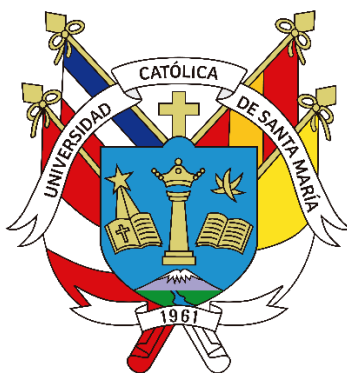


**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y**  
**Biotechnológicas**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Biotechnológica**



**Desarrollo de gel refrigerante a base de un polímero orgánico vegetal**  
**(Almidón de maíz) y poliacrilato de sodio optimizando sus**  
**concentraciones para su aplicación en la conservación y**  
**transporte de productos biológicos**

Tesis presentada por la Bachiller:

**Valdivia Chirinos, Marian Angélica**

**ORCID: 0009-0007-5731-5651**

para optar el Título Profesional de Ingeniero Biotecnólogo

Asesor:

**Dr. Molina Rodríguez, Fredy Nicolás**

**ORCID: 0000-0002-9596-2530**

Arequipa - Perú

2024

UCSM-ERP

# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA BIOTECNOLOGICA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 17 de Octubre del 2024

**Dictamen: 010583-C-EPIB-2024**

Visto el borrador del expediente 010583, presentado por:

**2018247512 - VALDIVIA CHIRINOS MARIAN ANGELICA**

Titulado:

**DESARROLLO DE GEL REFRIGERANTE A BASE DE UN POLÍMERO ORGÁNICO VEGETAL  
(ALMIDÓN DE MAÍZ) Y POLIACRILATO DE SODIO OPTIMIZANDO SUS CONCENTRACIONES  
PARA SU APLICACIÓN EN LA CONSERVACIÓN Y  
TRANSPORTE DE PRODUCTOS BIOLÓGICOS**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

**INGENIERO BIOTECNOLOGO**

**29389056 - PAZ ALIAGA CARLOS EITEL IVAN  
DICTAMINADOR**



**43668681 - PAREDES FUENTES JULITZA LINDSEY  
DICTAMINADOR**



**47604629 - TEJADA MEZA KEVIN  
DICTAMINADOR**



# Desarrollo de gel refrigerante a base de un polímero orgánico vegetal (Almidón de maíz) y poliacrilato de sodio optimizando sus concentraciones para su aplicación en la conservación y transporte de pr

## INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1 [hdl.handle.net](https://hdl.handle.net) Fuente de Internet 1%

2 Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante <1%

3 [repositorio.ug.edu.ec](https://repositorio.ug.edu.ec) Fuente de Internet <1%

4 [es.slideshare.net](https://es.slideshare.net) Fuente de Internet <1%

5 [issuu.com](https://issuu.com) Fuente de Internet <1%

6 [repositorio.unc.edu.pe](https://repositorio.unc.edu.pe) Fuente de Internet <1%

7 [www.researchgate.net](https://www.researchgate.net) Fuente de Internet <1%

[repositorio.unica.edu.pe](https://repositorio.unica.edu.pe)



*Dedicatoria*

A mis padres, por su apoyo incondicional durante toda mi formación académica y por siempre pensar en lo que es mejor para mí. Gracias por nunca haberme fallado.

A mis hermanas, Sofía y Yuyi, quienes son mis mejores amigas y puedo compartir cada logro en mi vida con ellas.

A Esteban, por ser mi apoyo y de quien siempre tengo algo nuevo que aprender.

### *Agradecimientos*

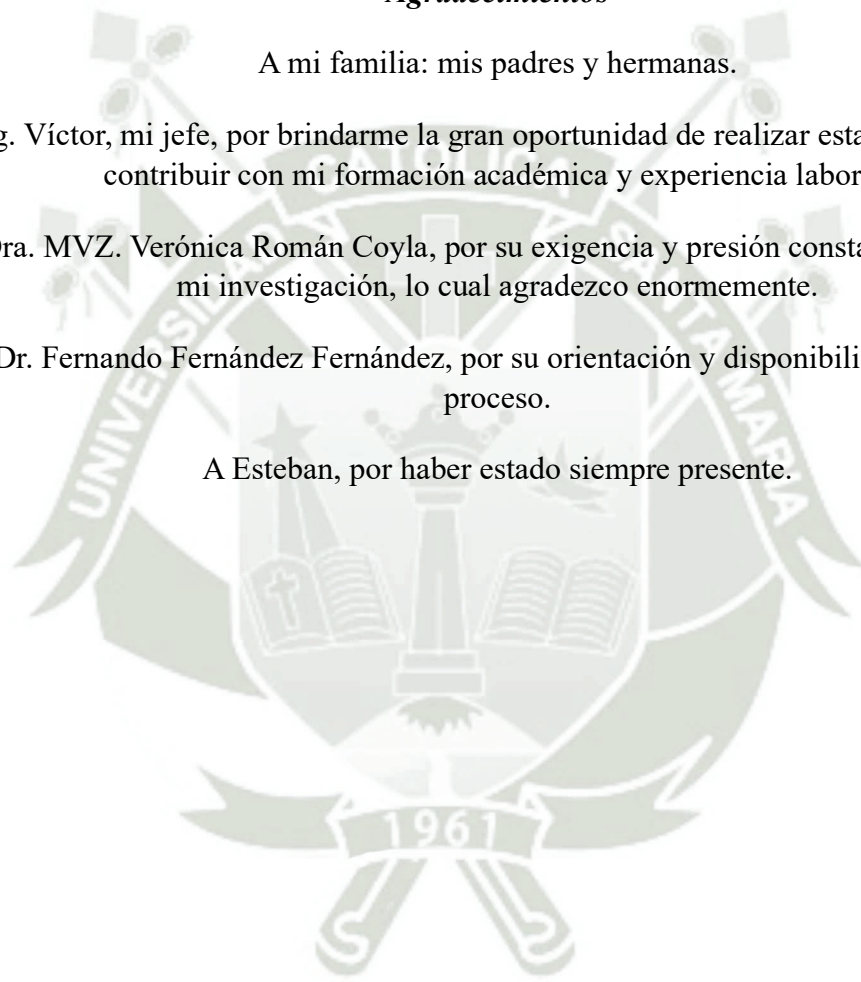
A mi familia: mis padres y hermanas.

Al Ing. Víctor, mi jefe, por brindarme la gran oportunidad de realizar esta investigación y contribuir con mi formación académica y experiencia laboral.

A la Dra. MVZ. Verónica Román Coyla, por su exigencia y presión constante durante toda mi investigación, lo cual agradezco enormemente.

Al Dr. Fernando Fernández Fernández, por su orientación y disponibilidad durante el proceso.

A Esteban, por haber estado siempre presente.



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación desarrolló un gel refrigerante efectivo, con propiedades potencialmente seguras y biodegradables, utilizando almidón de maíz y poliacrilato de sodio (PANa), optimizando sus concentraciones para su aplicación en la conservación y transporte de productos biológicos en cadenas de frío. El enfoque se centró en reducir el uso de componentes químicos convencionales, y minimizar especialmente el impacto ambiental y toxicológico del poliacrilato de sodio, proponiendo al almidón de maíz como una alternativa vegetal eficiente, siendo el principal componente en la formulación.

Se formularon nueve versiones de gel, empleando el poliacrilato de sodio en concentraciones mínimas y, añadiendo aditivos como sacarosa, ácido benzoico y agua desionizada. Como primer método se midió la viscosidad, en donde los resultados mostraron amplia variabilidad, con valores mínimos de 2240 cP y máximos de 17440 cP, lo que indica que las formulaciones presentaban diferencias importantes en cuanto a consistencia.

Por otro lado, como segundo y tercer método se realizaron pruebas de refrigeración, en donde los resultados variaron significativamente entre los distintos geles. La formulación n.º7 destacó al mantener una temperatura en el rango 0 °C a 8 °C durante 27.478 horas, mientras que otras, como la formulación n.º9, lograron solamente 7.5 horas. Además, el cálculo de la variación de temperatura también fue un factor clave, en donde la formulación n.º7 presentó la menor variación de temperatura, con un incremento del 75 %, en comparación con las demás formulaciones que presentaron aumentos de hasta 120 % durante la etapa inicial de descongelación a partir de los 2 °C.

Finalmente, se realizó una prueba piloto en la ruta Arequipa–Juliaca con una duración de 8 horas, donde se comparó el rendimiento del gel seleccionado n.º7, con un gel comercial. Ambos lograron mantener una temperatura promedio de 1 °C durante el trayecto, pero nuestro gel formulado mostró un menor incremento de temperatura, con un aumento de solo 0.1 °C por hora, en comparación con el 0.15 °C del gel comercial.

Los resultados sugieren que la nueva formulación de gel a base de almidón de maíz es una alternativa prometedora para sustituir o reducir el uso de poliacrilato de sodio en los geles refrigerantes convencionales del mercado.

**Palabras clave:** Almidón de maíz, Gel Refrigerante, Poliacrilato de sodio.

## ABSTRACT

This research work developed an efficient cooling gel with potentially safe and biodegradable properties, using corn starch and sodium polyacrylate (PANa), optimizing its concentrations for use in the preservation and transport of biological products in cold chains. The focus was on reducing the use of conventional chemical components and especially minimizing the environmental and toxicological impact of sodium polyacrylate, proposing corn starch as an efficient vegetable alternative, being the main component in the formula.

Nine versions of the cooling gel were formulated, using sodium polyacrylate in minimal concentrations, and adding additives such as sucrose, benzoic acid and deionized water. In the first method, viscosity was evaluated, where the results showed a wide variability, with minimum values of 2240 cP and maximum values of 17440 cP, indicating that the formulations presented important differences in consistency.

Additionally, in the second and third methods, cooling tests were carried out, where the results varied significantly between the different gels. Formulation No. 7 excelled in maintaining a temperature in the range of 0 °C to 8 °C for 27.47 hours, while others, such as formulation No. 9, achieved only 7.5 hours. Furthermore, the calculation of the temperature variation was also a key factor, where formulation no. 7 presented the smallest temperature increase, with a rise of 75 %, compared to other formulations that showed increases of up to 120 % during the initial thawing stage from 2 °C.

Finally, a pilot test was conducted on the Arequipa–Juliaca route, lasting 8 hours, comparing the performance of the selected gel No. 7 with a commercial gel. Both managed to maintain an average temperature of 1 °C during the trip, but our formulated gel showed a lower temperature increase, with an increase of only 0.1 °C per hour, compared to 0.15 °C for the commercial gel.

The results suggest that the new cornstarch-based gel formulation is a promising alternative to replace or reduce the use of sodium polyacrylate in conventional refrigerant gels on the market.

**Key Word:** Corn starch, Cooling gel, Sodium Polyacrylate.

## ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.3.1. Tecnológica.....	4
1.3.2. Ambiental.....	4
1.3.3. Económica.....	5
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Hipótesis.....	5
1.6. Variables e indicadores.....	6
CAPÍTULO II.....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes.....	7
2.1.1. Nivel Internacional.....	7
2.1.2. Nivel Nacional.....	9
2.1.3. Nivel Regional.....	10
2.2. Marco teórico.....	12
2.2.1. Refrigeración y productos biológicos.....	12
2.2.2. Cadena de frío.....	12
2.2.2.1. Componentes en un embalaje pasivo.....	13
2.2.3. Geles Refrigerantes.....	15
2.2.3.1. Mecanismo de acción.....	16
2.2.3.2. Composición.....	17
2.2.3.2. Seguridad y Desecho.....	20
2.2.4. Polímeros naturales.....	21

2.2.4.1. El maíz y su almidón .....	21
2.3. Definición de términos básicos .....	26
CAPÍTULO III .....	28
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1. Lugar de ejecución.....	28
3.2. Materiales.....	28
3.2.1. Material biológico.....	28
3.2.2. Reactivos químicos.....	28
3.2.3. Materiales de laboratorio .....	28
3.2.4. Aparatos y equipos .....	28
3.2.5. Software.....	29
3.2.6. Otros .....	29
3.3. Métodos.....	29
3.3.1. Elaboración de muestras de gel a distintas concentraciones y evaluación de su viscosidad .....	29
3.3.2. Evaluación del tiempo de refrigeración de los geles en rango de 0 °C a 8 °C .....	34
3.3.3. Cálculo del porcentaje de variación de temperatura de los geles empleando una temperatura inicial de 2 °C.....	37
3.3.4. Desarrollo de prueba piloto de transporte con la formulación seleccionada y un gel tradicional del mercado .....	40
CAPÍTULO IV .....	45
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	45
4.1. Evaluación de Viscosidad:.....	45
4.2. Evaluación del tiempo de refrigeración de los geles en rango de 0 °C a 8 °C .....	48
4.3. Porcentaje de variación de temperatura empleando una temperatura inicial de 2 °C .....	54
4.4. Desarrollo de Prueba Piloto de Transporte: .....	57
5. LIMITACIONES EN EL ESTUDIO .....	60
5.1 Falta de réplicas y Análisis estadístico .....	60
CONCLUSIONES.....	62
RECOMENDACIONES .....	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64
ANEXOS.....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Embalaje pasivo para transporte de productos empleando geles refrigerantes. ...	14
Figura 2. Formación de hidrogel a partir de la hidratación del polvo de PANa. ....	18
Figura 3. Unión de moléculas de agua a la cadena de PANa.....	19
Figura 4. Medicamento contaminado por vertimiento y fisura de gel refrigerante. ....	20
Figura 5. Estructura de a) Amilosa b) Amilopectina. ....	22
Figura 6. Representación esquemática de cambios de almidón durante calentamiento en exceso de agua. ....	24
Figura 7. Preparación de formulaciones a) Pesado de componentes b) Medición de conductividad del agua desionizada. ....	30
Figura 8. Gelatinización de las mezclas a) Mezcla hirviendo a 90 °C en agitación constante b) Formación final de gel tras 20 minutos.....	31
Figura 9. Envasado final de los 27 geles refrigerantes. ....	32
Figura 10. Congelado de geles a -18 °C. ....	32
Figura 11. Formulaciones elaboradas para la medición de viscosidad.....	33
Figura 12. Calentado de formulaciones en baño maría. ....	33
Figura 13. Medición de viscosidad en viscosímetro Brookfield DV-III. ....	34
Figura 14. Dimensiones del contenedor aislante de Tecnopor. ....	35
Figura 15. Rotulado de contenedores con datalogger insertado.....	35
Figura 16. Disposición de 3 unidades de geles de 500 g en contenedor.....	36
Figura 17. Dispositivos dataloggers desechables modelo U-2.....	37
Figura 18. Dispositivos datalogger modelo reutilizable y programable CryoPack iMini. ..	38
Figura 19. Programación de un datalogger CryoPack iMini en software Console Plus. ....	38
Figura 20. Disposición de 3 unidades de geles dentro de contenedor con datalogger insertado.....	39
Figura 21. Contenedores en ambiente libre de cambios bruscos de temperatura.....	40
Figura 22. Formulación seleccionada elaborada a gran escala.....	41
Figura 23. Acondicionamiento de vacunas veterinarias. ....	42
Figura 24. Ruta terrestre de envío Arequipa - Juliaca. ....	42
Figura 25. Embalaje interno con producto biológico y gel packs del mercado.....	43
Figura 26. Embalaje interno con producto biológico y geles de formulación n°7. ....	43
Figura 27. Embalaje externo para envío terrestre en cadena de frío. ....	44
Figura 28. Comparación de viscosidades de formulaciones de gel elaboradas. ....	47

Figura 29. Tiempo de refrigeración total por contenedor en el rango de 0 °C a 8 °C. ....	51
Figura 30. Variación de temperatura en las formulaciones durante la etapa inicial de descongelamiento. ....	56
Figura 31. Comparación de eficiencia en refrigeración entre gel formulado y gel comercial durante envío piloto de 8 horas. ....	58
Figura 32. Datalogger N°1 .....	79
Figura 33. Datalogger N°2 .....	80
Figura 34. Datalogger N°3 .....	81
Figura 35. Datalogger N°4 .....	82
Figura 36. Datalogger N°5 .....	83
Figura 37. Datalogger N°6 .....	84
Figura 38. Datalogger N°7 .....	85
Figura 39. Datalogger N°8 .....	86
Figura 40. Datalogger N°9 .....	87
Figura 41. Datalogger N°1 .....	88
Figura 42. Datalogger N°2 .....	89
Figura 43. Datalogger N°3 .....	90
Figura 44. Datalogger N°4 .....	91
Figura 45. Datalogger N°5 .....	92
Figura 46. Datalogger N°6 .....	93
Figura 47. Datalogger N°7 .....	94
Figura 48. Datalogger N°8 .....	95
Figura 49. Datalogger N°9 .....	96
Figura 50. Datalogger N°1 .....	97
Figura 51. Datalogger N°2 .....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes de geles refrigerantes del mercado según Fichas de Seguridad.....	2
Tabla 2. Evaluación de fisuras en empaques Gel Packs. ....	3
Tabla 3. Variables independientes y dependientes.....	6
Tabla 4. Clasificación de rangos de temperatura en cadenas de frío. ....	13
Tabla 5. Comparación de características de refrigerantes empleados en embalaje para cadenas de frío. ....	15
Tabla 6. Composición química de distintos cereales expresada en %. ....	21
Tabla 7. Componentes y cantidades para el desarrollo de formulaciones de geles refrigerantes. ....	30
Tabla 8. Colorante empleado según el número de formulación. ....	31
Tabla 9. Viscosidad de formulaciones en cetipoise (cP).....	45
Tabla 10. Estadísticos descriptivos de la viscosidad en las formulaciones de geles. ....	46
Tabla 11. Tiempo total de refrigeración de formulaciones en el rango 0 °C a 8 °C en horas decimales.....	49
Tabla 12. Estadísticos descriptivos del tiempo total de refrigeración y la temperatura inicial de las formulaciones en el rango de 0 °C a 8 °C. ....	50
Tabla 13. Porcentajes de variación de temperatura de las formulaciones. ....	54
Tabla 14. Estadísticos descriptivos de la temperatura inicial y temperatura final.....	54
Tabla 15. Estadísticos descriptivos para el % de variación de temperatura. ....	55
Tabla 16. Comparación entre datos obtenidos entre gel formulado y gel comercial durante envío piloto.....	58

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Reporte Interno de Incidencias de Derrames de Empresa Arequipeña en el Transporte de Productos Biológicos.....	77
Anexo 2. Datos de Temperatura Datalogger Modelo U-2 - Evaluación del tiempo de refrigeración.....	79
Anexo 3. Registro de temperatura Datalogger Modelo CryoPack iMini –Cálculo porcentaje variación de temperatura.....	88
Anexo 4. Registro de temperatura Datalogger Modelo CryoPack iMini – Desarrollo prueba piloto de transporte.....	97



## INTRODUCCIÓN

Actualmente, los geles refrigerantes, también denominados “gel packs”, son utilizados ampliamente por industrias farmacéuticas y alimentarias para el manejo de cadenas de frío en el transporte de productos refrigerados que requieren bajas temperaturas para su conservación y posterior uso, entre los que se incluyen medicamentos, vacunas veterinarias, muestras biológicas, alimentos, entre otros (1). Aunque son considerados refrigerantes ideales, gracias a su fácil manejo y eficiencia, las empresas del rubro reportan continuamente derrames durante el transporte de sus productos al emplear estos paquetes (2, Anexo 1), lo que representa un riesgo para la salud humana, la seguridad alimentaria y el medio ambiente, debido principalmente a su composición y formulación, ya que en su mayoría están elaborados a base de componentes potencialmente tóxicos e incapaces de degradarse por sí solos, destacando entre ellos el polímero sintético superabsorbente poliacrilato de sodio (3,4).

