Análisis Termodinámico de Empaques Alimentarios

Yesica Juliana Pineda Rojas

Administración Logística, Escuela de Negocios, Fundación Universitaria Compensar

Proyecto fin de grado

Jesús Abel Afanador Barajas

30 de mayo de 2024

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Resumen

Dentro de la investigación realizada a lo largo del año 2023, se identificó un problema a la hora de realizar la distribución de almuerzos a los colegios de Bogotá que cuentan con este beneficio, el cual es: La disminución de calor dentro de los cambros donde se transportan los almuerzos. A raíz de esto, se estableció el objetivo de descubrir la mejor forma de transportar estos alimentos, donde no se afecte la calidad y el cumplimento de entrega. Esta investigación fue desarrollada para la caja de compensación Compensar, quien es la encargada de elaborar, empacar y distribuir los almuerzos para los colegios beneficiarios de Bogotá. Para lograr tener resultados, se realizaron diferentes visitas a colegios como el INEM Santiago Pérez, donde se determinó la curva de perdida de calor dentro de los cambros que contenían los almuerzos, lo que permitió hallar lo siguiente: Se pierde menos calor interno, cuando los cambros son transportados SIN manta, ya que, solamente se pierden 3°c durante el trayecto. Una gran ventaja de la solución que se brindará es que no se incurrirán en gastos adicionales y presentará grandes beneficios.

Palabras clave: Cambros, Temperatura, Grados, Perdida, Manta, Almuerzos, Distribución, Transporte, Camión, Empaque.

Introducción

En el año 2023 se recibe el proyecto por parte de la caja de compensación Compensar “ABREU”, donde se evidencia el principal problema que se tiene a la hora de distribuir los almuerzos, que es la disminución del calor dentro de los cambros donde se transportan los alimentos ya listos para el consumo de los beneficiarios, se pretende buscar y ejecutar una solución de manera oportuna, que permita mantener dicha temperatura en los almuerzos sin perder la calidad de la comida y la presentación de los platos. Se inician visitas a los colegios desde donde se transportan los alimentos, para realizar registro fotográfico y entender cómo y a qué hora son empacados los almuerzos para su posterior distribución. De igual manera, se realizan pruebas y tomas de datos (serán explicadas más adelante) para determinar soluciones e implementarlas. Durante todo el año, se realizaron visitas y pruebas. Finalmente, al tener los resultados y presentar la mejor solución posible (el uso de mantas térmicas y la importancia del

precalentamiento de los cambros. En primer lugar, se ha demostrado de manera concluyente que el uso de mantas térmicas resulta beneficioso en la retención de la temperatura en el interior de los cambros y la importancia del precalentamiento de los cambros antes de su carga se destaca como un factor crítico para minimizar las diferencias de temperatura en el interior de estos), se comunica mediante el tutor del curso para que esta sea iniciada dentro del proyecto de Compensar y se pueda mejorar el problema inicialmente presentado.

Método

Durante el año 2023 se realizaron algunas visitas donde se tomaron datos que fueron de ayuda para desarrollar la solución que se planteó. Las visitas fueron realizadas a colegios donde se preparaban los alimentos y de ahí, son distribuidos a los demás colegios cercanos para preservar la temperatura de los alimentos.

A continuación, algunos de los datos que se tomaron al realizar las visitas:

MES	Asistencia	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
may-23	Semana 41	2414	2469	2504	2421	2330
	Semana 42	2412	2429	2509	2372	2319
	Semana 43	2390	2446	2508	2390	2300
	Semana 44	2404	2436	2513	2399	2307

Cantidad de almuerzos requeridos para entregas al colegio principal según la demanda.

Se definió un tipo de cambro donde se transportarán los almuerzos para los distintos colegios:

El Pro Cart Ultra, es el cambro de transporte de alimentos definitivo que puede mantener alimentos calientes y fríos. Los compartimientos dobles mantienen los alimentos bien refrigerados entre 0,3 °C y 4,4 °C y calientes y seguros entre 65,5 °C y 74 °C en las unidades eléctricas.

