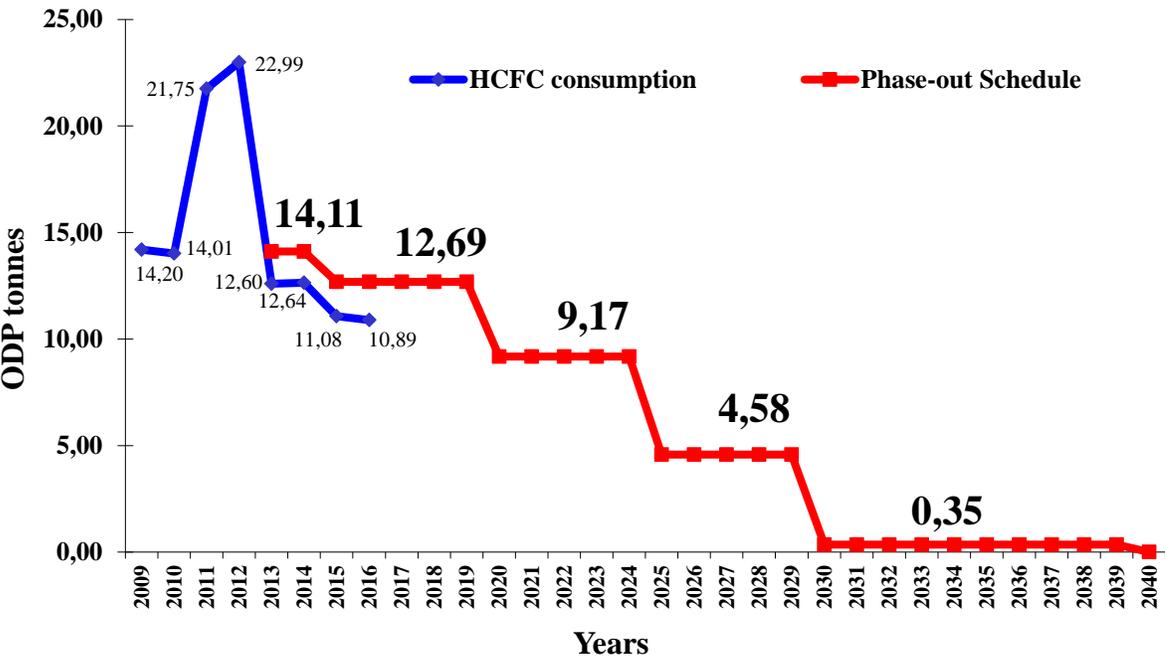
() Only use as cleaning agent.*

(Fuente: Informe de progreso HPMP CR 2016)

La tabla #1 muestra el volumen de importaciones de HCFC en PAO (Potencial de Agotamiento de Ozono) para los años 2009 a 2016 en comparación con la línea de base (2009-2010), en los años 2011 y 2012 las importaciones tuvieron un incremento esperado, porque los importadores

de HCFC sabían de la implementación del sistema de cuotas de importación en 2013. Con la implementación de las cuotas de importación para el consumo de HCFC de estas sustancias, se redujo en el año 2013 a los niveles máximos permitidos. La importación total de HCFC en Costa Rica no debe exceder las 14,1 toneladas PAO (valor de línea base), según lo establecido en la legislación nacional.

Gráfico #1
Consumo HCFC vs Compromiso de reducción



(Fuente: Informe de progreso HPMP CR 2016)

En el gráfico #1, se muestra el comportamiento de las importaciones de HCFC respecto al compromiso asumido por Costa Rica para reducción de las importaciones, donde se muestra que el nivel de consumo está por debajo de las cantidades autorizadas.

2 Importancia del proyecto demostrativo

Los siguientes puntos pueden ser destacados con relación a la importancia del proyecto implantado:

- Permitir al sector de manufactura de alimentos tener disponible una opción tecnológica definitiva ante el proceso de eliminación de refrigerantes HCFC y ante el proceso de control de

los refrigerantes HFC's recientemente aprobado en la enmienda de Kigali del Protocolo de Montreal.