Hoy en día, el mercado mundial de los gel packs se encuentra en constante crecimiento, y se espera que esta tendencia continúe hasta 2030, impulsada por la creciente demanda de alternativas no tóxicas y biodegradables por parte de consumidores y empresas fabricantes, con el fin de eliminar o reducir la contaminación y el daño ambiental generado por los gel packs comerciales (5).

Una gran alternativa en la fabricación de estos refrigerantes son los polímeros vegetales, como el almidón de maíz, que además de ser biodegradable y de grado alimenticio, posee propiedades absorbentes gelificantes (6) que podrían servir como reemplazo a los geles tradicionales del mercado, contribuyendo así a la reducción del uso de los compuestos empleados comúnmente en su elaboración. Además, combinarlos con polímeros sintéticos podría mejorar la biodegradabilidad general del producto y disminuir su toxicidad (7).

El objetivo del presente trabajo de investigación es desarrollar un gel refrigerante efectivo y potencialmente seguro, elaborado a base de fécula de maíz (polímero vegetal) y poliacrilato de sodio (polímero sintético), optimizando sus concentraciones para reducir el riesgo por contaminación en su aplicación al transporte y conservación de productos biológicos. Se espera que la nueva formulación brinde la misma eficacia que un gel refrigerante tradicional.

## CAPÍTULO I

## 1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

## 1.1. Planteamiento del problema

Los gel packs, empleados para el transporte de productos termolábiles, están compuestos de manera general por agua y un agente espesante (principio activo) (Tabla 1).

Entre los espesantes, destacan los polímeros superabsorbentes químicos (SAP) como el poliacrilato de sodio (PANa) y compuestos como el propilenglicol, siendo este último empleado también para disminuir temperaturas (3). A pesar de considerarse componentes aparentemente ideales, no garantizan seguridad humana ni protección ambiental, características que deberían tenerse en cuenta en la elaboración de un paquete refrigerante. Por un lado, la mayoría de fichas técnicas y SDS de los geles incluyen información importante para el usuario en cuanto a medidas de prevención y efectos por exposición (8,9,10,11).

**Tabla 1.**

*Componentes de geles refrigerantes del mercado según Fichas de Seguridad.*

Refrigerante	Principio Activo	Diluyente	Referencia
Gel pack 1	Poliacrilato de sodio	Agua	(8)
Gel pack 2	Propilenglicol	Agua	(9)
Gel pack 3	Poliacrilato de sodio	Agua desmineralizada	(10)
Gel pack 4	Poliacrilato de sodio	Agua	(11)

Según el Centro de Control de Envenenamiento (3), el propilenglicol en contacto frecuente y grandes ingestiones ocasiona irritaciones y síntomas similares a intoxicaciones por alcohol e incluso en ciertas personas provoca depresión del Sistema Nervioso Central (12), mientras que el PANa, el SAP más común del mercado, puede ocasionar irritaciones en piel y ojos en contacto repetido, además de ser perjudicial para las membranas nasales al inhalarlo en forma de polvo (3,13). Existen diversos casos relacionados a la ingestión de estos polímeros, causantes de obstrucciones intestinales, asfixias y dolores abdominales, especialmente en niños, como fue el caso de un menor que ingirió el interior de un gel refrigerante derramado en su lonchera y requirió atención médica inmediata (3,14).

Por otro lado, al terminar su vida útil, los polímeros químicos, son considerados como residuos peligrosos. El poliacrilato de sodio no es biodegradable, sostenible ni renovable, se

degrada en suelos a tasas de 0,12 % a 0,24 % cada 6 meses (15,16) y miles de productos fabricados en base a este compuesto se encuentran en vertederos cada año, planteando así desafíos significativos para su correcta eliminación (4,15).

Hasta el día de hoy, empresas del rubro que emplean estos geles en cadenas de frío han reportado derrames frecuentes, generados en su mayoría por fisuras en los empaques a causa de fricciones o impactos entre ellos durante los trayectos. En el 2021 la empresa Audifarma SA ubicada en Colombia, dedicada al rubro de farmacia, indicó que 10 de cada 42 geles reutilizables presentaban una fisura en su 3er uso durante el transporte de productos farmacéuticos (2) (Tabla 2). Asimismo, en el 2023, una empresa en Arequipa dedicada al rubro veterinario reportó mediante un informe interno que 1 de cada 50 envíos de productos biológicos llegaban derramados a su destino final, contaminando las vacunas veterinarias y muestras transportadas (Anexo 1).

**Tabla 2.**

*Evaluación de fisuras en empaques Gel Packs.*

<b>Daños por Fisura</b>	<b>Nº de Geles</b>
Fisura Grave	1
Gel con fisura leve	9
Gel que no tiene fisuras	32

*Nota:* Tomado de Bernal (2)

Al existir fisuras en los empaques la cadena de frío se rompe y posteriormente se genera un derrame, pudiendo contaminar muchas veces los biológicos transportados, en especial alimentos, ya que estos representan al principal producto transportado en cadena de frío a nivel mundial (17), y exponiendo de la misma forma al usuario a sus componentes químicos. Por lo que se ve en la necesidad de optar y desarrollar alternativas más seguras para los usuarios y amigables con el medio ambiente.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Es posible obtener un gel refrigerante hecho principalmente a base de almidón de maíz, polímero vegetal, que cumpla la función de refrigeración y garantice mayor seguridad alimentaria, salud humana y cuidado ambiental?

## **1.3. Justificación**

### 1.3.1. Tecnológica

La innovación radica en el uso predominante de almidón de maíz, un polímero vegetal, como componente principal en la formulación del gel refrigerante, reemplazando así en gran medida a los polímeros superabsorbentes químicos y reduciendo su uso a mínimas cantidades. Al optimizar las concentraciones de almidón y poliacrilato de sodio, se busca desarrollar un gel que mantenga una alta eficacia en refrigeración y mejore tanto su seguridad como biodegradabilidad, contribuyendo de esta manera al ODS 3 (Salud y Bienestar) y ODS 12 (Producción y Consumo Responsables), al promover un producto alternativo más seguro para los usuarios en casos de derrame, además de ser sostenible, ya que reduce los riesgos potenciales relacionados con componentes químicos peligrosos y contaminantes que pueden tener efectos adversos sobre la salud y el medio ambiente.

Además, en combinación con aditivos como azúcar (sacarosa) y agua desionizada, le aportaría al gel propiedades necesarias como estabilidad, potenciamiento de hinchazón, reacciones en medio de mayor pureza y reducción del punto de congelación, para realizar así una refrigeración eficaz (18,19). Esta formulación posibilita el reemplazo y disminución de geles del mercado nacional e internacional que suelen presentar rupturas durante el transporte, exponiendo su contenido a los usuarios y generando contaminación ambiental (20,4).

### 1.3.2. Ambiental

El desarrollo de un gel refrigerante con mayor biodegradabilidad tiene un impacto ambiental positivo al reducir la cantidad de residuos peligrosos generados que no cuentan con una normativa adecuada para su desecho (4). Al emplear mínimas cantidades de poliacrilato de sodio, su presencia es significativamente menor que en los geles tradicionales (8,10,11), lo que podría disminuir la acumulación de materiales no biodegradables en vertederos y mitigando su impacto negativo en el suelo y cuerpos de agua (16,21). Contribuyendo de igual manera con el ODS 12 (Producción y consumo responsable) promoviendo el uso de componentes naturales que brinden un manejo más sostenible frente a la acumulación de residuos.

Asimismo, gracias a la elaboración de un paquete reutilizable, se disminuirá la cantidad y desechos generados en comparación a otros paquetes refrigerantes del mercado de un solo uso y desechables, conocidos como los ICP – Instant Ice Packs. Se espera que tenga un tiempo de vida aproximadamente de 12 meses, gracias al conservante ácido benzoico (22), el cual será añadido al 0.1% de acuerdo con la normativa permitida según la

Food and Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos (23), pudiendo el gel congelarse nuevamente al terminar su uso y emplearse las veces que se desee.

### 1.3.3. Económica

Un gel refrigerante reutilizable apoya de manera económica a las empresas y usuarios que los emplean constantemente ya que les brinda la oportunidad de reutilizarlos hasta agotar su vida útil mediante sistemas de control y programas de devolución que las empresas implementan para reducir gastos en fabricación (2), lo que contribuye al ODS 9 (Industria, innovación e infraestructuras) al impulsar iniciativas sostenibles en las empresas fabricantes y distribuidoras del rubro de los gel packs. Además, el uso de materiales naturales como el almidón de maíz fomenta una imagen positiva frente a los consumidores, quienes cada vez más valoran la sostenibilidad y la seguridad de los productos que adquieren. Por otro lado, el gel refrigerante ofrece una alternativa económica frente a los sistemas tradicionales de refrigeración en cadenas de frío, en donde comúnmente los equipos empleados son costosos e inaccesibles, especialmente en países de bajos recursos (24).

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo general

Desarrollar un gel refrigerante efectivo y potencialmente seguro, elaborado a base de fécula de maíz y poliacrilato de sodio, optimizando sus concentraciones para reducir el riesgo por contaminación en su aplicación al transporte y conservación de productos biológicos.

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Elaborar muestras de gel a distintas concentraciones y evaluar su viscosidad.
- Evaluar el tiempo de refrigeración de los geles en el rango de 0 °C a 8 °C.
- Calcular el porcentaje de variación de temperatura de los geles empleando una temperatura inicial de 2 °C.
- Realizar una prueba piloto de transporte con la formulación seleccionada y un gel tradicional del mercado.

## 1.5. Hipótesis

Dado que los geles refrigerantes tradicionales presentan limitaciones en cuanto a seguridad y sostenibilidad, se ha planteado la necesidad de desarrollar una alternativa que conserve la misma eficacia en refrigeración con la inclusión de componentes vegetales como

el almidón de maíz. Con la nueva formulación del gel refrigerante se cumplirían las condiciones necesarias para reemplazar a los geles tradicionales, ofreciendo una alternativa más segura e igual de eficaz en el transporte y conservación de productos biológicos refrigerados, evaluando su viscosidad, tiempo de refrigeración y porcentaje de variación de temperatura.

### 1.6. Variables e indicadores

**Tabla 3.**

*Variables independientes y dependientes.*

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidades
<b>Independiente</b>	Formulación	Concentración de almidón de maíz	Componente principal en la fórmula del gel g/L
		Concentración de poliacrilato de sodio	Componente secundario en la fórmula del gel g/L
		Viscosidad	Medición por método instrumental (Viscosímetro Brookfield DV III) cP
<b>Dependiente</b>	Condiciones óptimas de reemplazo	Tiempo de refrigeración	Medición por método instrumental (Dispositivo Datalogger) h
		Porcentaje de variación de la temperatura	Medición por método instrumental (Dispositivo Datalogger) %

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Nivel Internacional

- En el artículo titulado “Paquete de gel inventado a partir de almidón de yuca para compresas frías y calientes” publicado en el 2021 y realizado en la Universidad Nacional de Deportes en Tailandia, Suktanarak P. realiza su investigación con el objetivo de elaborar paquetes de gel empleando compuestos naturales como el almidón de yuca, polímero vegetal, junto con aditivos como el bórax y glicerina para que brindarle flexibilidad en su aplicación en tratamientos médicos. Se preparan muestras a distintas concentraciones y se evalúa su eficacia en temperaturas frías y calientes comparándose con compresas del mercado. Concluye que como compresa caliente se mantiene el tiempo requerido (20 min), mientras que bajo congelación por 4 horas presentó un tiempo de refrigeración mayor que el gel del mercado manteniendo temperaturas menores a 15 °C por más de 15 min (25).
- En el artículo titulado “Unraveling the impact of viscosity and starch type on the *in vitro* starch digestibility of different gels” publicado en el 2022 y realizado en el Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos en España, Santamaría M. et al. realizan una investigación con el objetivo de evaluar el proceso de gelatinización en almidones y la influencia de la viscosidad en la hidrólisis de los geles formados dependiendo del tipo de fuente botánica. Realizaron preparaciones de geles de almidón de maíz, trigo y arroz empleando cantidades fijas (250 g/L) y cantidades variables (1:4, 1:5.5, 1:5.2) en donde se analizó los geles resultantes mediante instrumentos como el viscosímetro y reómetro. Obteniendo como resultado que el gel de almidón de maíz empleando la cantidad fija presentó la más alta viscosidad a 37 °C con un valor de 1170 mPa.s (26).
- En el artículo titulado “Semi-Natural Superabsorbents Based on Starch-g-poly (acrylic acid): Modification, Synthesis and Application” publicado en el 2020 y realizado en la Universidad Copérnico de Torun en Polonia, Czarnecka E. et al. realizan una investigación elaborando un nuevo polímero superabsorbente (SAP) basado en el almidón de maíz, polímero natural, como alternativa a los polímeros sintéticos del mercado derivados comúnmente del ácido acrílico, con el objetivo de

obtener un SAP de mayor biodegradabilidad e igual eficiencia en hinchazón para la formación de un hidrogel absorbente, frente a la problemática de acumulación y daños ambientales. Realizaron modificaciones químicas del almidón injertando ácido acrílico en su estructura mediante procesos de polimerización por injerto. Los polímeros obtenidos se evaluaron por análisis termogravimétrico y SEM indicando un cambio de estructura a partículas de mayor diámetro y mayor resistencia térmica a altas temperaturas, además se evaluó su capacidad de hinchamiento en soluciones salinas (NaCl) y agua destilada, mostrando mejor eficiencia en esta última. Concluyen que los hidrogeles en base a almidón y ácido acrílico (AA) son una gran alternativa a los polímeros superabsorbentes comunes, gracias a su alta absorción, baja toxicidad y propiedades biodegradables (27).