- El exterior es de polietileno a prueba de óxido y resistente a las abolladuras.
- El aislamiento de espuma de poliuretano libre de CFC presente en toda la unidad mantiene temperaturas seguras para los alimentos durante más de 4 horas, incluso con la unidad desenchufada

Para continuar, se definió el tipo de vehículo donde se llevarán los cambros con los almuerzos:



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

MOTOR

Marca / Código	ISUZU 4HK1-TCN
Tipo	INTERCOOLER 5.2L
Ubicación	Longitudinal Delantero
Desplazamiento (cc)	5.193
Nro. de Cilindros	4 en Línea
Potencia (hp @ rpm)	153 @ 2.600
Torque (kg-m @ rpm)	43 @ 1.600
Alimentación	Inyección Directa
Sistema de Inyección	Common Rail
Nivel de Emisiones	Euro IV / EGR
Combustible	Diésel

CHASIS

Dirección	Asistida Hidráulicamente
Tipo de Suspensión	Ballesta en eje rígido
	Resorte Semi-elíptico
Capacidad (kg)	
Suspensión Delantera	3.020
Suspensión Trasera	5.760
Amortiguadores	Hidráulicos, telescópicos de doble acción
Bastidor	Sección de canal escalonado
Llanta	215 / 75 R 17,5
Sistema de Frenos	Hidráulico (ABS+EBD+ASR) y Freno de Ahogo

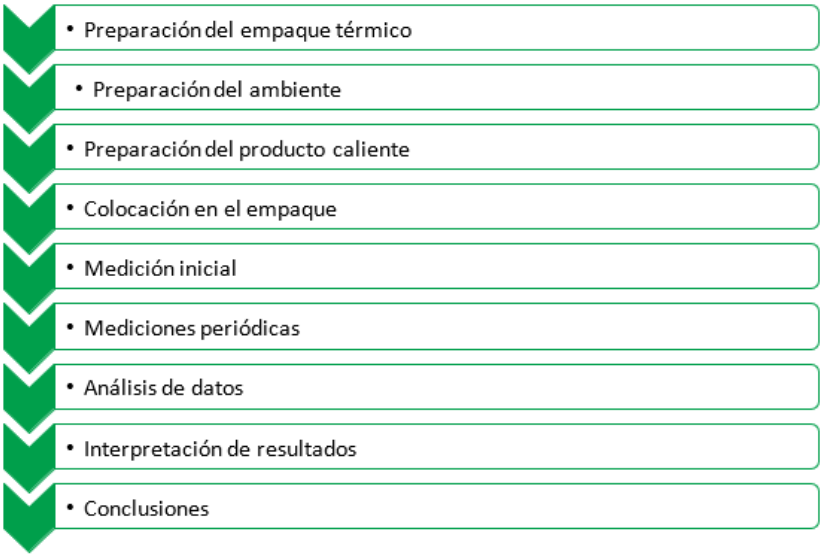
PESOS Y CAPACIDADES

Peso Bruto Vehicular (kg)	7.500
Capacidad de Carga (kg)	4.782
Capacidad máxima de Ejes:	
Delantero (Kg)	3.100
Trasero (Kg)	6.600
Alternador (Amp)	90
Tanque de Combustible (L)	140

EQUIPAMIENTO

Inmovilizador	Si
Bloqueo Central	Si
Vidrios Eléctricos	Si
Alarma de Abatimiento de cabina	Si
Luces Frontales Halógenas	Si
Dirección ajustable en altura y profundidad	Si
Sillas Abatibles	Si
Puerto de carga USB	Si
Kit de Herramientas	Si

Se determinó un “cronograma”, donde se establecieron los paso a paso para encontrar una solución óptima**.** Aquí se muestra el proceso que se tuvo durante la recolección de datos, donde observamos cómo se inicia con una preparación del empaque donde irán los almuerzos, seguido del empaque de los alimentos en los envases correspondientes, para dar continuidad con el inicio de la medición y finalmente, realizar el análisis de datos para determinar las respectivas conclusiones.



Y, por último, se identificaron los elementos o materiales que fueron utilizados dentro de la investigación y toma de datos durante las visitas:

Elementos	
Cambro	Manta térmica
DataLogger	Termómetro

Tipo de investigación

El tipo de investigación utilizado en este proyecto fue: Investigación de campo, donde diferentes grupos de estudiantes se desplazaron hasta los colegios donde se preparan los alimentos y tomaron datos útiles para el desarrollo del trabajo.

Resultados

Algunos de los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Resultados Fase 1



Ilustración 1. Referencia empaques utilizados. Autores: Imagen propia

Con el fin de simular la transferencia calórica, se utilizaron los empaques mostrados en la ilustración anterior y colocando agua caliente a 63°C como punto de referencia para las pruebas.