- Poner en marcha un sistema de refrigeración avanzado tecnológicamente, con menor impacto ambiental y mayor eficiencia energética.
- Reducir las importaciones de refrigerantes HCFC, que impactan el ozono estratosférico e incrementan el calentamiento atmosférico.
- Demostrar a usuarios de sistemas de refrigeración, tanto nacionales como de la región de centroamericana, con base en el éxito obtenido en el proyecto implementado, que es posible adoptar una tecnología basada en refrigerantes naturales que cubra las necesidades de refrigeración que en la actualidad utilizan HCFC-22.
- Generar confianza en la toma de decisiones, relacionadas con la adopción de tecnologías naturales definitivas en sistemas RAC, en el sector comercial e industrial de Costa Rica.
- Brindar al país la oportunidad de recibir transferencia tecnológica en la instalación, operación y puesta en marcha de sistemas RAC por parte de expertos, donde esta tecnología ya ha sido implementada.
- Eliminar 900 kg de HCFC-22 instalados en un solo equipo industrial, el cual será destruido a través del programa de destrucción de gases refrigerantes en horno cementero con que cuenta Costa Rica.
- Crear capacidad técnica nacional para el uso, instalación y diseño de la tecnología NH₃/CO₂ en cascada con CO₂ recirculado tipo brine.
- Innovar las tecnologías utilizadas para la refrigeración en el sector de manufactura de alimentos.
- Desarrollar e implantar un sistema de refrigeración pionero de NH₃/CO₂ en cascada con CO₂ recirculado tipo brine, en el sector de manufactura de alimentos en la región de Centroamérica y Caribe.
- Romper paradigmas en torno a la instalación de sistemas de refrigeración utilizando refrigerantes naturales clasificados B3 (NH₃) y con altas presiones de trabajo (CO₂).
- Promover tecnológicas sostenibles desde el punto de vista técnico, ambiental y energéticamente eficientes.

3. Descripción del proyecto

3.1 Características de la instalación original con HCFC-22

El equipo original de HCFC-22 que generó el presente proyecto demostrativo, fue el resultado de una primera conversión realizada por la compañía a inicios de la década del 2000, que en aquel entonces utilizaba CFC-502.

El sistema de refrigeración original, que por más de 15 años operó PINOVA para la refrigeración de la cámara de producto terminado, estaba compuesto por un sistema de expansión directa de una sola etapa, con una carga refrigerante de 909 kg de HCFC-22.

3.1.1 Características de los equipos instalados en el sistema original.

Las características generales de los equipos que constituían la instalación original se muestran en la siguiente tabla.

Tabla #2

Características generales de los equipos del sistema de refrigeración original de HCFC-22 y potencia de sus motores eléctricos

Equipo	Cantidad	Cantidad de motores	Tipo	Potencia unitaria		Potencia total
				HP	kW	kW
Compresor #1	1	1	Tornillo	60	44.76	44.76
Compresor #2	1	1	Tornillo	60	44.76	44.76
Compresor #3	1	1	Tornillo	50	37.30	37.30
Compresor #4	1	1	Reciprocante	6	4.48	4.48
Compresor #5	1	1	Reciprocante	6	4.48	4.48
Compresor #6	1	1	Reciprocante	7	5.22	5.22
Evaporadores #1	11	13	Abanico axial	5	3.73	48.49
Evaporador #2	3	6	Abanico axial	1.5	1.12	6.71
Condensador #1	1	2	Abanico axial	3	2.24	4.48
Condensador #2	1	2	Abanico axial	3	2.24	4.48
Condensador #3	1	8	Abanico axial	3	2.24	17.90
						223.05

Fuente: creación propia

La potencia total instalada de accionamiento de los compresores del sistema original de HCFC-22 era de 223 kW (299 HP), con una capacidad de refrigeración de 176 kW (50 TR), cuyo proceso de

manufactura demanda que la operación del sistema sea de 24/7¹. En el anexo #1 se muestran fotografías de la instalación original.

3.1.1 Parámetros de operación del sistema.

- Temperatura de cámaras.

El sistema original alcanzaba una temperatura promedio de -11°C en el interior de la cámara de producto terminado, no permitiendo temperaturas más bajas en esta cámara, lo que limitaba la posibilidad de aprovechar todo el volumen disponible para almacenamiento.

- Consumo de energía.

El consumo de energía de la instalación original estaba relacionado a los equipos instalados, mostrados en la tabla #2. Por las condiciones del proceso de manufactura, la operación del sistema de refrigeración es 24/7. Según estimaciones de la compañía 18% del consumo mensual de energía eléctrica correspondían al consumo de energía del sistema de HCFC-22.