- En el artículo titulado “Development of Novel Cornstarch Hydrogel-Based Food Coolant and its Characterization” publicado en el 2024 y realizado en la Universidad Tecnológica de Nanjing en China, Zheng Y. et al. realizan una investigación elaborando un novedoso hidrogel refrigerante a base de almidón de maíz con el objetivo de reducir la dependencia a otros refrigerantes en el mercado empleados para el transporte y almacenamiento de productos, como lo es el hielo natural. El hidrogel se diseñó sin empaque plástico y con la capacidad de ser lavado y reutilizado. Se realizaron distintos preparados de hidrogeles de almidón de maíz (6, 8 y 10 % p/v), concluyendo que la concentración de 8 % era la más estable tras pruebas de ciclos de congelación y descongelación, retención de agua y eficiencia de enfriamiento. Los trozos pequeños de hidrogel almacenados a -20 °C mostraron una eficiencia óptima, alcanzando temperaturas inferiores a 10 °C durante 60 minutos. posicionándose como una alternativa prometedora en el mercado por su baja toxicidad, cuidado ambiental y reutilización (28).
- En el artículo titulado “Influence of natural factors on the biodegradation of simple and composite bioplastics based on cassava starch and corn starch” publicado en el 2020 y realizado en la Universidad de Formación e Investigación en Ciencias Biológicas en Costa de Marfil, Zoungran Y. et al. realizan una investigación elaborando se elaboraron dos tipos de bioplásticos: uno simple a base de almidón de maíz y otro compuesto que incluye almidón de yuca y el aditivo natural Cola cordifolia. El objetivo del estudio fue evaluar la biodegradabilidad de ambos bioplásticos en suelos con características de retención de agua del 28.97 %, humedad relativa del 4.66 % y pH de 5.4, con el objetivo de reducir el uso e impacto de los

plásticos petroquímicos. Los resultados mostraron que los bioplásticos de yuca, al incorporar el compuesto natural, lograron un 78.85 % de biodegradabilidad en suelos enriquecidos al 10 % con el compuesto natural, destacando la mejora significativa en comparación con el 55.32 % alcanzado por los bioplásticos de maíz, que no recibieron adiciones. Esto sugiere que el uso de aditivos naturales puede potenciar la sostenibilidad de los bioplásticos (29).

### 2.1.2. Nivel Nacional

- En el trabajo de tesis titulado “Validación del sistema de cadena de frío en el transporte terrestre de mezclas para nutrición parenteral total de Lima a Trujillo” publicado en el año 2019 por Canales E. en la ciudad de Ica, Perú; Se realizó un control y registro de temperatura durante el envío de un preparado alimenticio empleando sensores digitales dataloggers, cajas aislantes y geles refrigerantes con el objetivo de validar un sistema que asegure una cadena de frío durante el trayecto Lima - Trujillo. Se realizaron pruebas de 6 envíos con cargas mínimas y máximas. Como resultado, las temperaturas durante todo el trayecto terrestre (12 horas) se mantuvieron dentro del rango establecido ( $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Concluyéndose que la implementación de todo el sistema junto a la configuración de embalaje logró brindar y establecer la cadena de frío (30).
- En el trabajo de tesis titulado “Calificación de la cadena de frío durante el proceso de embalaje, transporte y distribución a una distribuidora farmacéutica” publicado en el año 2019 por Marcos J. en la ciudad de Trujillo, Perú; Se determina un proceso de embalaje, transporte y distribución de productos termolábiles con el objetivo de establecer y calificar una cadena de frío en una empresa farmacéutica. Se evalúan distintas clases de embalaje, se generan rutas de envío partiendo desde Trujillo y dispositivos dataloggers para su control y variación en el número de geles empleados. Finalmente se concluye que cada parte del proceso hizo posible el cumplimiento de la cadena de frío por periodos menores a 20 horas en el rango de  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  y la existencia de una relación directamente proporcional entre el número de geles y la duración del tiempo de refrigeración (31).
- En el artículo titulado “Degradation of Hidrogels Base on Potassium and Sodium Polyacrylate by Ionic Interaction and Its Influence on Water” publicado en el año 2022 y realizado en la Universidad Nacional de San Marcos en Lima, Pinzon-Moreno et al. realizan una investigación con el objetivo de evaluar la degradación de

polímeros formadores de hidrogeles, como el poliacrilato de sodio, así como su comportamiento de hinchamiento en diversas soluciones y aguas comerciales. Se analiza el impacto del contenido iónico de las aguas en la capacidad de hinchamiento, destacando que el mayor rendimiento se obtiene al emplear agua destilada. Además, se observa un aumento en la turbidez de las aguas tras el uso de los hidrogeles, lo que indica la liberación de sustratos y revela el riesgo de contaminación en entornos acuáticos. Concluyen que la presencia de iones como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Na}^+$  puede interferir en la capacidad de retención y la vida útil de estos polímeros. Debido al riesgo potencial de contaminación que generan los hidrogeles en el agua, los autores invitan a innovar y estudiar alternativas de hidrogeles basadas en fuentes naturales y renovables, promoviendo el desarrollo de materiales de mayor biodegradabilidad (32).

- En el artículo titulado “Cold chain of the Peruvian National Immunization Program in the context of COVID-19 pandemic” publicado en el año 2024 y realizado en la Universidad Continental en Lima, Gutiérrez-Aguado A. et al. realizan una investigación con el objetivo de identificar los aspectos críticos en manejo de cadenas de frío en el Perú. Se analizan datos de entidades como MEF y MINSA, encontrando que a nivel nacional el 61.8 % de equipos refrigerantes contaban con una antigüedad de más de 10 años, siendo la capital la más afectada. Por otro lado, el 9 % de centros de salud no contaban con los equipos adecuados para cadena de frío, lo que supone un alto riesgo en el manejo de vacunas para emergencias sanitarias, como lo fue con el COVID-19. Concluyen que la cadena de frío al ser un sistema de vital importancia debe implementarse mejoras en los sistemas de refrigeración asegurando la llegada de los productos incluso a zonas remotas (33).

### 2.1.3. Nivel Regional

- En el trabajo de investigación titulado “Propuesta de elaboración de bioplásticos a base de almidón de yuca para vasos descartables”, publicado en el año 2020 por Paredes R. en la ciudad de Arequipa, Perú, se realiza una propuesta para el empleo de materiales vegetales en la elaboración de bioplásticos, con el objetivo de utilizar almidón de yuca como base para fabricar vasos descartables. La metodología incluye la obtención de almidón y la incorporación de agua destilada y glicerina como aditivos. Se evalúa el producto obtenido mediante moldes en pruebas con fluidos y de biodegradabilidad frente a agua dulce, salada, desechos sanitarios y luz solar

obteniendo unos resultados favorables en todos los casos. Se concluye que el almidón sería empleado como sustituto a los polímeros derivados del petróleo debido principalmente a su nula toxicidad y alta biodegradabilidad (34).



## 2.2. Marco teórico

### 2.2.1. Refrigeración y productos biológicos

Los productos biológicos al ser procedentes de organismos vivos tienden a sufrir procesos de deterioro y degradación en espacios que no les proporcionen los requerimientos que necesitan, debido a sus componentes y complejas estructuras químicas, como resultado su tiempo de vida se reduce o se inactiva su función. Escalona y Guo (35,36), afirman que, al someterlos a bajas temperaturas dichos requerimientos se reducen, ya que se ralentiza y desacelera procesos metabólicos dentro de sus células, extendiendo así su vida útil y periodo de almacenamiento. Por ejemplo, si una célula logra mantenerse funcional a temperatura ambiente durante 1 hora, al someterla a temperaturas frías su viabilidad puede extenderse hasta 3 horas.

Además, microorganismos como bacterias y levaduras ralentizan su proliferación en ambientes fríos ya que se ve afectada la actividad de sus enzimas, de esta manera se evitan posibles contaminaciones que podrían generar sobre los productos biológicos (37,38).

A este proceso se le denomina refrigeración y se define como la disminución de temperatura de un área específica por debajo de la temperatura ambiente, incluyendo cualquier espacio cerrado que se mantenga a una temperatura inferior que el entorno circundante (39). Uno de sus propósitos es la preservación de productos biológicos, denominados también termolábiles, como lo son medicamentos, vacunas veterinarias, muestras biológicas, alimentos, entre otros. Estos productos requieren rangos de temperatura específicos, constantes e ininterrumpibles, caso contrario, afectarían su uso posterior e incluso se convertirían en un riesgo para el destinatario final, entonces es cuando se vuelve imprescindible el manejo de cadenas de frío (40).

### 2.2.2. Cadena de frío

Encargada de preservar productos sensibles, controlando condiciones como la temperatura y humedad durante toda la cadena de suministro, desde la producción hasta la llegada final al destinatario, proporciona seguridad y protección del producto (41). Según Vértiz (42), la cadena de frío farmacéutica (Pharmaceutical Cold Chain – PCC), se aplica en un 100 % a las vacunas y en un 68 % a productos biotecnológicos que requieren almacenarse de 2 °C a 8 °C, de exponerse fuera de este rango podrán congelarse y destruirse sus estructuras moleculares o calentarse y acelerar su fecha de caducidad y formar compuestos tóxicos. Por otro lado, la cadena de frío de alimentos (Food Cold Chain – FCC) busca

garantizar seguridad alimentaria (43). Según la OMS (44), una adecuada cadena evitaría millones de enfermedades por contaminación. Su implementación nula o inadecuada se debe al alto costo y compleja logística que involucra, especialmente para países en desarrollo y de bajos recursos (24).

Dependiendo del producto, la cadena puede involucrar distintas etapas, como lo son: Producción, Almacenamiento y Transporte. En donde destaca esta última siendo la más compleja, decisiva y delicada ya que involucra que los productos dejen los almacenamientos para ser enviados. Durante el transporte debe existir un constante monitoreo y registro de temperatura para garantizar integridad del producto al usuario final quien recibirá toda la información recopilada.

Según Tazón F. (45), los rangos de temperatura que se emplean normalmente varían dependiendo de la normativa de cada país; sin embargo, la Farmacopea Europea nos brinda una clasificación general, como se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 4.**

*Clasificación de rangos de temperatura en cadenas de frío.*

Clase	Rango de temperatura
Congelado (Deep-freeze)	< -15 °C
Refrigerador (Refrigerator)	2 °C a 8 °C
Frío o fresco (Cold or cool)	8 °C a 15 °C
Temperatura ambiente (Room temperature)	15 °C a 25 °C

*Nota:* Tomado de Tazón F. (45)

Sabemos que el rango de 2 °C a 8 °C es el más común en fármacos, mientras que, en alimentos, estos deben mantenerse fuera de la “zona de peligro” que abarca las temperaturas de 5 °C hasta 65 °C dependiendo del tipo de alimento (46), que incluye pescados, lácteos, frutas y verduras.

#### **2.2.2.1. Componentes en un embalaje pasivo**

Durante el transporte de un producto, con el fin de protegerlo físicamente y de mantener una temperatura interna constante, se emplean embalajes pasivos, activos o híbridos, donde estos dos últimos requieren fuentes de energía y equipos complejos como refrigeradores portátiles, característicos por brindar un trabajo continuo y monitoreo de

temperatura constante. Por ende, también implican altos costos para su adquisición y posterior mantenimiento. Por otro lado, los embalajes pasivos, funcionan sin energía, emplean refrigerantes preacondicionados y PCM (Phase Change Material) como los gel packs y el hielo respectivamente. Según Romero (47), a pesar de ser menos precisos y requerir diversas precauciones en caso de retrasos o cambios de temperaturas externos, son económicos, simples y pueden llegar a zonas remotas. Los embalajes pasivos no están sujetos a regulaciones o estándares (48), cada usuario puede diseñar uno propio dependiendo de sus posibilidades y necesidades. Entre sus componentes incluyen:

**a) Contenedores aislantes:** Según la OMS (49), el tamaño del contenedor debe elegirse en función de la cantidad del producto a transportar, debe preservar la temperatura como mínimo 24 horas (para llegar óptimo al lugar destino) y debe ser liviano. Además, Escalona (35), refiere que, en su mayoría, se emplean cajas de poliestireno debido a su color blanco y capacidad aislante.

**b) Refrigerantes:** La mayoría requieren congelarse previamente antes de su uso para colocarse dentro de los contenedores. Se emplea hielo natural, hielo seco, paquetes de agua, PMC o geles refrigerantes.

**c) Capas aislantes:** Los refrigerantes no pueden estar en contacto directo con el producto, o este podría congelarse (50), para ello se emplea capas aislantes de materiales como papel marrón o plástico de burbujas.

**d) Dataloggers:** Dispositivos que monitorean la temperatura mediante sensores externos y memorias internas que almacenan los datos (51).

### Figura 1.

*Embalaje pasivo para transporte de productos empleando geles refrigerantes.*



*Nota:* Tomado de FedEx Express (52).

### 2.2.3. Geles Refrigerantes

Un gel se define como un sistema semisólido capaz de atrapar líquidos dentro de su red tridimensional de polímeros, son característicos por su alto espesor, en otras palabras, alta viscosidad. Tanto algunos polímeros vegetales como sintéticos son capaces de formar geles cuando se dispersan en agua ya sea por inducción química o física, empleando enzimas o calor respectivamente (53). Gracias a su estructura, al congelarse pueden mantener bajas temperaturas por tiempos prolongados, por ello es tan común su uso en el rubro del manejo de cadenas de frío.

Según Fortune Business Insights (17), los gel packs representan a los refrigerantes con mayor demanda en embalaje, siendo aplicados en un 57.8 % para envío de alimentos. Destacan frente a otros productos del mercado gracias a su conveniente manejo, tamaño compacto, bajo precio, reusabilidad y estabilidad térmica prolongada (Tabla 5). Mediante una investigación, Carbajal López (54), señaló que el calor latente de los gel packs mucho mayor (hasta mil veces) comparado al hielo, lo que haría que conserven temperaturas bajas más prolongadas.

**Tabla 5.**

*Comparación de características de refrigerantes empleados en embalaje para cadenas de frío.*

	<b>Gel packs</b>	<b>Paquetes de agua</b>	<b>Hielo natural</b>	<b>Hielo seco</b>
<b>Temperatura de fusión</b>	Varía según composición (entre -21 °C y 0 °C)	0 °C	0 °C	-78 °C
<b>Duración de refrigeración</b>	Larga (dependiendo del embalaje)	Moderada	Corta	Muy larga (días)
<b>Impacto de descongelación</b>	No moja productos	Humedece productos por condensación	Moja productos	No moja productos, sublima a gas

<b>Reusabilidad</b>	Si	Sí	No, desperdicio de agua	No
<b>Facilidad de uso</b>	Fácil	Fácil	Fácil	Difícil, requiere precauciones
<b>Seguridad alimentaria</b>	Varía según composición	Sí	Sí	Riesgoso
<b>Restricciones de uso</b>	No	No	No	Sí

*Nota:* Elaboración propia. Tomado de Pelton, TempAid, Stream Peak, Thermogard (55, 56, 57, 58).

### 2.2.3.1. Mecanismo de acción

Inicialmente el gel refrigerante debe someterse a congelación como mínimo 24 horas para poder utilizarse. Si este se dejara a temperatura ambiente, posterior a la congelación, le tomaría tan solo 3 horas para descongelarse completamente debido a la transferencia de energía que realizaría con el medio ambiente. A pesar de ser este un proceso termodinámico que no puede frenarse, existen materiales denominados aislantes térmicos, característicos por ralentizar este proceso, convirtiéndolo en algo más trabajoso y lento, capaz de alargar su tiempo de descongelación hasta 24 o 36 horas (57).

Barrera y Batista (59,60), nos indican que, al introducir los geles congelados en un contenedor aislante cerrado, se produce una interacción entre cuerpos a distintas temperaturas: los gel packs y el medio interno junto con el producto a transportar. Esta interacción se basa en la transferencia de energía térmica, donde el cuerpo con mayor temperatura cederá calor y el de menor temperatura absorberá ese calor cedido. Dentro del contenedor, esta transferencia de calor puede ocurrir por conducción y convección. La conducción ocurre mediante el contacto directo entre las paredes internas del contenedor y los gel packs. En este proceso, los geles absorberán calor de las paredes internas, enfriándolas a través de la interacción energética entre las moléculas de ambos cuerpos. La convección juega un papel crucial en la distribución del frío dentro del contenedor. A medida que los geles absorben el calor del aire interno, el aire más caliente se enfría al entrar en contacto con los gel packs. Este proceso de transferencia de calor asegura una distribución

uniforme de la temperatura dentro del contenedor, manteniendo el producto refrigerado a una temperatura constante. A medida que los geles absorben el calor, se descongelarán lentamente, prolongando el tiempo de enfriamiento (61).

### 2.2.3.2. *Composición*

Si bien es cierto, los fabricantes de estos productos no exponen las formulaciones de elaboración, según Montarotti (62), suelen estar compuestos por productos químicos. Aparte del diluyente, contienen polímeros que actúan como espesantes, y dependiendo del fabricante, aditivos como anticongelantes, gel de sílice y colorantes.

**a) Diluyente:** El agua constituye el principal componente de un gel pack debido a su amplia disponibilidad y alto calor latente de fusión (334 J/g), representa hasta el 98 % – 99 % en la formulación de un paquete (8). Además de servir como medio diluyente para el polímero y que este forme un gel, presenta algunas ventajas termodinámicas, durante el proceso de fusión el gel necesitará absorber grandes cantidades de energía térmica para cambiar de estado sólido (congelado) a líquido sin cambiar su temperatura, ya que la energía absorbida se destinará a romper enlaces, mas no a aumentar la temperatura (55), lo que prolongará su refrigeración. Según la empresa Pelton Shepherd (63), para poder elevar su temperatura deberá absorber de igual manera grandes cantidades de energía debido a su alta capacidad calorífica (4,18 J/°C.g), reflejándose en un descongelamiento gradual.