Prueba 1 con manta térmica

En esta prueba se decide utilizar una manta térmica para recubrir el cambro. Esta manta térmica refleja la radiación, por lo que permite aumentar la conservación de calor. Por otro lado, con el fin de simular las condiciones aisladas del viento y temperatura ambiental, se utilizó un cuarto del centro de producción como ambiente de experimentación.

Instrumentos de medición: Termómetro, Datalogger, cronometro



Ilustración 2. Manta térmica utilizada. Autores: Imagen propia.



Ilustración 3. Modelo Prueba 1 Autores: Imagen propia.

Los resultados y el minuto a minuto de la prueba se muestran a continuación.

PRUEBA 1				
PRUEBA CON MANTA				
Empaque Modelo 1.8 (60 almuerzos X Cajón isotérmico CAMBRO)	**D**			
Datalogger	**454**			
Evento	**Hora**	**Minutos**	**Segundos**	**Temperatura**
Toma de temperatura	9	0	51	**63°C**
Ingreso cajón isotérmico " CAMBRO"	9	1	50	
Ingreso Cuarto	9	2	30	
Empieza a acomodar manta térmica	9	2	46	
Termina de acomodar manta térmica	9	3	8	
Retira manta térmica	9	33	5	
Abre cajón isotérmico " CAMBRO"	9	33	7	
Abre empaque	9	33	22	
Toma de temperatura	9	33	27	**49°C**

Tabla 1. Valores prueba 1. Autores: Imagen propia.

En las observaciones pudimos encontrar que la temperatura interna del empaque, iniciando en 63°C, en media hora bajo hasta 49°C (14 C°), es decir un total de 0.42°C por minuto. Es importante tener presente el diferencial de temperatura entre el cambro y el interior del empaque (25 C° y 63 C°). En cuanto a la medición de temperatura del cambro, la podemos visualizar en la siguiente grafica.

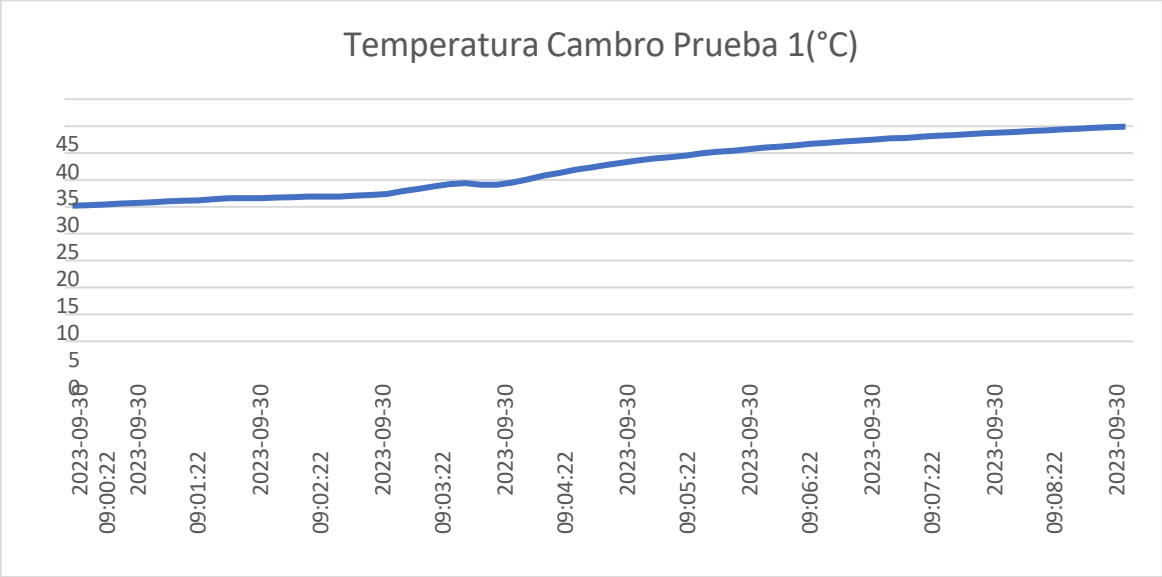


Ilustración 4. Gráfico de temperatura cambro prueba. Autores: Tabla propia

Al resumir estos resultados de la temperatura del cambro por medio de estadísticas descriptivas, podemos encontrar que se alcanzó una temperatura inicial de 25,2°C máxima de 39.9°C y una media de 32.35°C con una desviación de 5.1°C