Tabla #3
Estimado del consumo de energía del sistema original de refrigeración de la cámara de producto terminado.

Energía consumida (kWh)		
Día	Mes	Año
5,353.30	160,598.88	1,927,186.56

Fuente: creación propia

En el apéndice #1 se muestra el detalle del cálculo realizado para la determinación del consumo energético, donde la variable es el tiempo de operación diario de cada equipo. De acuerdo con la información suministrada por los departamentos de mantenimiento y producción de PINOVA, la capacidad limitada del sistema original versus la demanda de producto

¹ 24 horas durante 7 días de la semana

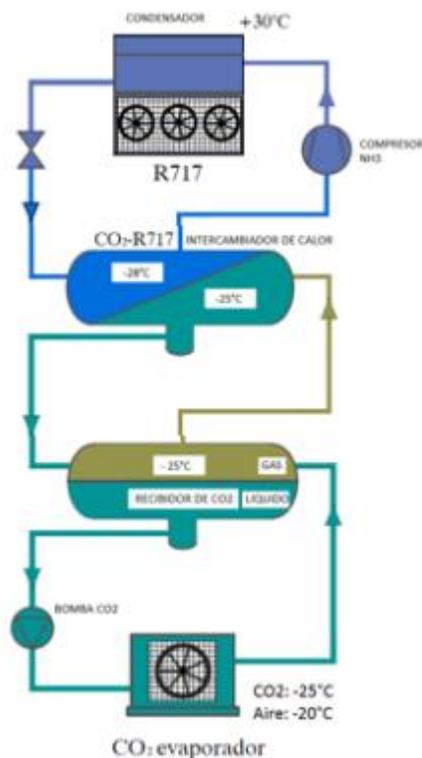
terminado, hace que este sistema opere a su capacidad nominal en forma continua (24/7/30/12), dato utilizado para la estimación del consumo de energía del apéndice #1.

3.2 Características de la nueva instalación NH₃/CO₂ cascada con CO₂ recirculado tipo brine.

El nuevo sistema instalado se caracteriza por tener en el circuito secundario CO₂ recirculado, conocido como sistema tipo brine, el cual trabaja bajo un principio similar al de una instalación de “agua helada” utilizada en sistemas de aire acondicionado centrales con *chillers*. En el sistema instalado el refrigerante CO₂ condensado a baja temperatura es circulado por medio de un sistema de bombas centrífugas. El siguiente diagrama muestra en forma simplificada la nueva instalación realizada en PINOVA.

Diagrama #1

Sistema NH₃/CO₂ en cascada con CO₂ recirculado tipo *brine*



Fuente: Mayekawa

En la región centroamericana no se conoce hasta esta fecha la existencia de otra instalación similar. Sin embargo, si existen 2 instalaciones NH₃/CO₂ “brine” en Suramérica, concretamente

en Argentina y Ecuador. Siendo esta última, la instalación que sirvió de modelo para tomar la decisión de aplicar esta tecnología en Costa Rica.

3.2.1 Características de los equipos instalados.

La nueva instalación cuenta con equipos y sistemas de última tecnología, sus motores eléctricos integrados en los diferentes equipos del sistema NH3/CO2 “brine” son de eficiencia Premium, con sistemas de arranque a voltaje reducido electrónico, tipo estado sólido.

Los tanques y recipientes fueron construidos en acero al carbono, inspeccionados y estampados bajo normas ASME Sección VIII, Div. 1. Adenda 2005. Todos los equipos fueron de importación, construidos bajo las especificaciones de PINOVA por medio de la compañía Mayekawa y su red de proveedores.

En la siguiente tabla se muestran las características generales de los equipos de la nueva instalación.

Tabla #4
Características generales de los equipos del nuevo sistema de refrigeración NH3/CO2 en cascada *brine*. y potencia de sus motores eléctricos