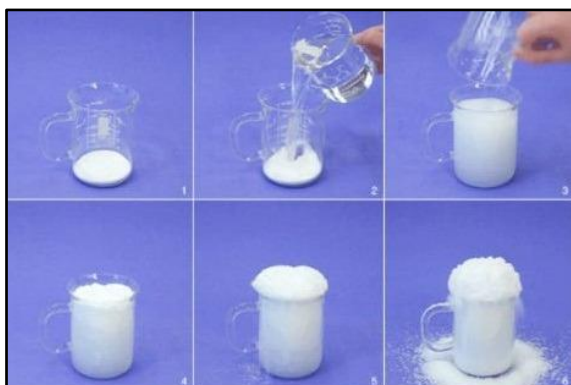
**b) Agente espesante:** Componente encargado de aportarle la propiedad de viscosidad y contribuir a la formación del gel. Si un gel pack tiene una viscosidad muy alta, se calentará más rápido y descongelará en menos tiempo, perdiendo su efecto refrigerante, pero si es muy baja existe un mayor riesgo de contaminación en derrame (64). Según Fleer (65), la viscosidad es una propiedad importante ya que asegura estabilidad térmica en el gel y determina por cuánto tiempo mantendrá su temperatura pues dependiendo de su espesor se define cómo el calor se mueve a través de él, siendo también los geles muy viscosos quienes realizan una transferencia de calor no tan eficiente comparados con los de baja viscosidad. El peso molecular del polímero empleado también influye en gran medida ya que polímeros con alto PM corresponden a materiales altamente viscosos (66).

- **Poliacrilato de sodio (PANa)**

Los agentes espesantes más empleados son los polímeros superabsorbentes (SAP – Supeabsorbent Polymers), un tipo de hidrogeles característicos por absorber hasta 15 veces su peso en seco (Figura 2). El más común en el mercado de los geles refrigerantes es el polímero sintético poliacrilato de sodio (Tabla 1).

**Figura 2.**

*Formación de hidrogel a partir de la hidratación del polvo de PANa.*



*Nota:* Tomado de Duarte et al. (67).

El poliacrilato de sodio (PANa) es un polímero compuesto por unidades repetidas del monómero ácido acrílico (AA), las cuales primero se transforman en ácido poliacrílico (APA) por polimerización y luego se neutralizan usando hidróxido de sodio. Este material se clasifica entre los APA de mayor peso molecular, con masas superiores a 10.000.000 g/mol (67), esta estructura le brinda la capacidad de absorber líquidos debido a su mayor reticulación y formación de redes, además de la presencia de grupos carboxilo (-COOH) y sales (COONa) que cuelgan de su cadena (68).

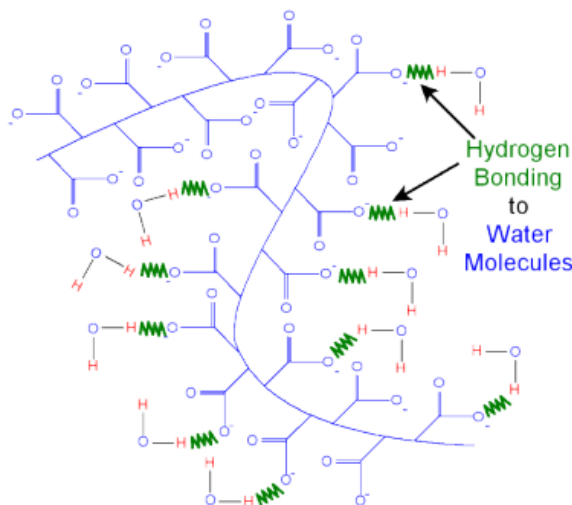
Al entrar en contacto con el agua los átomos de sodio se separan, dejando libres a los iones negativos carboxilo que se repelen entre ellos debido a sus cargas ocasionando que la cadena se estire y aumente de tamaño. Para neutralizar este proceso, los iones negativos atraen a las moléculas de agua y mediante puentes de hidrógeno se unen a ellas (figura 3), manteniendo la estructura estable e hinchada. Sin embargo, esta propiedad se ve reducida en soluciones salinas dificultando su capacidad de máximo hinchamiento (67), especialmente en presencia de iones de calcio y magnesio que evitan llegar al hinchamiento de equilibrio evidenciando una degradación polimérica y reducción de vida útil (32). Según Mosquera (69), el agua desionizada es indispensable si se busca obtener la mayor capacidad de retención.

Según Duarte et al. (67), refiere que a pesar de que este polímero se obtiene a partir de materiales petroquímicos y procesos industriales que producen grandes cantidades de carbono, gracias a sus propiedades de absorción, durabilidad, bajo precio y amplia

disponibilidad en el mercado es que se lo emplea en diferentes industrias, como en la elaboración de pañales descartables, toallas femeninas y geles refrigerantes.

**Figura 3.**

*Unión de moléculas de agua a la cadena de PANa.*



*Nota:* Tomado de Universidad de Navarra (70).

**c) Anticongelante:** Componente encargado de reducir el punto de congelación de la formulación, le brinda al gel la capacidad que congele por debajo de 0 °C, el punto de congelación del agua (71) logrando que su capacidad de refrigeración sea más prolongada y lograr crear una transición gradual de sólido a líquido durante la descongelación, esto significa que el frío se libera poco a poco, manteniendo el gel efectivo por más tiempo. Si comparamos un paquete de agua frente a un gel pack con un anticongelante como aditivo, este última será capaz de absorber calor durante más tiempo permaneciendo relativamente aún sólido, cuando un paquete de agua ya se hubiera derretido.

- **Propilenglicol (PG)**

Es el depresor de punto de fusión más empleado en el mercado de los gel packs (3), también denominado 1,2-propanodiol, es un solvente producido sintéticamente de apariencia viscosa y transparente, característico por su solubilidad en agua (higroscópico) y sus propiedades anticongelantes (72). Se encuentra hasta en un 40 % en las formulaciones de gel packs (9), catalogado como “generalmente seguro” al emplearse en alimentos y fármacos.

- **Sacarosa (Azúcar)**

Los azúcares, además de servir como endulzantes, de manera general presentan poderes anticongelantes, siendo la sacarosa el más empleado en distintas industrias. A pesar

de no ser comunes en la elaboración de geles refrigerantes, constituyen una gran alternativa por sus propiedades depresoras de punto de fusión (73) al interferir en el proceso de formación de cristales ya sus moléculas aumentan el espacio entre las moléculas del agua evitando que interactúen y se alineen en una estructura cristalina específica (74).

### 2.2.3.2. Seguridad y Desecho

Algunos geles refrigerantes del mercado son reutilizables y capaces de congelarse nuevamente al terminar su periodo de refrigeración debido a su formulación y empaque resistente. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que una vez descongelado cumple un “ciclo de temperatura” y su eficiencia en refrigeración se reduce (28). Dependiendo del conservante empleado pueden tener una vida útil de 1 año o hasta que sufra un daño y conlleve a su desecho.

Al no ser biodegradables no poseen normativas de desecho, sus fabricantes recomiendan no arrojar su contenido por el desagüe o podría causar obstrucciones (56, 75). Por otro lado, al ser productos rígidos, una vez congelados, están expuestos a sufrir daños externos mediante fricciones entre ellos en embalajes incorrectos o pistas defectuosas, contaminando finalmente el producto biológico a transportar (57) (Figura 5 y 6). Montarotti (62), indica que debe manipularse con cautela y en ningún caso ingerir su contenido, especialmente de paquetes elaborados a base de PANa.

#### Figura 4.

*Medicamento contaminado por vertimiento y fisura de gel refrigerante.*



*Nota:* Tomado de Bernal (2).

Por su parte, empresas como TempAid ya innovaron en el mercado con compresas elaboradas a base de plantas, capaces de desecharse por desagües e incluso en jardines, asegurando una total seguridad al usuario y al medio ambiente (76). Es aquí donde los polímeros naturales vegetales toman importancia en la elaboración de un gel refrigerante.

#### 2.2.4. Polímeros naturales

Los polímeros son grandes estructuras compuestas por monómeros, pequeñas moléculas repetitivas que se unen mediante enlaces covalentes. Estos pueden clasificarse en homopolímeros y copolímeros, siendo los compuestos por un solo monómero y de dos a más, respectivamente (77).

Según López y Hermida (78,79), los polímeros se clasifican principalmente dependiendo de su origen: biológico o sintético, siendo los sintéticos los modificados por el hombre, como es el caso del poliacrilato de sodio. Mientras que los polímeros de origen biológico, también considerados naturales o biopolímeros, son aquellos provenientes de organismos vivos sin pasar por procesos de modificación, podemos encontrar entre ellos a los polisacáridos, las proteínas y los ácidos nucleicos.

Los polímeros naturales, destacan principalmente por ser biodegradables, no tóxicos, de bajo precio, seguros y de amplia disponibilidad, en comparación con los polímeros sintéticos, que se fabrican empleando productos químicos en procesos industriales y que tienen un impacto negativo en el medio ambiente y en la salud humana (80).

Según Sionkowska A. (81), los polímeros naturales, pueden provenir de fuentes animales (como el colágeno) o fuentes vegetales (como el almidón y la celulosa).

##### 2.2.4.1. El maíz y su almidón

El almidón constituye al polímero natural más abundante y accesible en términos de costo. Se obtiene principalmente del maíz, trigo, arroz y papa (82) y se encuentra en la naturaleza en forma de gránulos semicristalinos densos e insolubles en agua (79).

Según Copeland et al. (83), dependiendo de la especie botánica procedente, el almidón difiere en estructura, composición y funcionalidad. Particularmente en el maíz, se encuentra hasta en un 84 % del peso seco del grano siendo por ello el cereal más empleado a nivel mundial, en un 83 %, para la obtención de almidón (84). En la Tabla 6 se observa una comparación entre las cantidades de almidón en distintos cereales.

**Tabla 6.**

*Composición química de distintos cereales expresada en %.*

Componentes	Trigo	Centeno	Maíz	Cebada	Avena	Arroz	Mijo
Agua	13.2	13.7	<b>12.5</b>	11.7	13.0	13.1	12.1
Proteína	11.7	11.6	<b>9.2</b>	10.6	12.6	7.4	10.6
Lípidos	2.2	1.7	<b>3.8</b>	2.1	5.7	2.4	4.1

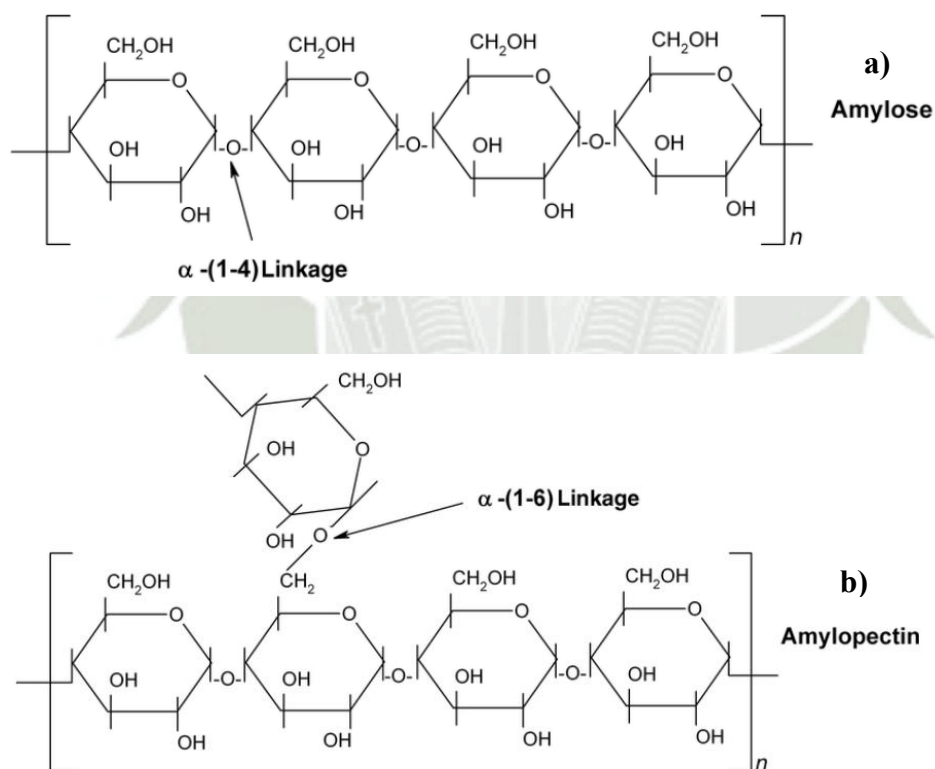
<b>Almidón</b>	59.2	52.4	<b>62.6</b>	52.2	40.1	70.4	64.6
<b>Otros HCO</b>	10.1	16.6	<b>8.4</b>	19.6	22.8	5.0	6.3
<b>Fibra cruda</b>	2.0	2.1	<b>2.2</b>	1.6	1.6	0.7	1.1
<b>Minerales</b>	1.5	1.9	<b>1.3</b>	2.3	2.9	1.2	1.6

*Nota:* Tomado de Tovar (84).

El almidón se clasifica como un polisacárido, formado por dos moléculas: la amilosa y la amilopectina, que ambas son a su vez polímeros de glucosa, pero con diferentes estructuras (Ver Figura 5).

**Figura 5.**

*Estructura de a) Amilosa b) Amilopectina.*



*Nota:* Tomado de Mathew (85).

Las unidades de glucosa, monómeros, que componen ambas cadenas se unen mediante enlaces glucosídicos. La amilosa, que representa el 25 % del almidón, es de cadena lineal con enlaces  $\alpha$ (1,4) glucosa y con un peso molecular de 1 millón, mientras que la amilopectina, que representa el 75 % de almidón, es de cadena ramificada con enlaces  $\alpha$ (1,6) glucosa y un peso molecular de hasta 500 millones (86, 87). Por un lado, la amilosa le

confiere la capacidad de formar una estructura tridimensional simple en forma de hélice, mientras que la amilopectina es responsable de crear una red tridimensional más compleja debido a su estructura ramificada. Esta organización da lugar a gránulos semicristalinos en el almidón, que presentan dos regiones diferenciadas: una cristalina y otra amorfa (85). Según Cornejo-Ramírez (88), específicamente en el maíz común, la amilosa representa el 20.9 %, mientras que la amilopectina el 79.1 %.

Según Tovar (84), en el endospermo del grano de maíz es en donde se conservan ambos polisacáridos en un 87.6 %, en donde al ser la amilopectina el polímero más abundante será el encargado de brindarle al almidón una de sus principales propiedades, la birrefringencia, que le permite presentar dos regiones, la cristalina y la amorfa, estas regiones presentan un papel importante en los procesos de modificación de estructura del almidón de maíz, como lo son la gelatinización y la retrogradación.

#### **a) Gelatinización**

Los gránulos de almidón al ser difícilmente hidratables en agua fría, es necesario la aplicación de altas temperaturas para lograr una solubilización, este proceso se denomina gelatinización (79). Durante la gelatinización, la estructura tridimensional del gránulo de almidón se desestabiliza y se rompen los puentes de hidrógeno que mantenían la forma helicoidal de la amilosa y la estructura ramificada de la amilopectina. Las moléculas de agua penetran en el gránulo, provocando el rompimiento de los enlaces de hidrógeno en las regiones menos organizadas del grano.

La amilosa, que es la porción lineal del almidón, se dispersa más fácilmente en el agua debido a su estructura menos ramificada. A medida que la temperatura aumenta, estas áreas menos ordenadas del gránulo se expanden y las cadenas de amilosa se liberan y dispersan en el líquido circundante, lo que permite el hinchamiento del gel. Con un calentamiento continuo, las zonas cristalinas del gránulo, compuestas principalmente de amilopectina, la molécula altamente ramificada, se descomponen. Esto implica que se rompen sus enlaces, permitiendo que las cadenas de amilopectina también se liberen en el medio circundante, marcando así punto en que el hinchamiento se vuelve irreversible y la estructura original del grano se pierde. La amilosa, una vez liberada del gránulo, forma una red tridimensional que es responsable de la formación del gel, mientras que la amilopectina proporciona estabilidad, viscosidad y contribuye a la textura del gel (84, 89).

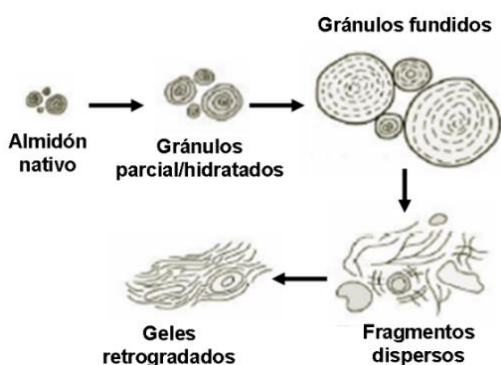
Según Tovar (84), obtención de gel de almidón va a diferir dependiendo de la temperatura de gelatinización empleada ( $T_g$ ) así como la cantidad de amilopectina y amilosa presente en el tipo de maíz.

### b) Retrogradación

Es el proceso posterior a la gelatinización (absorción e hinchamiento del almidón) y gelación (almidón convertido en gel). En donde el gel formado se reorganiza y endurece pasando de un estado amorfo a semicristalino, ocurre cuando la gelatinización culmina y la mezcla se enfría. Durante este proceso, las cadenas de amilosa y amilopectina, que previamente se habían separado y dispersado en agua, comienzan a reordenarse en una estructura más estable. La amilosa, debido a su estructura lineal tiende a unirse rápidamente y formar hebras helicoidales entrelazadas, resultando en una red más compacta. (84). Según Cornejo-Ramírez (88), la cantidad de amilosa presente en el almidón influye significativamente en la rapidez y grado de retrogradación; un almidón con mayor contenido de amilosa retrogradará más rápidamente y dará lugar a un gel más firme. Por otro lado, la amilopectina, debido a su estructura ramificada, retrograda más lentamente y contribuye a la estabilidad a largo plazo del gel, reduciendo la posibilidad de pérdida de agua (sinéresis). Este reordenamiento molecular es impulsado por la tendencia de las moléculas a buscar un estado energético más bajo, lo que lleva a la formación de una estructura semicristalina más resistente y menos permeable al agua en comparación del gel inicial. La proporción entre amilosa y amilopectina en el almidón es fundamental para determinar las características y propiedades finales del gel al finalizar la retrogradación.