Temperatura°C	
Media	32,3558824
Error típico	0,62118151
Mediana	32,55
Moda	26,6
Desviación estándar	5,12239398
Varianza de la muestra	26,2389201
Curtosis	-1,6121403
Coeficiente de asimetría	0,03316382
Rango	14,7
Mínimo	25,2
Máximo	39,9
Suma	2200,2
Cuenta	68

Tabla 2. Resumen estadísticas Prueba 1 Cambro. Autores: Imagen propia

Prueba 2 cambro sin manta térmica

Se inicia a partir de las 09:53 am con la misma temperatura inicial 63 °C en molde D tiempo de medición 30 minutos con traslado a cuarto.

PRUEBA 2				
PRUEBA SIN MANTA				
Empaque Modelo 1.8 (60 almuerzos X Cajón Isotérmico CAMBRO)	D			
Datalogger	454			
Evento	Hora	Minutos	Segundos	Temperatura
Toma de temperatura	9	53	47	63°C
Ingreso cajón Isotermico " CAMBRO"	9	54	54	
Ingreso Cuarto	9	56	0	
Abre cajón Isotermico " CAMBRO"	10	25	58	
Abre empaque	10	26	8	
Toma de temperatura	10	26	45	59°C

Tabla 3.Valores prueba 2. Autores: Imagen propia

En las observaciones pudimos encontrar que la temperatura interna del empaque, iniciando en 63°C, en media hora bajo hasta 59°C (4 C°), es decir un total de 0.12 °C por minuto. Es importante tener presente el diferencial de temperatura entre el cambro y el interior del empaque (30 C° y 63 C°). En cuanto a la medición de temperatura del cambro, la podemos visualizar en la siguiente grafica.

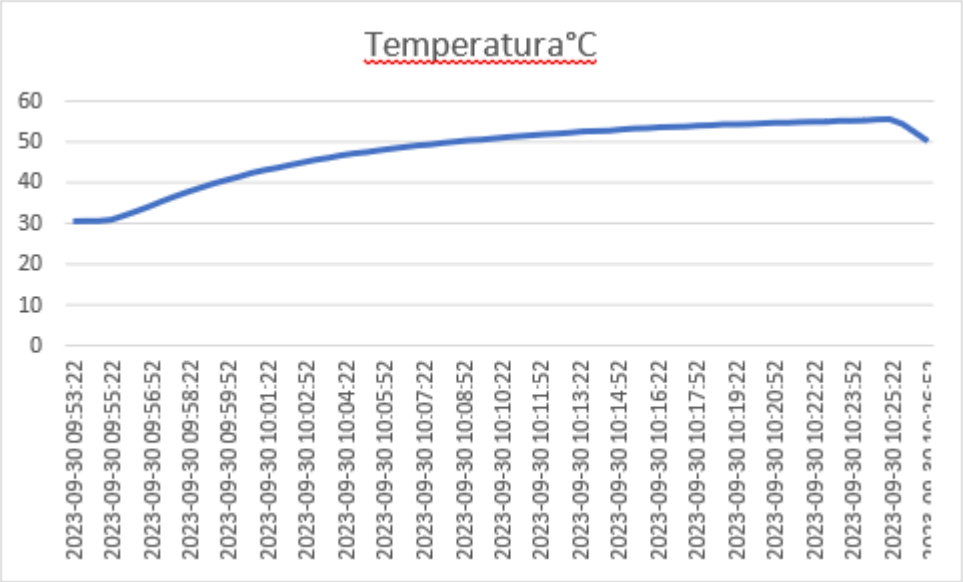


Ilustración 5. Gráfico temperatura cambro prueba 2. Autores: Imagen propia

En esta segunda prueba el cambro tuvo una mínima temperatura de 30°C y una máxima de 55°C, Manteniendo una temperatura promedio de 48,19°C y una desviación de 7,5C°.

Temperatura°C	
Media	48,1970588
Error típico	0,90999708
Mediana	50,95
Moda	30,9
Desviación estándar	7,50402818
Varianza de la muestra	56,310439
Curtosis	0,05147073
Coeficiente de asimetría	-1,10009107
Rango	25
Mínimo	30,8
Máximo	55,8
Suma	3277,4
Cuenta	68

Tabla 4. Resumen estadísticas Prueba 2 Cambro. Autores: Imagen propia

Prueba 3 mayor tiempo de calentamiento y con manta térmica

Se inicia a partir de las 11:03 am con la misma temperatura inicial 63 °C en molde pequeño ABC tiempo de medición 30 min con traslado a cuarto.