Equipo	Cantidad	Cantidad de motores	Tipo	Potencia unitaria		Potencia total
				HP	kW	kW
Compresor #1	1	1	Tornillo	100	74.60	74.60
Compresor #2	1	1	Tornillo	100	74.60	74.60
Bomba de aceite Co. #1	1	1	Desp.Positivo	1.5	1.12	1.12
Bomba de aceite CO. #2	1	1	Desp.Positivo	1.5	1.12	1.12
Compresor #3	1	1	Reciprocante	30	22.38	22.38
Condensador Evap.	1	1	Abanico axial	0	11.00	11.00
Bomba Cond Evap.	1	1	Centrífuga	0	1.50	1.50
Evaporador PH #1	1	3	Abanico axial	3	2.24	6.71
Evaporador PH #2	1	3	Abanico axial	3	2.24	6.71
Evaporador PH #3	1	3	Abanico axial	3	2.24	6.71
Bomba CO2 #1	1	1	Centrífuga	0	2.20	2.20
Bomba CO2 #2	1	1	Centrífuga	0	2.20	2.20
Evaporador Ant. #1	1	2	Abanico axial	0.75	0.56	1.12
Evaporador Ant. #2	1	2	Abanico axial	0.5	0.37	0.75
Evaporador Ant. #3	1	2	Abanico axial	0.5	0.37	0.75
						213.47

Fuente: creación propia

La capacidad total de refrigeración es de 359,4 kW (102.2 TR), y potencia eléctrica total instalada es de 213 kW (280 HP), la operación del sistema sigue siendo 24/7 y todos los motores son de alta eficiencia.

Las características en detalle de los equipos que constituyen la nueva instalación se muestran en detalle en el apéndice #2.

3.2.2 Parámetros técnicos y de operación del sistema.

- Temperatura de cámaras.

Las condiciones operativas del nuevo sistema de refrigeración NH₃/CO₂ *brine* están definidas por:

- Temperatura de la cámara de producto terminado de -18°C.
- Temperatura de antecámaras de 0°C a 5°C.
- Temperatura de evaporación en el lado de amoníaco (NH₃) de -30°C.
- Temperatura de condensación 35°C.
- Temperatura de bulbo húmedo de 26°C.
- Carga térmica de cámara de producto terminado 274,2 kW (78 TR).
- Carga térmica de anden de carga 30,9 kW (8.8 TR).
- Carga térmica de zona de bandas 27,8 kW (7.9 TR).
- Carga térmica de cámara de rellenos 22,9 kW (6.5 TR).

En la tabla #5 se muestra el monitoreo de tres puntos de la cámara de producto terminado, puntos especialmente definidos por el personal técnico de PINOVA y denominados como puntos calientes por efecto de las corrientes de convección. El monitoreo se realizó por un periodo de 6 días, 17 horas, 20 minutos. Se puede observar que la temperatura promedio se mantiene por encima de los -18°C, la cual fue la temperatura de diseño del nuevo sistema de refrigeración.

Tabla #5

Monitoreo de temperatura de cámara de producto terminado con sistema NH3/CO2

Temperatura	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Mínima (°C)	-13.10	-13.90	-12.10
Máxima (°C)	-21.80	-21.50	-20.10
Promedio (°C)	-19.65	-20.11	-19.65

Fuente: Cuesa Construcciones HU Sociedad Anónima.

- Estimación del consumo de energía.

Al igual que el sistema de refrigeración original, el nuevo sistema NH3/CO2, también trabaja 24/7. La tabla #6, muestra el estimado del consumo de energía del nuevo sistema.

Tabla #6

Estimado del consumo de energía del sistema de refrigeración NH3/CO2 cascada “brine” de la cámara de producto terminado.

Energía consumida (kWh)		
Día	Mes	Año
4,258.11	127,743.30	1,532,919.60

Fuente: creación propia

Como se puede observar, entre los datos de la tabla #3 y #6, existe una reducción del consumo energético, estimado con respecto al sistema original, de un 20%.