#### Figura 6.

*Representación esquemática de cambios de almidón durante calentamiento en exceso de agua.*



*Nota:* Tomado de Tovar (84).

### c) Biodegradabilidad y seguridad

A diferencia de los polímeros sintéticos obtenidos de fuentes petroquímicas, los polímeros naturales pueden ser degradados bajo ciertas condiciones al exponerse al medio ambiente, ya sea a través de bacterias, hongos o enzimas. Si bien es cierto, los polímeros sintéticos destacan en el mercado por su alta resistencia mecánica y durabilidad, esto se ha convertido también en una desventaja ya que al terminar su vida útil la mayoría de ellos no son biodegradables y pueden mantenerse durante años sin que les afecte su entorno generándose bastantes desechos. Se calcula que más de 6 millones de toneladas métricas de residuos poliméricos son desechados en vertederos y en el medio ambiente, destacando entre ellos el poliacrilato de sodio (PANa), lo que es preocupante ya no existen suficientes investigaciones ni estudios para su reciclaje (4).

Por otro lado, el almidón, particularmente es conocido como un material verde “green material” al ser biodegradable y comestible, influye significativamente en la reducción de contaminación, así como en la salud y seguridad humana gracias a su nulo riesgo. Según Cáceres Quispe AG. (90), el almidón será biodegradable bajo condiciones ambientales apropiadas, de acuerdo con su investigación en donde realizó pruebas de degradación de envases elaborados con almidón de maíz y almidón de papa, al colocarse en suelos agrícolas después de 30 días lograron una degradación del 30.95 %. Por otro lado, López Yáñez, y Tasigchana Chango (91), quienes compararon la biodegradabilidad de envases de almidón de maíz frente a unos de plástico común, demostraron que a los 75 días los envases de almidón se habían degradado completamente, mientras que los otros envases solo mostraron degradación en un 10 %. Esto respalda el posible impacto que generaría un gel elaborado principalmente a base de almidón.

Si bien es cierto, se sabe que existe una debilidad en los productos elaborados únicamente en base a almidón frente a los elaborados con polímeros sintéticos, debido a que estos últimos siempre presentaran mejores características. Jiang et al. (92), afirma que se puede realizar una combinación del polímero vegetal almidón con otros polímeros, ya sean de naturaleza vegetal, animal o sintética, con el fin de potenciar sus características, como lo es con la adición de celulosa o quitosano, que influyen en las propiedades mecánicas y protección de contaminaciones microbianas respectivamente.

Por otro lado, la combinación de almidón con polímeros sintéticos, como el poliacrilato de sodio, puede potenciar la reducción de la toxicidad y aumentar la biodegradabilidad del material. En el caso de los geles refrigerantes, esto se logra al reducir la concentración de poliacrilato y reemplazarlo parcialmente con almidón, conocido por su

naturaleza no tóxica, donde se deduce que esta reducción podrá disminuir la toxicidad del gel, ya que minimizamos la presencia del polímero sintético.

En la investigación realizada por Melendres A. et al. (7), se combinó almidón con un polímero superabsorbente, como el poliacrilato de sodio (PANa), con el objetivo de mejorar la biodegradabilidad. Los resultados mostraron que esta combinación fue efectiva, ya que el almidón formó enlaces con las cadenas del PANa, creando una red que se degrada más fácilmente en condiciones controladas simulando un ambiente húmedo (90-95 % RH) y cálido (30-35 °C).

Por lo tanto, la combinación de almidón con PANa no solo mejora la biodegradabilidad del gel, sino que también sugiere una potencial reducción en su toxicidad.

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Producto termolábil**

Sustancia o compuesto sensible a las altas temperaturas y puede sufrir degradación, descomposición, o pérdida de eficacia al exponerse al calor. Requieren almacenamiento o transporte bajo condiciones de temperatura controlada para mantener su estabilidad y efectividad.

- **Transferencia de calor**

Proceso mediante el cual la energía térmica se mueve de una región de mayor temperatura a una de menor temperatura a través de conducción, convección o radiación.

- **Calor latente**

Energía absorbida o liberada por un gel pack durante su cambio de fase (congelación o descongelación) sin variar su temperatura, crucial para mantener la estabilidad térmica en el transporte de productos biológicos.

- **Punto de rocío**

Temperatura a la que el vapor de agua comienza a condensarse en gotas sobre una superficie fría, como un gel pack refrigerante, provocando que este "sude". Este fenómeno ocurre cuando el aire caliente y húmedo entra en contacto con la superficie fría del gel pack.

- **Hidrogel**

Material polimérico tridimensional capaz de absorber y retener grandes cantidades de agua o fluidos en su estructura, sin disolverse en ellos

- **Polímero sintético**

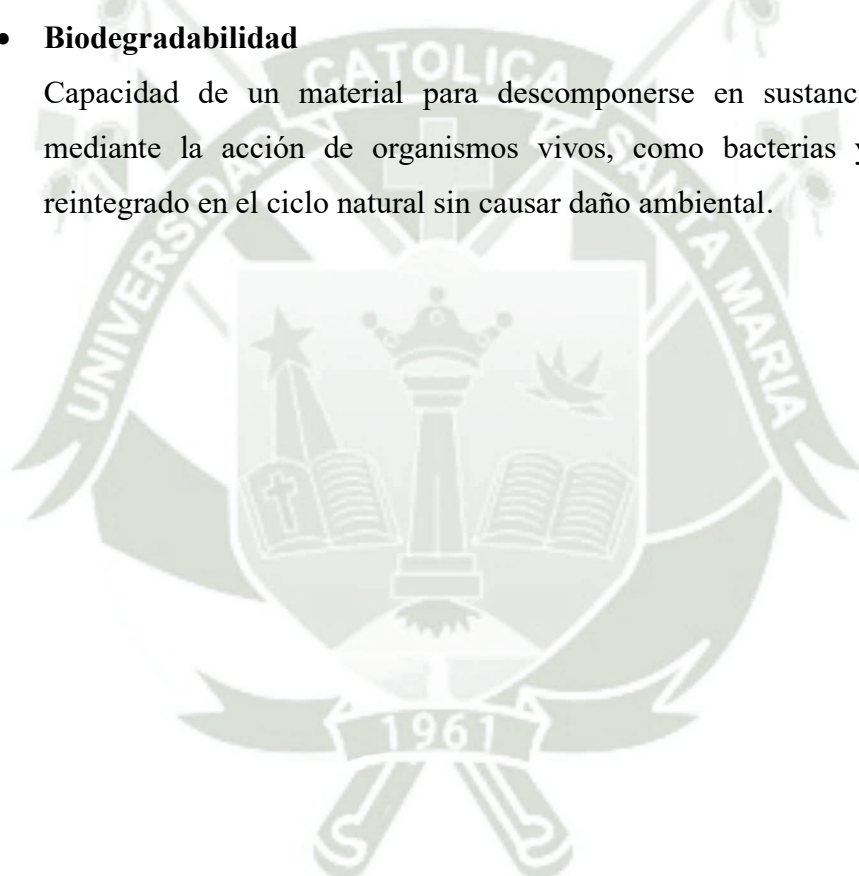
Polímero químico creado por la polimerización de monómero fabricado, a diferencia de los polímeros naturales, en laboratorios e industrias para aplicaciones que requieren características particulares como resistencia, flexibilidad o durabilidad.

- **Gelificación o Gelación**

Proceso por el cual un líquido, a través de la formación de una red tridimensional de polímeros, se transforma en un gel semi sólidos con propiedades elásticas. Proceso crucial en formación de geles refrigerantes ya que determina su capacidad para retener agua y mantener su estructura.

- **Biodegradabilidad**

Capacidad de un material para descomponerse en sustancias más simples mediante la acción de organismos vivos, como bacterias y hongos, y ser reintegrado en el ciclo natural sin causar daño ambiental.



## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de la empresa Integración L.D.CH. S.A.C. y el laboratorio H-101 en la Universidad Católica de Santa María (UCSM) ambos ubicados en la provincia de Arequipa, departamento de Arequipa, Perú.

#### 3.2. Materiales

##### 3.2.1. Material biológico

- Almidón de maíz / Maicena

##### 3.2.2. Reactivos químicos

- Agua desionizada
- Poliacrilato de sodio (PANa)
- Ácido benzoico
- Sacarosa / Azúcar
- Colorante vegetal

##### 3.2.3. Materiales de laboratorio

- Termómetro digital
- Beaker (9 unidades)
- Bagueta

##### 3.2.4. Aparatos y equipos

- Cocina de inducción
- Conductímetro
- Balanza gramera
- Equipo desionizador de agua
- Selladora manual
- Bolsas de polipropileno
- Congeladora
- Baño María
- Viscosímetro Brookfield DV-III

- Datalogger un solo uso modelo U – 2 (9 unidades)
- Datalogger reutilizable modelo CryoPack iMini (3 unidades)
- Maquina dosificadora – selladora
- Tanque de acero con paletas mezcladoras

### 3.2.5. Software

- Console Plus
- Blender
- SPSS

### 3.2.6. Otros

- Olla
- Cuchara
- Contenedores de Tecnopor (9 unidades)
- Bolsas de polipropileno
- Cartón
- Plástico burbuja

## 3.3. Métodos

### 3.3.1. Elaboración de muestras de gel a distintas concentraciones y evaluación de su viscosidad

#### a) Elaboración de muestras de gel

Se desarrollaron 9 formulaciones de geles refrigerantes a diferentes concentraciones, según se detalla en la Tabla 7, en donde el componente principal fue almidón de maíz (polímero vegetal) y el componente secundario poliacrilato de sodio (polímero sintético), este último en concentraciones considerablemente menores de las empleadas en un gel pack tradicional, en donde se formulan normalmente con 5 a 10 g por litro de agua (8,10,11). Además, en todas las formulaciones se empleó aditivos como azúcar y ácido benzoico, en cantidades constantes actuando como parámetros fijos, por un lado, el azúcar actuaría como anticongelante en la fórmula reemplazando al compuesto Propilenglicol (PG), mientras que el ácido benzoico como conservante.

**Tabla 7.**

*Componentes y cantidades para el desarrollo de formulaciones de geles refrigerantes.*

N° de formulación	Almidón de maíz (g/L)	Poliacrilato de sodio (g/L)	Azúcar (g/L)	Ácido benzoico (g/L)
1	50	0	50	1
2	80	0	50	1
3	110	0	50	1
4	50	1	50	1
5	80	1	50	1
6	110	1	50	1
7	50	1.5	50	1
8	80	1.5	50	1
9	110	1.5	50	1

Todas las formulaciones se prepararon en base al mismo procedimiento explicado a continuación: Para el desarrollo de cada una se utilizó 2 L de agua desionizada como diluyente con el fin de poder elaborar por cada formulación 3 unidades de gel packs de 500 g cada uno. Primero, se pesaron los componentes según la Tabla 7 y fueron transferidos a una olla con el agua ya incorporada. Cabe resaltar que se verificó la conductividad del agua antes de ser empleada obteniendo en la medición un valor de 0  $\mu\text{S}$  (Figura 7).

**Figura 7.**

*Preparación de formulaciones a) Pesado de componentes b) Medición de conductividad del agua desionizada.*



Se empleó una cocina de inducción con una potencia moderada para calentar las mezclas, cada una de ellas demorando aproximadamente de 7 a 10 minutos para que llegaran a los 90 °C y comenzaran a hervir, se sabe que para el almidón de maíz es requerida una temperatura mínima de 70 °C para que se dé el proceso de gelatinización, lo que se conoce como temperatura de gelatinización (Tg) (93).

Posterior a hervor se continuó agitando las mezclas constantemente durante 10 minutos adicionales para asegurar una gelatinización completa y la desintegración de las zonas cristalinas (Figura 8).

**Figura 8.**

*Gelatinización de las mezclas a) Mezcla hirviendo a 90 °C en agitación constante*

*b) Formación final de gel tras 20 minutos.*



Al terminar el proceso de gelación, se agregó una gota de colorante vegetal a cada una de las formulaciones dependiendo de la cantidad de almidón que se empleó, como se puede ver en la Tabla 8, con el fin de evitar confusiones entre las 9 muestras preparadas y así facilitar su identificación para las pruebas posteriores.

**Tabla 8.**

*Colorante empleado según el número de formulación.*

Nº de formulación	Cantidad de almidón (g/L)	Color
1, 4, 7	50	Amarillo
2, 5, 8	80	Rosado
3, 6, 9	110	Verde

Para obtener un adecuado y homogéneo proceso de retrogradación en todas las formulaciones, se las dejó enfriar por igual a temperatura ambiente durante aproximadamente 7 h para posterior a esto envasarlas empleando una selladora manual y bolsas de polipropileno, se envasó 3 unidades de geles por cada formulación realizada, siendo un total de 27 geles elaborados, cada uno de 500 g (Figura 9).

**Figura 9.**

*Envasado final de los 27 geles refrigerantes.*



Los geles elaborados se colocaron en un congelador a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 120 h (Figura 10), siendo el tiempo mínimo de congelación de un gel pack de 72 h para su empleo en cadena de frío. Sin embargo, al emplear un congelador que es utilizado con diferentes productos y está en constante uso, se alargó el tiempo a 120 h para minimizar los cambios de temperatura interna que se generaban diariamente al abrirlo. Los geles se dejaron congelando para ser utilizados posteriormente en el método 3.3.2. Evaluación del tiempo de refrigeración de los geles en el rango de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Figura 10.**

*Congelado de geles a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ .*



### b) Evaluación de viscosidad

Para la prueba de viscosidad se desarrolló nuevamente 9 formulaciones de gel de acuerdo con la Tabla 7. Se diluyó cada una en 1 L de agua desionizada debido a que solo se necesitaba para este método una muestra de gel de 500 g por cada formulación. Siguiendo el mismo procedimiento detallado anteriormente, se realizó el pesado de los componentes, se calentó las mezclas a 90 °C para gelatinización y posterior retrogradación enfriando aproximadamente 7 h a temperatura ambiente. Las muestras elaboradas se colocaron en 9 beakers de 500 mL (Figura 11).

#### Figura 11.

*Formulaciones elaboradas para la medición de viscosidad.*



Para la medición se empleó el Viscosímetro Brookfield DV – III. El instrumento se llevó a cero antes de su uso mientras las 9 muestras se calentaron a baño maría a 20 °C, según recomendación del técnico para facilitar su homogenización y obtener lecturas más precisas (Figura 12).

#### Figura 12.

*Calentado de formulaciones en baño maría.*



Para seleccionar el spindle y la velocidad adecuados para la medición, se realizaron pruebas iniciales con los spindles número 4, 5 y 6 utilizando la muestra 9, que era visualmente la más viscosa. Se evaluó cuál de los spindles ofrecía mediciones más precisas y estables, considerando que el valor en la pantalla se mantuviera constante, sin fluctuaciones significativas. Se observó que solo el spindle número 6 permitía que el valor en la pantalla se mantuviera estable, mientras que con los otros spindles los valores variaban constantemente. También se probaron velocidades de 10, 30 y 50 RPM para identificar la más estable, en la cual el valor en la pantalla permaneciera constante. La velocidad de 50 RPM resultó ser la ideal, ya que ofreció la mayor estabilidad en la medición. Dado que la muestra 9 era la más viscosa y se obtuvo una lectura estable con el spindle 6 a 50 RPM, se decidió usar estos mismos parámetros para medir todas las muestras. Todas las formulaciones se midieron a 20 °C con el spindle número 6 a una velocidad de 50 RPM (Figura 13), ya que estas condiciones proporcionaron las mediciones más estables y consistentes. Los valores obtenidos se registraron en centiPoise (cP).