Ilustración 6. Modelo Prueba 3. Autores: Imagen propia

PRUEBA 3				
PRUEBA CON MANTA				
Empaque Modelo 1.6 (80 almuerzos X Cajón Isotérmico CAMBRO)	**ABC**			
Datalogger	**454**			
Evento	**Hora**	**Minutos**	**Segundos**	**Temperatura**
Toma de temperatura	11	3	33	63°C
Ingreso cajón Isotérmico " CAMBRO"	11	4	40	
Ingreso Cuarto	11	5	10	
Empieza a acomodar manta térmica	11	5	41	
Termina de acomodar manta térmica	11	5	51	
Retira manta térmica	11	35	4	
Abre cajón Isotérmico " CAMBRO"	11	35	8	
Abre empaque	11	35	14	
Toma de temperatura	11	35	43	57°C

Tabla 5. Valores Prueba 3. Autores: Imagen propia

En las observaciones pudimos encontrar que la temperatura interna del empaque, iniciando en 63°C, en media hora bajo hasta 57°C (6 C°), es decir un total de 0.18 °C por minuto. Es importante tener presente el diferencial de temperatura entre el cambro y el interior del empaque (31 C° y 63 C°). En cuanto a la medición de temperatura del cambro, la podemos visualizar en la siguiente grafica.

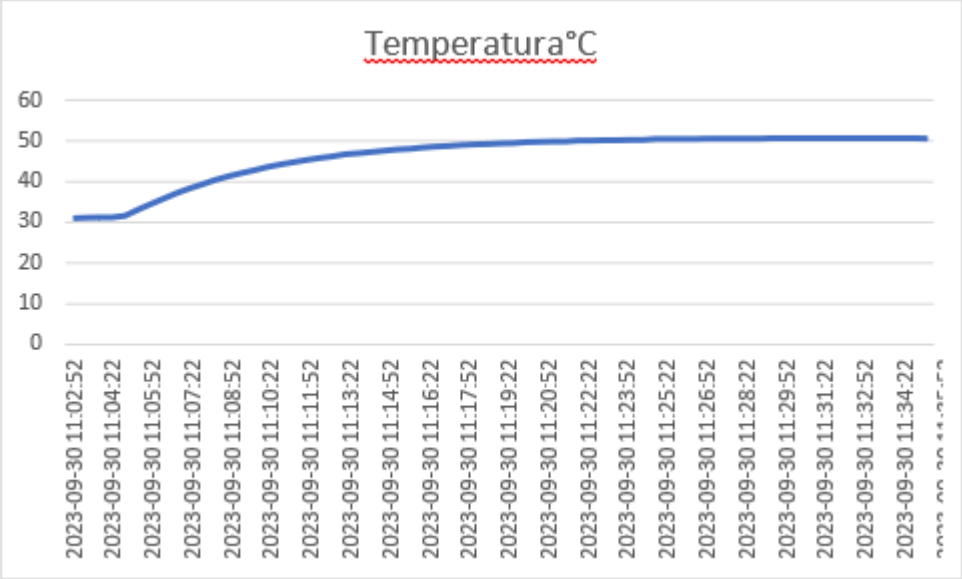


Ilustración 7 Grafico temperatura cambro prueba 3. Autores: Imagen propia

En esta segunda prueba el cambro tuvo una mínima temperatura de 31°C y una máxima de 50.8°C, Manteniendo una temperatura promedio de 46,38°C y una desviación de 6.16C°.

Temperatura°C	
Media	46,3880597
Error típico	0,75312562
Mediana	49,5
Moda	50,8
Desviación estándar	6,16459889
Varianza de la muestra	38,0022795
Curtosis	0,93271357
Coeficiente de asimetría	-1,48048787
Rango	19,8
Mínimo	31
Máximo	50,8
Suma	3108
Cuenta	67

Tabla 6. Resumen estadísticas Prueba 3 Cambro. Autores: Imagen propia

Prueba 4 mayor tiempo de calentamiento sin manta térmica

Se inicia a partir de las 11:03 am con la misma temperatura inicial 63 °C en molde ABC tiempo de medición 30 minutos con traslado a cuarto.