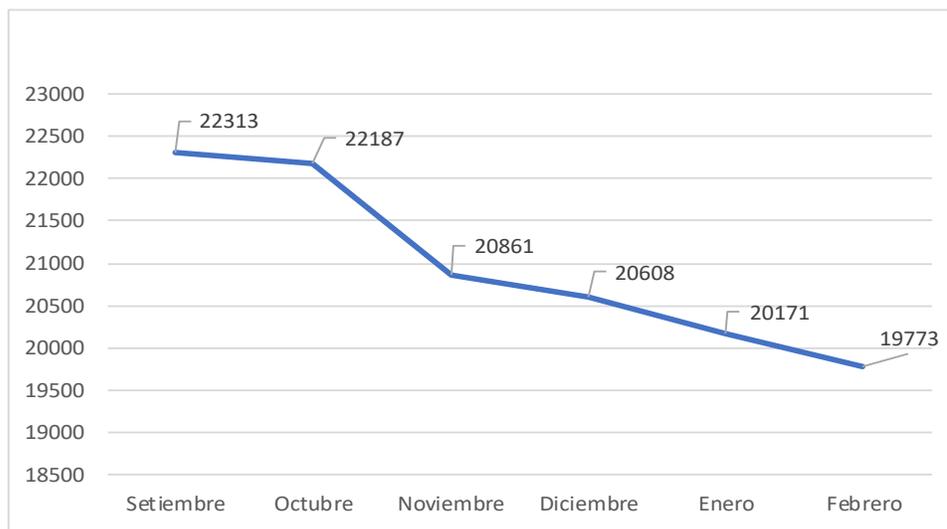
En el apéndice #2 se muestra el detalle del cálculo realizado para la estimación del consumo energético, donde la variable es el tiempo de operación diario de cada equipo. De acuerdo con registros de los departamentos de mantenimiento y producción de PINOVA, el nuevo sistema trabaja 24/7, sin embargo, de los tres compresores instalados solo uno trabaja a capacidad nominal en este periodo.

El sistema nuevo de refrigeración inició su periodo de pruebas y puesta a punto durante el mes de enero de 2018. A partir de este momento el sistema original salió de funcionamiento, por lo que en la facturación de la energía de los meses de enero y febrero de 2018 ya se registró un ahorro en el consumo de energía.

En el gráfico #2 se muestra el comportamiento para los dos primeros meses de 2018, respecto al 4to trimestre de 2017. En los meses de noviembre y diciembre se observa una reducción de la energía facturada, la cual responde a días no laborables de acuerdo a la programación de producción de PINOVA y en diciembre principalmente a días no laborables por actividades sociales del personal.

Gráfico #2

Energía promedio facturada por día en los primeros meses del periodo fiscal 2018



Fuente: Departamento de Mantenimiento de PINOVA

Considerando el promedio facturado entre setiembre-octubre y entre enero-febrero, se obtiene una reducción de 10.23% del consumo de energía. Este valor puede crecer en la medida de que el sistema sea estabilizado y la compañía genere una mejor cultura de manejo de puertas de la cámara para

reducir infiltraciones, el cual debería llegar cerca del 20%, según estimativa realizada.

4. Proceso de instalación y puesta en marcha del proyecto.

El proceso de instalación y puesta en marcha del proyecto se efectuó bajo una serie de actividades debidamente planificadas, con el objetivo de minimizar los riesgos que pudieran generar atrasos, comprometer la instalación y puesta en marcha del nuevo equipo.

4.1 Evaluación estructural.

Antes de iniciar con el proceso de montaje de los equipos adquiridos, se realizó por parte de especialistas en ingeniería estructural, la valoración estructural de los sitios donde se realizaría la instalación de los nuevos equipos.

4.2 Proceso licitatorio.

Se realizó un cartel licitatorio donde se definieron las condiciones técnicas y administrativas de la ejecución del proyecto.

4.3 Revisión de ofertas.

Se realizó la revisión de ofertas recibidas, las cuales fueron validadas por los consultores nacionales e internacionales del PNUD. A partir de esta revisión PINOVA seleccionó la oferta de mayor conveniencia.

4.4 Ejecución de contratos, acuerdos y órdenes de compra.

Las partes (solicitante y oferente) transcribieron sus acuerdos a un contrato, en el cual se establecieron todas las condiciones, en las que se destacan:

- Que el proyecto se ejecutaría llave en mano.
- Que el proveedor suministra todos equipos, materiales, mano de obra y estructuras necesarias para la puesta en marcha del proyecto.
- Que el costo total del proyecto y monto a pagar fue establecido como de \$943,000 USD.
- Que el periodo de ejecución sería de 22 semanas.

- Una vez firmado se daría por oficializado el periodo de ejecución del proyecto, con lo que se emitieron las órdenes de compra, para la contratación de los servicios y equipos necesarios.

También se ejecutó un acuerdo MINAE-PINOVA, el cual definió como se realizarán los desembolsos del cofinanciamiento del proyecto recibido por el Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal, el cual fue de \$444,000 USD para la adquisición de equipos. Los fondos fueron administrados por PNUD Costa Rica, y los desembolsos se ejecutaron según avance de obras.

4.5 Cronograma de trabajo.

Se desarrolló un cronograma de trabajo por parte del oferente, el cual fue revisado y aprobado por un comité técnico establecido, para el seguimiento del proyecto y valoración del cumplimiento de las actividades propuestas.