### Figura 13.

*Medición de viscosidad en viscosímetro Brookfield DV-III.*



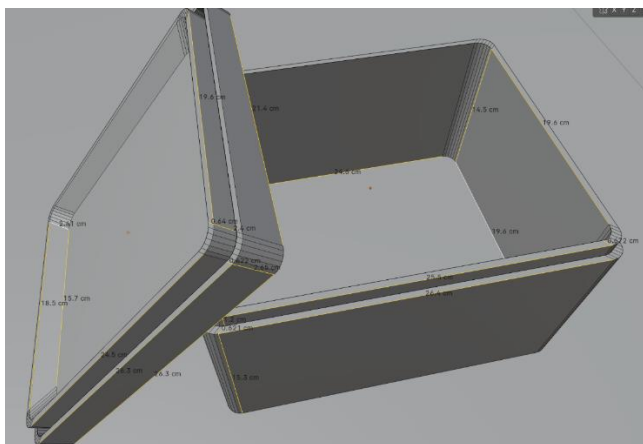
### 3.3.2. Evaluación del tiempo de refrigeración de los geles en rango de 0 °C a 8 °C

En el presente método se evaluó el tiempo de refrigeración de las 9 formulaciones empleando los 27 geles refrigerantes elaborados previamente en el método 3.3.1. dejados en congelación durante 120 h, con el fin de conocer el tiempo exacto que podían mantener bajas temperaturas. Para llevar a cabo esta evaluación, se prepararon 9 contenedores de poliestireno expandido (Tecnopor) con dimensiones de 24.6 cm x 19.6 cm x 14.5 cm (Figura

14), que actuaron como el material aislante que minimizó la transferencia de calor con el entorno. El objetivo fue medir el tiempo en horas que los geles mantuvieron bajas temperaturas en el rango de 0 °C a 8 °C

**Figura 14.**

*Dimensiones del contenedor aislante de Tecnopor.*

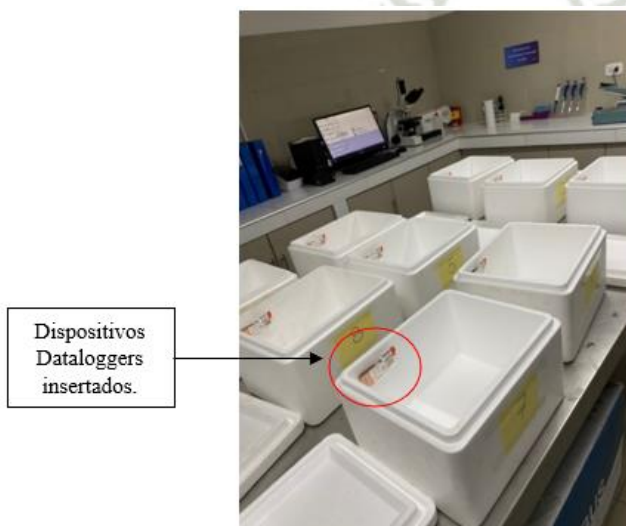


*Nota:* Elaboración propia. Software Blender

Para el registro de la temperatura y obtención del tiempo total que conservaron en el rango establecido, se emplearon 9 dataloggers desechables, modelo U-2, programados de fábrica para registrar la temperatura en intervalos de 10 minutos. Cada dispositivo se colocó en una de las paredes internas de los contenedores, asimismo las cajas fueron rotuladas externamente del 1 al 9 para facilitar su identificación (Figura 15).

**Figura 15.**

*Rotulado de contenedores con datalogger insertado.*



Una vez preparados los contenedores, se retiraron los 27 geles del congelador al haber culminado las 120 h. Se colocaron 3 unidades por cada contenedor (Figura 16), debido a que en una cadena de frío normalmente se utilizan más de dos unidades, aunque esto dependerá del producto a transportar y tamaño del contenedor.

Posteriormente se activaron de manera simultánea los dispositivos para asegurar que todos comenzaran a registrar la temperatura al mismo tiempo y evitar así diferencias significativas en el inicio de la medición.

**Figura 16.**

*Disposición de 3 unidades de geles de 500 g en contenedor.*



Al activar los dispositivos, se cerraron los contenedores y se reforzó sus tapas con cinta adhesiva para prevenir la entrada de aire y evitar errores en el registro de temperatura interna.

El rango de temperatura establecido a partir de cual se tomarían en cuenta los datos fue de 0 °C a 8 °C debido a que es el más común empleado en productos biológicos, específicamente para alimentos de 0 °C a 4 °C y vacunas de 2 °C a 8 °C.

Los dispositivos se dejaron en los contenedores durante 48 h en un ambiente libre de cambios bruscos de temperatura durante el periodo de la prueba simulando un envío con geles refrigerantes con 2 días de trayecto, en condiciones controladas. Cabe mencionar que un gel pack se puede considerar efectivo si logra mantener bajas temperaturas durante 12 a 24 h, aunque esto dependerá también del embalaje empleado.

Los contenedores se dejaron en un ambiente libre de cambios bruscos de temperatura durante el periodo de la prueba. Tras culminar las 48 h, se abrieron las cajas, y para evitar variaciones en la hora de parada se apagaron simultáneamente todos los dispositivos.

Posteriormente los dataloggers se rotularon y se descargó la información recolectada en una laptop (Figura 17). Sin embargo, durante la observación de datos, se percató que los dispositivos comenzaron el registro con diferentes tiempos, existiendo diferencias de inicio entre las 9 formulaciones. De acuerdo con el rango establecido para el análisis de datos ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), se estableció como punto de partida para todos los registros en el momento en que cada datalogger alcanzó los  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , o el valor más cercano a este, pues al estar configurados en intervalos de 10 minutos fue algo difícil que todos registraran los  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  exactamente ya que en esta etapa inicial la temperatura comienza a subir rápidamente hasta estabilizarse dentro del contenedor. Entonces se tomó como valor inicial el grado más cercano a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  sienta para este el tiempo 0 (de inicio) y a partir de este punto se consideraron los intervalos tomados cada 10 minutos hasta llegar a los  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , en donde fue más fácil tomar este valor pues con el tiempo se había ganado estabilidad y se redujo el aumento rápido de temperatura. El tiempo de refrigeración total se determinó calculando la diferencia entre el tiempo inicial, cuando la temperatura fue  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y el tiempo final, cuando la temperatura llegó a  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  con el fin de permitir una comparación precisa del tiempo de refrigeración entre las distintas formulaciones. Los datos recopilados se adjuntaron en el Anexo 2.

**Figura 17.**

*Dispositivos dataloggers desechables modelo U-2.*



**3.3.3. Cálculo del porcentaje de variación de temperatura de los geles empleando una temperatura inicial de  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$**

Para calcular el porcentaje de variación de temperatura de las formulaciones, los 27 geles refrigerantes, después de haber sido utilizados en la prueba anterior, fueron nuevamente congelados a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 120 h, con el objetivo de determinar cuál de las formulaciones presentaba menor variación de temperatura transcurrido un determinado tiempo inicial, conocido como la fase inicial de descongelamiento, y ser seleccionada como

la fórmula más eficiente en una cadena de frío. Para realizar las nuevas mediciones de temperatura se emplearon dispositivos dataloggers, modelo CryoPack iMini reutilizables y programables mediante el software Console Plus, capaces de registrar temperaturas durante intervalos de tiempo cortos (Figura 18). Dado que estos dispositivos eran más complejos y de mayor costo se adquirieron solo tres unidades, como se tenían 9 formulaciones las pruebas se realizaron en grupos de 3, evaluando un grupo por día.

**Figura 18.**

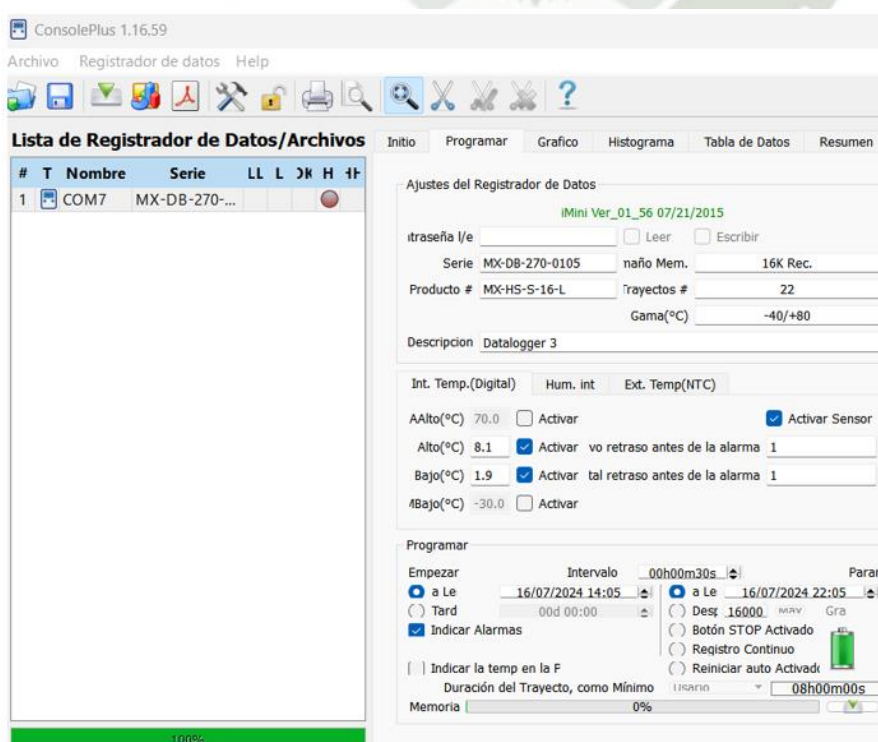
*Dispositivos datalogger modelo reutilizable y programable CryoPack iMini.*



Los dataloggers fueron programados en el software para registrar la temperatura cada 30 segundos durante 8 h (Figura 19).

**Figura 19.**

*Programación de un datalogger CryoPack iMini en software Console Plus.*



Sin embargo, los datos tomados en cuenta para el análisis serían los registrados transcurrida 1 hora partir de los 2 °C, pues en base a los resultados del primer experimento (Figura 29) en esta fase de descongelamiento (fase inicial), se observó el aumento de temperatura más rápido en las formulaciones, posterior a esto, aproximadamente a los 4 °C, se estabilizan y se aprecia una desaceleración en el aumento de temperatura, alcanzo mayor estabilidad térmica. Por esta razón, en esta prueba se tomó el valor inicial ( $T_0$ ) de 2°C para observar mejor el comportamiento de los geles durante la primera fase y determinar cuál podría mantenerse más estable en esta etapa, sin un incremento tan rápido antes de su estabilización.

Evaluar el comportamiento de los geles a partir de 2 °C nos permitirá identificar la formulación que aumenta su temperatura con menor rapidez, es decir la que logra controlar mejor la subida rápida de temperatura, y por ende refrigera mayor tiempo. Además, se configuró para registrar datos durante 8 h como precaución y así darle al gel tiempo adicional necesario para que pueda acondicionarse dentro del contenedor hasta alcanzar los 2 °C establecidos. La frecuencia de medición en intervalos muy cortos de 30 segundos se empleó para obtener una visión más detallada del comportamiento de los geles y cómo evolucionaba la temperatura.

Una vez configurados los dispositivos, se retiraron los geles del congelador y se colocaron dentro de los contenedores, nuevamente 3 unidades por contenedor, junto al datalogger adherido con cinta doble cara en una de las paredes internas (Figura 20).

#### **Figura 20.**

*Disposición de 3 unidades de geles dentro de contenedor con datalogger insertado.*



Luego se aseguró la tapa del contenedor con cinta adhesiva para evitar cualquier entrada de aire que pudiera afectar la medición. Los contenedores se dejaron en un ambiente

libre de cambios bruscos de temperatura durante el periodo de la prueba (Figura 21). Al finalizar la hora, los datos recopilados fueron descargados (Anexo 3).

**Figura 21.**

*Contenedores en ambiente libre de cambios bruscos de temperatura.*



Para calcular el porcentaje de variación de temperatura en base a los datos recopilados, se seleccionó como valor inicial el tiempo en el que cada contenedor llegó a los 2 °C, siendo esta la Temperatura inicial –  $T_o$ , y transcurrida 1 hora se tomó el tiempo final junto con la temperatura registrada, siendo esta la Temperatura final -  $T_f$ . Se empleó la ecuación 1 para el cálculo del porcentaje de variación en cada una de las formulaciones.

$$\Delta t = \left[ \frac{T_f - T_o}{T_o} \right] * 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

### 3.3.4. Desarrollo de prueba piloto de transporte con la formulación seleccionada y un gel tradicional del mercado

Debido a que la prueba piloto no estaba contemplada en el diseño experimental original ni en las variables establecidas, se decidió realizarla como una prueba adicional para validar la formulación seleccionada en un entorno de transporte simulado. Esta prueba tuvo como objetivo comparar la formulación seleccionada, que mostró el mejor desempeño en las pruebas anteriores, con un gel refrigerante comercialmente disponible en la ciudad de Arequipa, evaluando su eficacia en condiciones reales de transporte para así confirmar su potencial reemplazo de acuerdo con su eficacia. El producto biológico con el que se realizó la prueba piloto fueron vacunas veterinarias para el Parvovirus que requieren preservarse en un rango de 2 °C a 8 °C.

Después de haber seleccionado la formulación n.º7 (detalle explicado en los resultados), se realizó una mezcla a gran escala con la formulación de 50 g/L de almidón de

maíz, 1.5 g/L de poliacrilato de sodio, 50 g/L de azúcar y 1 g/L de ácido benzoico. La formulación se mezcló en un tanque de acero y se calentó con un quemador de gas (Figura 22), con el fin de posteriormente poder envasarlos y sellarlos automáticamente en bolsas resistentes a desgarres y bajas temperaturas empleando una maquina especializada en este proceso. Estos geles obtenidos y elaborados con un peso de 250 g cada uno se los congeló a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 120 para ser utilizados en la prueba piloto de transporte.

**Figura 22.**

*Formulación seleccionada elaborada a gran escala.*

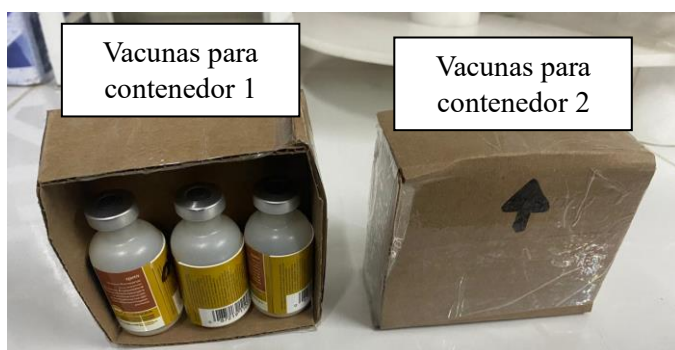


Para embalar los productos y realizar su envío, se desarrolló un embalaje pasivo empleando seis unidades de gel de la formulación n.º7 y tres unidades del gel tradicional del mercado de Perú, el cual se presenta en paquetes solamente de 500 g, para que así las cantidades de su contenido fueran equivalentes.

Se alistó dos contenedores de Tecnopor y se acondicionó el producto biológico, para evitar la congelación de las vacunas en contacto directo con los geles refrigerantes dentro del contenedor se colocaron previamente en una pequeña caja de cartón 3 frascos de vacunas por cada una (Figura 23) y se envolvió con papel burbuja para brindarles mayor protección. Antes de introducir los geles a sus contenedores, se los dejó a temperatura ambiente durante 20 min apenas salieron del congelador, esto con el objetivo de que no congelaran los productos y pudieran llegar a los  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  necesarios, fue un método de previa ambientación, conocido comúnmente como punto de rocío.

**Figura 23.**

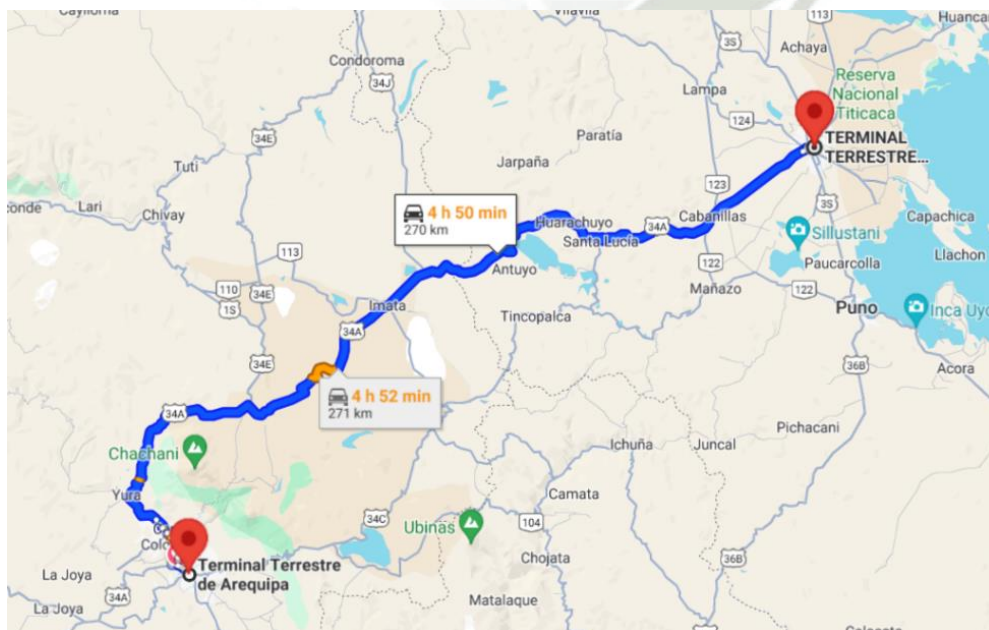
*Acondicionamiento de vacunas veterinarias.*



Por otro lado, la ruta que se empleó fue Arequipa – Juliaca vía terrestre, al ser una de las más comunes para el envío de productos veterinarios en las empresas agropecuarias de Arequipa. La ruta tiene una duración de 5 h aproximadamente, partiendo desde el Terminal Terrestre de Arequipa y llegando al Terminal Terrestre de Juliaca (Figura 24). Por ello, para cada contenedor se configuró 1 dispositivo datalogger modelo CryoPack iMini para que registraran el tiempo y temperatura cada 20 min durante 8 h, finalizado este tiempo se apagarían automáticamente. Si bien es cierto los contenedores podían llegar a su destino antes de las 8 h, de todas formas, se alargó el tiempo como precaución en caso de posibles retrasos de salida, además se dejó el contenedor cerrado hasta que el dispositivo se apagara.