PRUEBA 4				
PRUEBA SIN MANTA				
Empaque Modelo 1.8 (60 almuerzos X Cajón Isotérmico CAMBRO)	**ABC**			
Datalogger	**455**			
Evento	**Hora**	**Minutos**	**Segundos**	**Temperatura**
Toma de temperatura	11	3	33	**63°C**
Ingreso cajón Isotérmico " CAMBRO"	11	3	54	
Ingreso Cuarto	11	5	31	
Abre cajón Isotérmico " CAMBRO"	11	35	16	
Abre empaque	11	35	39	
Toma de temperatura	11	36	20	**55°C**

Tabla 7. Valores Prueba 3. Autores: Tabla propia

En las observaciones pudimos encontrar que la temperatura interna del empaque, iniciando en 63°C, en media hora bajo hasta 55°C (8 C°), es decir un total de 0.24 °C por minuto. Es importante tener presente el diferencial de temperatura entre el cambro y el interior del empaque (32.1 C° y 63 C°). En cuanto a la medición de temperatura del cambro, la podemos visualizar en la siguiente grafica

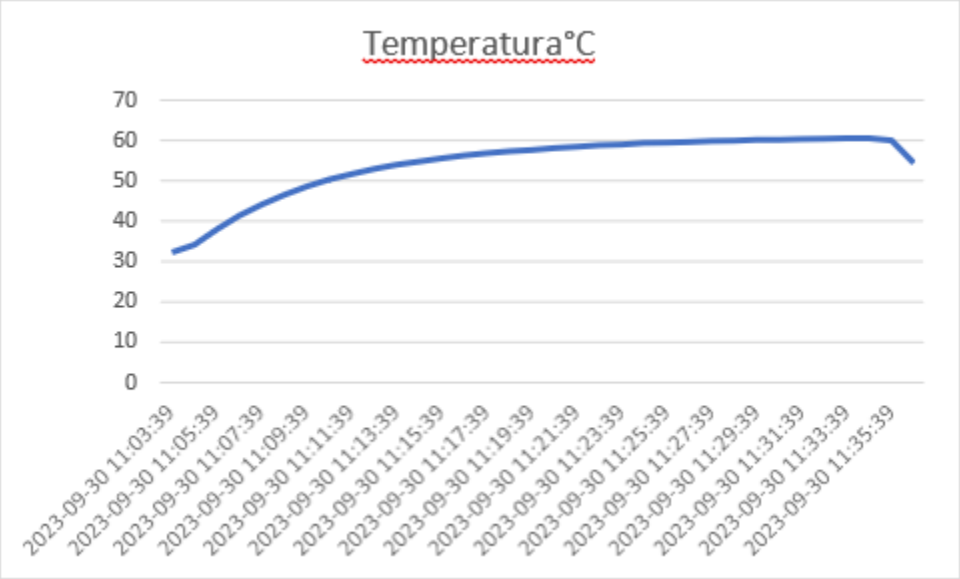


Ilustración 8 Grafico temperatura cambro prueba 4. Autores: Imagen propia

Temperatura°C	
Media	54,0117647
Error típico	1,35226597
Mediana	57,35
Moda	60
Desviación estándar	7,88499783
Varianza de la muestra	62,1731907
Curtosis	1,57990715
Coeficiente de asimetría	-1,55388681
Rango	28,3
Mínimo	32,1
Máximo	60,4
Suma	1836,4
Cuenta	34

Tabla 7. Resumen estadísticas Prueba 4 Cambro. Autores: Imagen propia

Propuesta de mejora

Según la investigación realizada y teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se puede determinar una serie de alternativas que ayudaran a mantener la temperatura de los almuerzos y a disminuir los tiempos de distribución, ya sea la utilización de vehículos que cuenten con contenedor para que mantenga la temperatura de los cambros y que estos mismos vehículos repartan los almuerzos de 3 colegios muy cercanos a donde se preparan los alimentos. De igual manera, se puede contemplar la opción de adquirir calentadores que puedan ser introducidos en los cambros para que estos produzcan el calor necesario para mantener los almuerzos en su temperatura ideal.