4.6 Reuniones de seguimiento.

Durante el periodo de ejecución del proyecto se realizó una reunión semanal, por medio de la cual se conocieron el avance de la implementación y se realizaron la coordinaron de las actividades semanales que interferían con la operación de la planta de manufactura, transportes y movimientos internos de equipo.

4.7 Montaje de equipos.

Los equipos fueron adquiridos a la compañía Mayekawa de Centroamérica S.A., por medio del contratista del proyecto, la compañía CUESA Construcciones HU Sociedad Anónima. La importación y nacionalización de los equipos estuvo a cargo de Mayekawa de Centroamérica S.A. El montaje, instalación electromecánica y pruebas de sistemas mecánicos estuvo a cargo del contratista CUESA Construcciones HU S.A.

En el anexo #1 se muestra el registro fotográfico cronológico del desarrollo del proyecto desde el inicio de las obras hasta la puesta en marcha del nuevo sistema.

4.8 Proceso de pruebas.

El sistema antes de la puesta en marcha fue sometido a diferentes pruebas, entre ellas:

- Pruebas de las uniones soldadas de tuberías y accesorios, utilizando ensayos no destructivos como líquidos penetrantes y ultrasonido. (Ver anexo #3)
- Barrido de tuberías con nitrógeno para remoción de residuos sólidos.
- Prueba de estanqueidad del circuito frigorífico, por medio de presión manométrica positiva y de vacío, bajo las recomendaciones de especialistas, el consultor nacional e internacional del proyecto por parte de PNUD.

4.9 Carga de refrigerante en los equipos.

La carga de refrigerantes se ejecutó con la participación de compañías especialistas en el suministro de los gases industriales y refrigerantes naturales, con la asistencia del personal técnico de CUESA y Mayekawa de Centroamérica, bajo protocolos establecidos para este fin.

5. Beneficios previstos con el proyecto.

5.1 Ambientales.

Desde el punto de vista ambiental el proyecto aporta los siguientes beneficios.

- Menor emisión de gases agotadores de ozono y de gases de efecto invernadero. Tanto las emisiones directas por el consumo de R22 en los procesos de mantenimiento del sistema anterior, como las indirectas debido a el consumo de energía.
- Oportunidad para mantener el compromiso social de “Carbono Neutralidad” de PINOVA y Costa Rica.
- El proyecto es consecuente con el compromiso adquirido por Costa Rica con el acuerdo de Paris.
- Reducción de efecto indirecto por menor consumo de energía.

5.2 Tecnológicos y empresariales

- Transferencia de tecnológica que involucra la adquisición de nuevos conocimientos para personal técnico nacional.
- Fortalecimiento de la capacidad nacional (contratista y técnicos) en la instalación de sistemas de refrigeración que trabajan con gases refrigerantes naturales en Costa Rica (NH₃/CO₂).

- Oportunidad real de mostrar los beneficios del uso de tecnologías naturales en sistemas de refrigeración.
- Oferta de capacidad técnica para nuevos proyectos futuros en el país o en la región centroamericana.
- Cooperación Sur-Sur entre PINOVA en Costa Rica y UNILEVER en Guayaquil, Ecuador, antes y después de puesto en marcha el sistema.
- Oportunidad para brindar asistencia técnica y realizar una transferencia tecnológica a otras industrias nacionales y regionales.
- Que durante la etapa de capacitación técnica del personal de PINOVA realizada en marzo de 2018 en Guayaquil, Ecuador; la nueva instalación de PINOVA y en específico la utilización de evaporadores tipo Penhouse, representa una opción que podría ser adoptada por UNILEVER Ecuador, para solventar problemas de mantenimiento en su instalación.

5.3 Económicos.

- Ahorro por la eliminación del consumo de HCFC-22 para servicio en la cámara de producto terminado de PINOVA, que alcanzó como promedio en los años fiscales 2015-2016 y 2016-2017 fue de 1314 kg.
- Reducción de las operaciones de servicio demandadas por la cámara de producto terminado y paros no programados del sistema de refrigeración.
- Ahorros en el consumo de energía y en el costo para la refrigeración de la cámara de producto terminado de PINOVA.
- Disminución de la tercerización de servicios de bodegaje refrigerado que se contrataban por la falta de capacidad de enfriamiento del antiguo sistema de HCFC-22.