**Figura 24.**

*Ruta terrestre de envío Arequipa - Juliaca.*



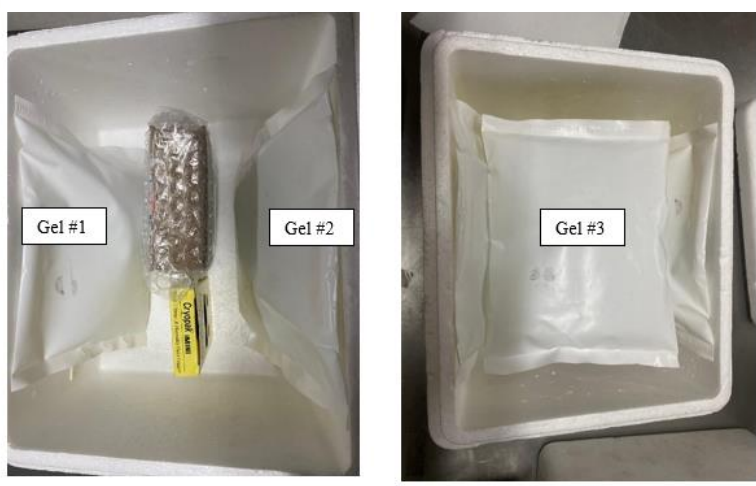
*Nota:* Tomado de Google maps

Siguiendo como referencia el modelo de embalaje pasivo de la Figura 1, los geles refrigerantes se colocaron en las paredes internas de la caja de transporte y la caja de vacunas junto con el datalogger en el medio, finalmente se colocó geles encima del producto. La distribución de geles se realizó con el objetivo que estos pudieran brindar su máximo rendimiento al ser colocados estratégicamente generando flujos de aire necesarios entre ellos.

En la Figura 25 se visualiza el embalaje interno pasivo empleando 3 unidades de geles comerciales de 500 g cada uno.

**Figura 25.**

*Embalaje interno con producto biológico y gel packs del mercado.*



Mientras que, en la Figura 26 se visualiza el embalaje interno pasivo empleando 6 unidades de geles de la formulación n.º7 elaborada y envasada con 250 g cada uno.

**Figura 26.**

*Embalaje interno con producto biológico y geles de formulación n.º7.*



Se aseguró las cajas externamente con cinta de precaución y papel film creando un adecuado embalaje externo (Figura 27), y se dejó los contenedores en el terminal para su envío. Al llegar al destino la información recopilada se descargó y se realizó el envío del pdf a Arequipa (Anexo 4).

**Figura 27.**

*Embalaje externo para envío terrestre en cadena de frío.*



## CAPÍTULO IV

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4.1. Evaluación de Viscosidad:

Se realizó la medición de las viscosidades de las formulaciones elaboradas según la metodología mencionada en el capítulo III de materiales y métodos, los resultados obtenidos se registraron en centipoise (cP) como se observa en la Tabla 9.

**Tabla 9.**

*Viscosidad de formulaciones en centipoise (cP).*

Número de experimento	Viscosidad (cP)
1	2240
2	6560
3	12960
4	3360
5	7840
6	14240
7	6220
8	8000
9	17440

Los valores de viscosidad se obtuvieron empleando el Viscosímetro Brookfield. Según Mezger (94), los viscosímetros rotacionales son los instrumentos más eficientes en la medición de soluciones poliméricas y geles, ya que determinan la viscosidad de un fluido en función del torque o fuerza necesaria para rotar en él. El presente estudio ha demostrado la eficacia de dicho instrumento ya que a pesar de que nuestros valores muestran una considerable variabilidad, las mediciones se realizaron eficazmente, permitiendo el instrumento medir viscosidades que van desde 2240 cP hasta 17440 cP, reflejando una diferencia aproximadamente de 7.8 veces entre el gel n.º1 y el gel n.º9.

Además, según Nurman et al. (95), en la preparación de geles, estos tienden a presentar viscosidades elevadas, partiendo desde valores de 2000 cP, lo que respalda los valores obtenidos en este estudio.

Se calcularon los estadísticos descriptivos de las viscosidades obtenidas para realizar un análisis más detallado (Tabla 10).

**Tabla 10.**

*Estadísticos descriptivos de la viscosidad en las formulaciones de geles.*

<b>Estadísticos</b>	<b>Viscosidad</b>
Media	8762,22
Mínimo	2240,00
Máximo	17440,00
<b>TAMAÑO</b>	9

La tabla 10 nos muestra distintos estadísticos descriptivos que resumen las características de las viscosidades obtenidas de cada formulación.

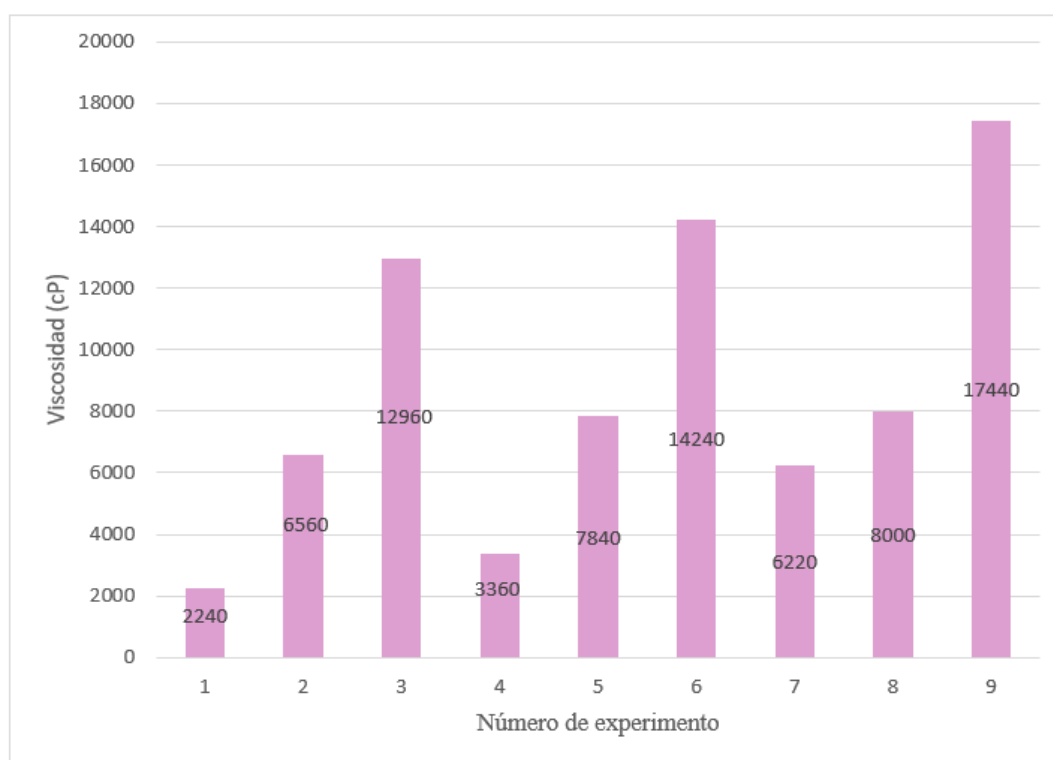
En primer lugar, se observa que la viscosidad media de las formulaciones es de 8762,22 cP, lo que sugiere que, en general, los geles formulados tienen una consistencia bastante espesa, adecuada para su uso como refrigerantes, este valor refleja la tendencia central de los datos, es decir, la viscosidad promedio esperada entre todas las muestras.

El valor mínimo de viscosidad registrado es de 2240,00 cP, mientras que el valor máximo asciende a 17440,00 cP, reflejando así una amplia gama de viscosidades entre las formulaciones. Esta variación puede deberse a las diferentes combinaciones y proporciones de ingredientes empleados en cada muestra, donde algunas formulaciones son mucho más líquidas o espesas que otras.

Los valores obtenidos se representaron en un gráfico de barras (Figura 28) para facilitar una comparación visual clara entre las formulaciones.

**Figura 28.**

*Comparación de viscosidades de formulaciones de gel elaboradas.*



En la Figura 28 se observa que las formulaciones con mayor viscosidad fueron los geles n.º 3, 6 y 9, que contenían la mayor concentración de almidón (110 g/L de agua desionizada), mientras que los geles n.º 1, 4 y 7, preparados con la menor concentración de almidón (50 g/L de agua desionizada), muestran las menores viscosidades, estos resultados confirman que la viscosidad aumenta en las formulaciones al incrementar la concentración del componente principal, el polímero vegetal (almidón de maíz), respaldando así la "Teoría Reológica de las Soluciones Poliméricas", según la cual el incremento en la concentración de polímero en la solución está directamente relacionado con un aumento en la viscosidad (96), se deduce que el almidón fue el principal responsable de la obtención de geles altamente viscosos.

Además, aunque la concentración del poliacrilato de sodio (PANa), también influyó en la viscosidad, su efecto fue menos significativo. La formulación n.º9 elaborada con las concentraciones más altas de ambos polímeros (110g/L de almidón y 1.5g/L de PANa), alcanzó la máxima viscosidad de 17440 cP. A comparación de la formulación n.º6 y 3 que emplearon la misma cantidad de almidón, pero menores valores de PANa. Estos resultados indican que el almidón de maíz es el principal responsable de la viscosidad en nuestras

formulaciones. Esta observación es consistente con el objetivo de la formulación, que buscaba reducir la dependencia al poliacrilato de sodio y emplear almidón de maíz como el espesante principal. Nuestro enfoque demuestra que el almidón puede ser una alternativa efectiva en la elaboración de geles refrigerantes.

Finalmente, cabe resaltar la importancia que tuvo el empleo de almidón de maíz frente a otras fuentes botánicas, influyendo en la obtención de geles con valores de viscosidad altos, de acuerdo con la investigación de Santamaría M. et al. (26), quienes elaboraron geles empleando distintas fuentes botánicas de almidón, como el maíz, arroz y trigo. Particularmente, el maíz, al poseer altos porcentajes de amilosa, contribuyó a una mejor retrogradación y comportamiento sólido, obteniendo así los geles más fuertes y viscosos frente al resto. Sin embargo, al comparar nuestros resultados con los obtenidos por Santamaría, observamos claras diferencias, en su experimento obtuvieron una viscosidad máxima de 1170 mPa·s empleando 250 g de almidón por litro de agua en un proceso de 95 °C durante 20 minutos, mientras que nosotros, al emplear menores cantidades de almidón, obtuvimos mayores valores de viscosidad. Esta diferencia puede deberse a la composición más compleja de nuestras formulaciones, que incluyen el poliacrilato de sodio, lo que le otorga una mayor resistencia al flujo, o también a la estructura del grano de almidón de maíz empleado, ya que, como también mencionan en su estudio, este factor influiría en gran medida en la viscosidad obtenida.

En conclusión, nuestros resultados indican que la formulación de geles es altamente sensible a las concentraciones de almidón y poliacrilato de sodio, esto es crucial para optimizar las propiedades del gel refrigerante, ya que la viscosidad influye directamente en la capacidad del gel para mantener bajas temperaturas por tiempos prolongados, afectando su desempeño en cadenas de frío.

#### **4.2. Evaluación del tiempo de refrigeración de los geles en rango de 0 °C a 8 °C**

Se realizó la evaluación del tiempo de refrigeración de las formulaciones elaboradas, previamente congeladas y acondicionadas en contenedores aislantes, tal como se detalla en el capítulo III de materiales y métodos.

Gracias al ajuste de datos explicado en la metodología 3.3.2. se obtuvo el tiempo total en horas que cada formulación de gel packs elaborados logró mantener temperaturas en el rango de 0 °C a 8 °C. En la Tabla 11 se muestran los valores recolectados, en donde la hora inicial difiere para cada experimento, pues se trató de tomar el valor registrado con mayor

cercanía a los 0 °C, de acuerdo con el registro de datos que se obtuvo. Por otro lado, la temperatura final tomada para todos ellos fue de 8 °C exactamente.

**Tabla 11.**

*Tiempo total de refrigeración de formulaciones en el rango 0 °C a 8 °C en horas decimales.*

Número de contenedor	Fecha y hora inicial	Temperatura inicial (°C)	Fecha y hora final	Tiempo de refrigeración (h)
1	17/06/2024	0.0	18/06/2024	22.000
	19:57:40		17:57:40	
2	17/06/2024	0.3	18/06/2024	13.167
	19:38:59		08:48:59	
3	17/06/2024	0.3	18/06/2024	9.000
	19:36:26		04:36:26	
4	17/06/2024	0.3	18/06/2024	26.000
	19:28:20		21:28:20	
5	17/06/2024	0.4	18/06/2024	18.167
	19:48:39		13:58:39	
6	17/06/2024	0.4	18/06/2024	15.500
	19:49:12		11:19:12	
7	17/06/2024	0.1	19/06/24	27.478
	20:01:18		00:01:18	
8	17/06/2024	0.0	18/06/2024	11.500
	19:40:38		07:10:38	
9	17/06/2024	0.2	18/06/2024	7.500
	19:40:54		03:10:54	

Se calcularon los estadísticos descriptivos tanto de la temperatura inicial como el tiempo de refrigeración de las formulaciones, para realizar un análisis más detallado (Tabla 12).

**Tabla 12.**

*Estadísticos descriptivos del tiempo total de refrigeración y la temperatura inicial de las formulaciones en el rango de 0 °C a 8 °C.*

<b>Estadísticos</b>	<b>Temperatura inicial</b>	<b>Tiempo de refrigeración</b>
<b>Media</b>	0,222	16,701
<b>Desv. Desviación</b>	0,156	7,227
<b>Mínimo</b>	0,000	7,500
<b>Máximo</b>	0,400	27,478
<b>TAMAÑO</b>	9	9

El tiempo de refrigeración es el indicador clave de la capacidad de un gel para mantener las temperaturas dentro del rango establecido. Podemos observar en la Tabla 11 que los tiempos varían considerablemente, desde un mínimo de 7.5 horas hasta un máximo de 27.478 horas. Esto indica que, mientras algunas formulaciones tienen un rendimiento limitado y pierden su capacidad refrigerante en menos de 8 horas, otras muestran una capacidad sobresaliente, manteniendo la temperatura por más de un día.

La formulación n.º7 registró el mayor tiempo de refrigeración, destacando significativamente sobre los demás con un valor de 27.478 horas, lo que sugiere que este gel particularmente posee la composición y viscosidad óptima para prolongar el enfriamiento. Esta variación también se refleja en la media de la refrigeración (Tabla 12), que es de 16.7 horas, lo cual es un resultado positivo, pues indica que la mayoría de las formulaciones son capaces de mantener el rango establecido durante un tiempo considerable.

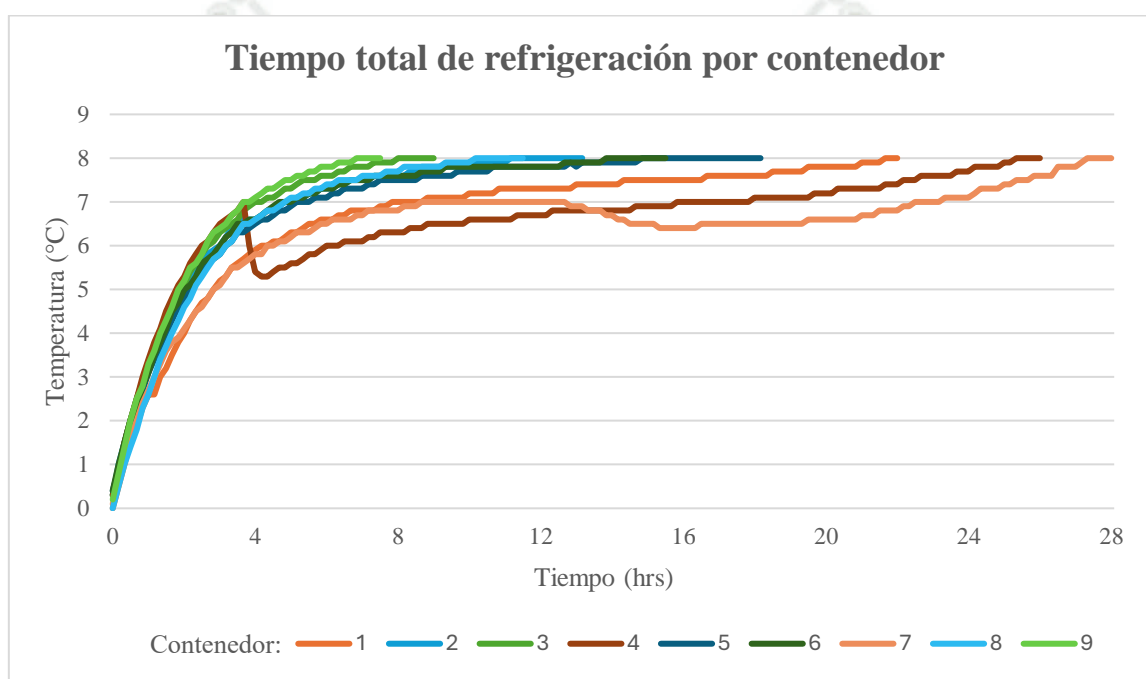
Por otro lado, también podemos observar las diferencias que existen en las temperaturas iniciales tomadas para el análisis que oscilan entre 0.0 °C y 0.4 °C, pues como se explicó anteriormente, los datos fueron registrados en el dispositivo en intervalos grandes de 10 min, además de existir diferencias en las horas de inicio, por ello las temperaturas iniciales seleccionadas que se tomaron para el análisis trataron de acercarse lo más posible a los 0 °C para cumplir con el rango establecido. Sin embargo, estas diferencias entre las temperaturas iniciales son mínimas, lo que sugiere que los geles se encontraban en condiciones bastante homogéneas para el cálculo de tiempo de refrigeración total. Además, esto nos asegura que las variaciones en el tiempo de refrigeración no están influenciadas por las temperaturas de partida, sino probablemente a las características inherentes de las

formulaciones pues observamos que incluso formulaciones con temperaturas iniciales muy similares muestran tiempos de refrigeración muy distintos. Esto indica que la efectividad de las formulaciones depende más de su composición química y estructura que de la temperatura inicial seleccionada.