Discusión

El análisis detallado de la curva de pérdida de calor en cambros utilizado en el proceso de distribución de productos perecederos ha proporcionado valiosas perspectivas que pueden influir positivamente en la eficiencia y calidad de las operaciones. Los hallazgos destacan dos aspectos fundamentales: el uso de mantas térmicas y la importancia del precalentamiento de los cambros. En primer lugar, se ha demostrado de manera concluyente que el uso de mantas térmicas resulta beneficioso en la retención de la temperatura en el interior de los cambros. La aplicación de estas mantas ha demostrado reducir significativamente la pérdida de calor en comparación con los cambros sin este revestimiento. Este hallazgo implica que la inversión en mantas térmicas puede generar ahorros significativos en consumo energético y, al mismo tiempo, prolongar la vida útil de los productos almacenados, mejorando así la calidad de estos. En segundo lugar, la importancia del precalentamiento de los cambros antes de su carga se destaca como un factor crítico para minimizar las diferencias de temperatura en el interior de estos y, por ende, mantener la temperatura deseada durante un período más prolongado.

El precalentamiento reduce el contraste térmico entre el interior y el exterior de los cambros, lo que, a su vez, disminuye la velocidad de pérdida de calor.

En resumen, este estudio enfatiza que, si bien la aplicación de mantas térmicas puede mejorar la eficiencia en la conservación de la temperatura en los cambros, pero no es lo ideal, es igualmente crucial adoptar prácticas de precalentamiento como parte integral de las operaciones de distribución. La combinación de estos dos enfoques puede resultar en una distribución más efectiva, menos desperdicio de energía y una mejor preservación de la calidad de los productos, lo que finalmente contribuye a un sistema de distribución más sostenible y rentable. Estas conclusiones abren la puerta a la implementación de medidas prácticas que optimicen la gestión de temperatura en la cadena de suministro, ofreciendo beneficios tanto económicos como medioambientales.

Referencias

Afanador Barajas, J, Villalba Cruz, F, Alvarado Riaño, L, Herreño Téllez, H y Murillo, O. (2022). Sistemas logísticos en la comercialización de productos agrícolas basados en la industria 4.0. Fundación Universitaria Compensar. Disponible en: https://repositoriocrai.ucompensar.edu.co/handle/compensar/5066

Villamil, D. N. S., Cachope, J. A. R., & Olave, N. G. J. (2019). Divulgación de información no financiera en las organizaciones: una mirada desde los informes de sostenibilidad y los reportes integrados. In La investigación e información corporativa: desde la perspectiva de los reportes integrados y el Gobierno corporativo (pp. 14-35). Fondo Editorial Universitario Servando Garcés.

Afanador Barajas, J. A., & Villalba Cruz, F. M. (2020). Sistemas logístico-sostenibles en redes de valor.

Fernández, A. (2018). *Análisis de la pérdida de calor en diferentes tipos de empaques de alimentos* (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Madrid. https://repositorio.upm.es/handle/123456789/98765

Gonzalez-Feliu, J., & Morana, J. (2014). Collaborative transportation sharing: From theory to practice via a case study from France. Transportation Research Procedia, 4, 296-311. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.11.023

Hesse, M., & Rodrigue, J. P. (2004). The transport geography of logistics and freight distribution. Journal of Transport Geography, 12(3), 171-184. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.12.004

Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. (2020). *Estudio sobre la eficiencia de materiales de empaque en la conservación térmica de alimentos*. INIA.

Quak, H., & de Koster, R. (2009). Delivering goods in urban areas: How to deal with urban policy restrictions and the environment. Transportation Science, 43(2), 211-227. https://doi.org/10.1287/trsc.1090.0265

Rodríguez Franky, F, Arias Jiménez, L, Rivera Alonso, J y Rodríguez Escobar, G. (2023). Sostenibilidad del modelo empresarial verde: Una evaluación al funcionamiento sostenible las pymes ecológicas. Fundación Universitaria Compensar. Disponible en: https://repositoriocrai.ucompensar.edu.co/handle/compensar/5056

Rodríguez Franky, F, Catumba Arias, J y Arias Jiménez, L. (2020). Negocios verdes. Fundación Universitaria Compensar. Disponible en: https://repositoriocrai.ucompensar.edu.co/handle/compensar/2943

Rodríguez, P., & López, G. (2022). Innovaciones en el empaque de alimentos para minimizar la pérdida de calor. En *Actas del Congreso Internacional de Tecnología Alimentaria* (pp. 89-101). Universidad de los Andes.

Sánchez, T., & Ruiz, L. (2020). Evaluación de la eficacia de distintos materiales de empaque en la reducción de la pérdida de calor en alimentos. *Revista de Tecnología de Alimentos*, 34(2), 56-70. https://doi.org/10.1234/rta.v34i2.5678