5.4 Difusión para otros usuarios en Costa Rica y América Latina

- Se espera difundir el proyecto en las cámaras empresariales nacionales donde se encuentran industrias de manufactura de alimentos en los siguientes sectores:
 - Industria de panificación.
 - Industria de lácteos.
 - Industria de cárnicos y embutidos.

- Industria pesquera.
- Industrias de servicios de almacenamiento de productos congelados.
- A nivel regional el proyecto se difundirá por medio de las oficinas nacionales de ozono, las cuales son el punto focal de programas y proyectos del Protocolo de Montreal.
- Se difundirá también entre otras organizaciones no gubernamentales que también apoyan la migración al uso de refrigerantes naturales que generan menor impacto ambiental y más eficientes en el consumo de energía.

6. Problemas enfrentados y lecciones aprendidas.

- Que durante el desarrollo del proyecto se presentaron fenómenos climáticos (huracanes) que afectaron el proceso de importación de equipos, los cuales son causa fortuitas que no pueden ser consideradas en la planificación general del proyecto.
- Que es necesario mantener un estricto control de los proyectos para poder generar acciones correctivas cuando se presentan imprevistos, de manera que el cronograma no se vea afectado.
- Que es importante para la implementación de proyectos como el adoptado por PINOVA generar capacidad nacional.
- La opción que se le brindó al personal de PINOVA de conocer previamente una instalación similar en Guayaquil, Ecuador; fue fundamental para la toma de decisión final de la tecnología a adoptar.

7. Conclusiones y recomendaciones.

- Se demuestra que el uso de NH₃/CO₂ en cascada, con CO₂ recirculado tipo brine, es una solución innovadora y viable de ser implantada en las empresas medianas manufactureras en Costa Rica.
- La aplicación realizada en PINOVA puede ser adoptada por otras empresas nacionales y/o regionales, que requieren encontrar una solución definitiva para la sustitución de refrigerantes que agotan el ozono y producen calentamiento atmosférico.
- La implementación del nuevo sistema de refrigeración de la cámara de producto terminado basada en el uso de NH₃/CO₂ en cascada, con CO₂ recirculado tipo brine, le proporciona a PINOVA ahorros en el consumo energía eléctrica.

- Durante dos meses de operación del nuevo sistema, la facturación de energía eléctrica refleja ya una reducción del 10%.
- De acuerdo con la estimación realizada, el nuevo sistema puede aportar hasta un 20% de reducción de la facturación de energía eléctrica, implementando una mayor cultura en el manejo de las aperturas de la puerta de la cámara de producto terminado de PINOVA.
- La tecnología basada en gases refrigerantes naturales, que adoptó PINOVA elimina la emisión de sustancias agotadoras de ozono y reducirá las emisiones y gases de efecto invernadero.
- La tecnología adoptada y puesta en marcha por PINOVA, demuestra que es posible romper las barreras para aplicar gases naturales con niveles de toxicidad, inflamabilidad y que trabajan a altas presiones.
- La puesta en marcha del nuevo sistema le proporciona a PINOVA menor costo de producción por la reducción del consumo de energía eléctrica, menos intervenciones de mantenimiento, la no adquisición de HCFC-22 para reposición de gas refrigerante fugado al ambiente, utilización de gases naturales de menor costo respecto a refrigerantes químicos.
- La alternativa seleccionada por PINOVA le permite contribuir con el compromiso empresarial de Carbono Neutral y la meta país de Carbono-Neutralidad al 2021 del gobierno de Costa Rica.
- Es necesario ejecutar a mediano plazo otras capacitaciones del personal técnico, de acuerdo con el incremento de experiencia en la operación, servicio y mantenimiento del nuevo equipo NH₃/CO₂. Así como procedimientos puntuales de servicio requeridos según avanza la edad de operación del nuevo sistema.
- La tecnología debe ser mostrada a técnicos, estudiantes de refrigeración e ingeniería como un modelo a seguir y recomendar. Igualmente, los empresarios tomadores de decisión son claves para promover el cambio en industrias similares.
- Un monitoreo periódico de la operación del sistema es clave para documentar y mostrar a los interesados los beneficios de la tecnología relacionados con consumo energético y datos operacionales. Adicionalmente, esta información puede ser publicada en revistas empresariales, publicaciones institucionales, incluyendo al PNUD