La Figura 29 proporciona una visión más detallada y comparativa del rendimiento de las formulaciones a lo largo del tiempo.

### Figura 29.

*Tiempo de refrigeración total por contenedor en el rango de 0 °C a 8 °C.*



Si bien es cierto el contenedor n.º 7 fue el más eficaz, podemos observar en la Figura 29 que el contenedor 1, con 22.00 horas y el contenedor 4, con 26.00 horas, también mostraron excelentes rendimientos manteniéndose en el rango de temperatura establecido durante más de 20 horas, lo que sugiere que estas formulaciones también son adecuadas para aplicaciones de larga duración.

Por otro lado, los contenedores n.º 3, 8 y 9 fueron menos eficientes, con tiempos de refrigeración inferiores a las 12 horas. Estas diferencias de refrigeración pueden atribuirse a las variaciones en la composición de las formulaciones, el bajo rendimiento nos indica que es probable que se necesiten ajustes en las concentraciones para mejorar su capacidad de refrigeración y retención de frío.

Los geles n.º1, 4 y 7, además de compartir los mejores rendimientos también presentan las menores viscosidades, como se observa en la Tabla 9, esto nos sugiere que una viscosidad relativamente baja podría ser un factor clave en la prolongación del tiempo de refrigeración. En particular, el gel n.º 7, que conservó el rango de temperatura durante 27.478 horas, con una curva de refrigeración más prolongada, indica que una viscosidad de 6220 cP es la más adecuada en términos de refrigeración. Este hallazgo puede explicarse por la influencia de la viscosidad en la transferencia de calor respaldado por el estudio de Fler A. et al. (65) señalando que, en fluidos de alta viscosidad la transferencia de calor puede ser menos eficiente debido a la mayor resistencia interna al flujo, lo que reduce la eficiencia en la refrigeración. Por lo tanto, mientras que una alta viscosidad puede ralentizar el calentamiento del gel, reteniendo el frío, también puede comprometer su capacidad para enfriar efectivamente. Encontrar una viscosidad adecuada, como la observada en los geles n.º 1, 4 y 7, que combina una transferencia de calor eficiente con una buena retención de frío, resulta esencial para optimizar el rendimiento del gel pack.

Otro aspecto que influye en la eficacia del gel puede ser el tipo de polímero empleado. El gel n.º1, formulado exclusivamente con almidón y sin poliacrilato de sodio, demostró una sorprendente capacidad para mantenerse dentro de 0 °C a 8 °C durante 22 horas, a pesar de no contener polímeros sintéticos, resaltando así el potencial del almidón como material refrigerante. Sin embargo, la incorporación de poliacrilato de sodio en concentraciones crecientes (geles n.º4 y n.º7), mejoró los tiempos de refrigeración, alcanzando las 26 horas y casi 28 horas respectivamente.

Según una investigación de Zhao Y. et al. (97) los valores de calor latente del almidón de maíz y del PANa son similares (333.3 J/g y 332.8 J/g, respectivamente), lo que, por un lado, podría explicar por qué los geles n.º4 y 7 incrementaron su eficacia al combinar dos polímeros ambos con altos valores de calor latente. Además, también nos indica cómo es que gel n.º 1, únicamente empleando el polímero vegetal en su formulación, logró tiempos de refrigeración comparables con los de gel packs comerciales formulados con el polímero sintético PANa. Este hallazgo es respaldado de igual manera por el trabajo de Marcos J. (31), quien realizó una simulación en almacén evaluando la refrigeración en contenedores con diferentes unidades de gel packs comerciales para optimizar el embalaje. Marcos J. utilizó 6 unidades de geles de 500 g y 2 unidades de 250 g en un contenedor de 43 x 32 x 26 cm, logrando 22 horas de refrigeración en el rango de 2 °C a 8 °C. En contraste, nuestro contenedor n.º1 alcanzó también 22 horas de refrigeración pero en el rango de 0 °C a 8 °C y utilizando solo 3 unidades de 500 g en un contenedor más pequeño de 26.4 x 19.6 x 17.95

cm e incluso el contenedor n.º 7 superó este tiempo, alcanzando casi 28 horas con 3 unidades de 500 g y empleando concentraciones reducidas de PANa.

Por otro lado, cabe mencionar también otra de investigación similar a esta tesis, realizada por Zheng et al. (28), quienes formularon hidrogeles refrigerantes a base de almidón de maíz con el objetivo de desarrollar una alternativa más ecológica. Concluyeron que una concentración del 8 % de almidón fue la más estable y mantuvo temperaturas por debajo de los 10 °C durante 60 minutos. Al compararlo con nuestros geles, elaborados de igual forma a base de almidón de maíz, estos lograron conservar igualmente temperaturas por debajo de los 8 °C. Sin embargo, si lo comparamos específicamente con nuestra formulación n.º 2, que empleó una concentración de almidón al 8 %, sin polímeros sintéticos, al igual que en el estudio de Zheng; obtuvimos una duración significativamente mayor, con 13.167 horas. Aunque esta diferencia podría atribuirse a los aditivos adicionales que empleamos y al tipo de gel elaborado, ya que Zheng lo realizó sin empaques plásticos empleando un gel sólido con una retrogradación completa y sin el agua (que había sido expulsada como producto de la sinéresis), a diferencia de nuestra investigación en donde se mantuvo el gel en un empaque de plástico junto con el agua expulsada, podemos deducir que esto pudo haber prolongado el tiempo de refrigeración. Esta comparación demuestra que, aunque el enfoque de ambos estudios es similar, las formulaciones evaluadas en este trabajo ofrecen una solución más robusta para aplicaciones de transporte a largo plazo.

Otra investigación similar, fue la realizada por Suktanarak en Tailandia (25) quien desarrolló geles refrigerantes a partir de almidón de yuca, con el objetivo de ofrecer una alternativa a las compresas frías y calientes aplicadas en terapias. Concluyó que su gel formulado a una concentración de 9.20 g de almidón en 110.80 g de agua, lo que es aproximadamente igual a 83.03 g/L, fue capaz de mantener temperaturas por debajo de los 15 °C durante más de 15 minutos al congelarla previamente 2 horas. Al comparar sus resultados con la Tabla 11 de la presente investigación, específicamente con nuestra formulación n.º 2 que también empleó concentraciones similares, 80 g/L, sin polímeros sintéticos, con un registro de 13.167 horas congelado durante 120 h podemos notar claramente la ventaja de nuestro gel y la importancia de congelar el gel por tiempos prolongados antes de su uso para asegurar mayores tiempos de refrigeración. Además, de manera general nuestras formulaciones lograron mantener bajas temperaturas durante más de 16 horas en promedio, siendo evidente que nuestros geles presentan una capacidad refrigerante superior en términos de duración, lo que sugiere un avance en la tecnología de

geles refrigerantes enfocados en el transporte prolongado. No obstante, esta diferencia puede estar influenciada por los aditivos empleados y las diferencias metodológicas.

#### 4.3. Porcentaje de variación de temperatura empleando una temperatura inicial de 2 °C

Se realizó el cálculo del porcentaje de variación de temperatura, tal como se detalla en el capítulo III de materiales y métodos. Los resultados obtenidos se observan en la Tabla 13.

**Tabla 13.**

*Porcentajes de variación de temperatura de las formulaciones.*

Número de experimento	Temperatura inicial (To)	Temperatura final (Tf)	Variación de la temperatura
1	2.0	4.1	105%
2	2.0	3.9	95%
3	2.0	4.0	100%
4	2.0	3.8	90%
5	2.0	4.1	105%
6	2.0	4.2	110%
7	2.0	3.5	75%
8	2.0	4.4	120%
9	2.0	4.2	110%

En primer lugar, se calcularon los estadísticos descriptivos tanto de las temperaturas iniciales como de las temperaturas finales registradas para realizar un análisis más detallado (Tabla 14).

**Tabla 14.**

*Estadísticos descriptivos de la temperatura inicial y temperatura final.*

Estadísticos	Temperatura inicial (to)	Temperatura final (tf)
--------------	--------------------------	------------------------

<b>Media</b>	2,000	4,022
<b>Desv. Desviación</b>	0,00	2,64
<b>Mínimo</b>	2	3,5
<b>Máximo</b>	0	4,4
<b>TAMAÑO</b>	9	9

La Tabla 14 incluye un análisis de las temperaturas iniciales y finales, donde las formulaciones tuvieron una temperatura inicial homogénea de 2 °C. El análisis relevó un aumento significativo en la temperatura final de dichas formulaciones (media de 4.022 °C), lo que confirma que, aunque las temperaturas finales, obtenidas transcurrida la hora, no resultaron en un incremento muy significativo y se mantuvieron dentro de una refrigeración óptima (con valores menores a los 5 °C), implica que de todas maneras las formulaciones permitieron un calentamiento progresivo, lo que es crucial para entender cómo se comportan los geles a lo largo del tiempo.

La desviación estándar de 2.64 °C indica que hubo cierta variabilidad en los resultados de las distintas formulaciones. Algunas mostraron una mejor capacidad de mantener las temperaturas cercanas a los niveles iniciales, mientras que otras permitieron un mayor aumento en la temperatura. Siendo la mínima temperatura final registrada de 3.5 °C, mientras que, el máximo registrado fue de 4.4°C.

Dado que el objetivo central de este análisis es entender cuál formulación presentó una menor variación de temperatura. A continuación, se presentan los estadísticos descriptivos para analizar el % de variación de la temperatura.

**Tabla 15.**

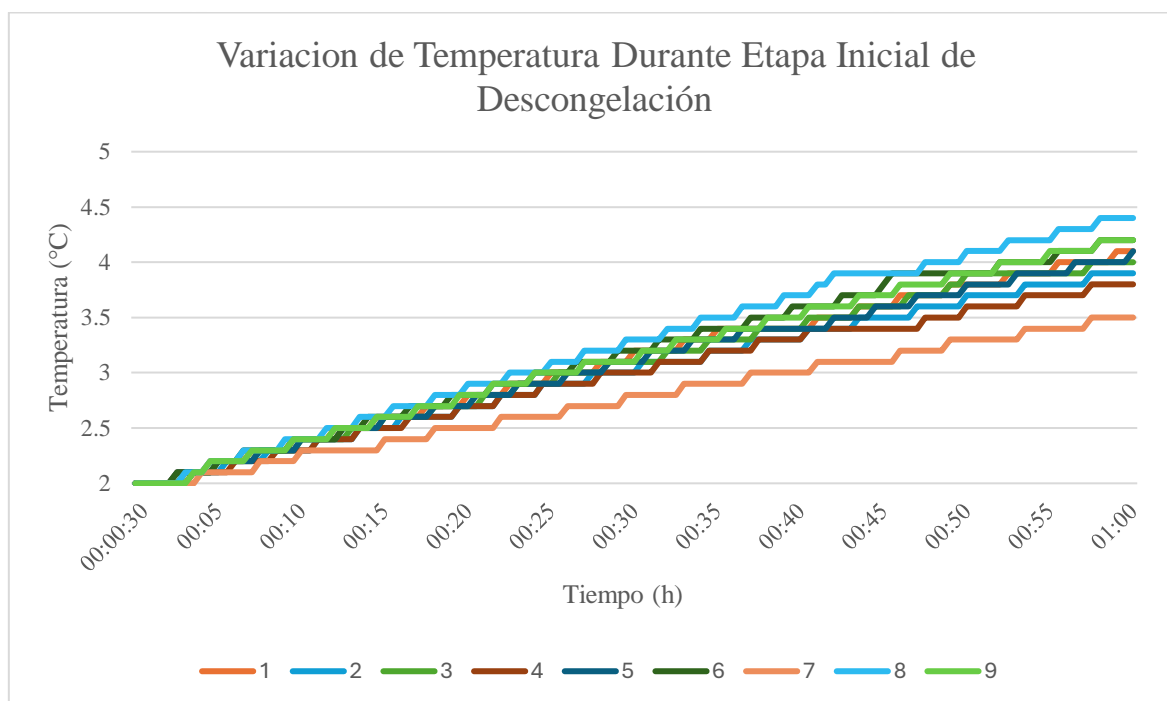
*Estadísticos descriptivos para el % de variación de temperatura.*

<b>Estadísticos</b>	<b>% de variación</b>
<b>Media</b>	101,11
<b>Desv. Desviación</b>	13,18
<b>Mínimo</b>	75
<b>Máximo</b>	120
<b>TAMAÑO</b>	9

Además, en la Figura 30 podemos observar de manera más detallada las variaciones de temperatura que experimentaron los contenedores durante 1 hora de refrigeración.

**Figura 30.**

*Variación de temperatura en las formulaciones durante la etapa inicial de descongelamiento.*



La Tabla 15 nos muestra que la media del porcentaje de variación es de 101.11%, lo que significa que, en promedio, las temperaturas finales fueron aproximadamente el doble que las temperaturas iniciales durante el periodo de prueba. Esto implica que las formulaciones no lograron mantener las condiciones de enfriamiento completamente estables y experimentaron un aumento significativo en la temperatura.

La desviación estándar es de 13.18 %, lo que indica cierta variabilidad entre las distintas formulaciones. Algunas presentaron un aumento de temperatura más pronunciado que otras, lo que sugiere diferencias en la eficacia de los geles para mantener la refrigeración.

El valor mínimo registrado fue del 75 %, siendo la correspondiente como se observa en la Figura 30 a la formulación n.º7, la cual varió de 2°C a 3.5°C en el tramo de 1 hora, destacando considerablemente frente al resto de formulaciones que mostraron incrementos más pronunciados y rápidos, como se refleja en el valor máximo de variación de 120 %,

correspondiente a la formulación n.º8, indicándonos que fue la menos eficaz y permitió que la temperatura se incrementara más del doble de su temperatura inicial.

El porcentaje de variación de temperatura fue un indicador crucial, ya que nos reflejó la capacidad de las formulaciones para mantener temperaturas estables durante la fase inicial de descongelamiento, en donde la temperatura incrementa con mayor rapidez.

En la prueba anterior denominada: Evaluación de tiempo de refrigeración de los geles en el rango e 0 °C a 8 °C, los geles n.º 1, 4 y 7 fueron los mejores en conservar el rango ideal por mayor tiempo. Sin embargo, en esta segunda prueba, donde se analiza específicamente el primer tramo de refrigeración, se puede observar que el gel n.º 7 destacó frente al gel n.º 1 y 4. La única diferencia en su formulación fue la cantidad de poliacrilato de sodio empleado, lo que nos lleva a deducir que este ingrediente influyó en la capacidad de mantener el gel pack más estable en la fase inicial. Cabe mencionar que los geles empleados en esta prueba ya habían cumplido un ciclo de congelamiento – descongelación, además de haber estado refrigerados en muy bajas temperaturas, lo que podría haber aumentado la sinéresis y posiblemente modificó su rendimiento en comparación con la prueba anterior. De todas formas, el gel n.º7 logró mantenerse efectivo a pesar de esto.

El hallazgo de que este haya resaltado frente a los geles n.º1 y 4 debido al contenido de poliacrilato de sodio, es coherente con la investigación Berdja Mohand et al. (98), que demostró que la adición de poliacrilato de sodio a materiales de cambio de fase (PCM) puede mejorar significativamente la estabilidad térmica de los sistemas de refrigeración. El poliacrilato de sodio, al formar una red tridimensional en el gel, contribuye a una liberación de calor más controlada y reduce la variación de temperatura durante el proceso de descongelación. Aunque el azúcar en la formulación puede inducir el sobreenfriamiento al reducir el punto de congelación, el poliacrilato de sodio ayuda a contrarrestar este efecto al proporcionar una estructura que mantiene la estabilidad térmica y evita cambios abruptos en la temperatura. Esta combinación explica por qué la formulación con almidón y 1.5 g/L de poliacrilato de sodio (gel n.º 7) mostró la menor variación de temperatura en la etapa inicial de descongelamiento, en comparación con otras formulaciones que presentaron incrementos rápidos en la temperatura antes de estabilizarse.

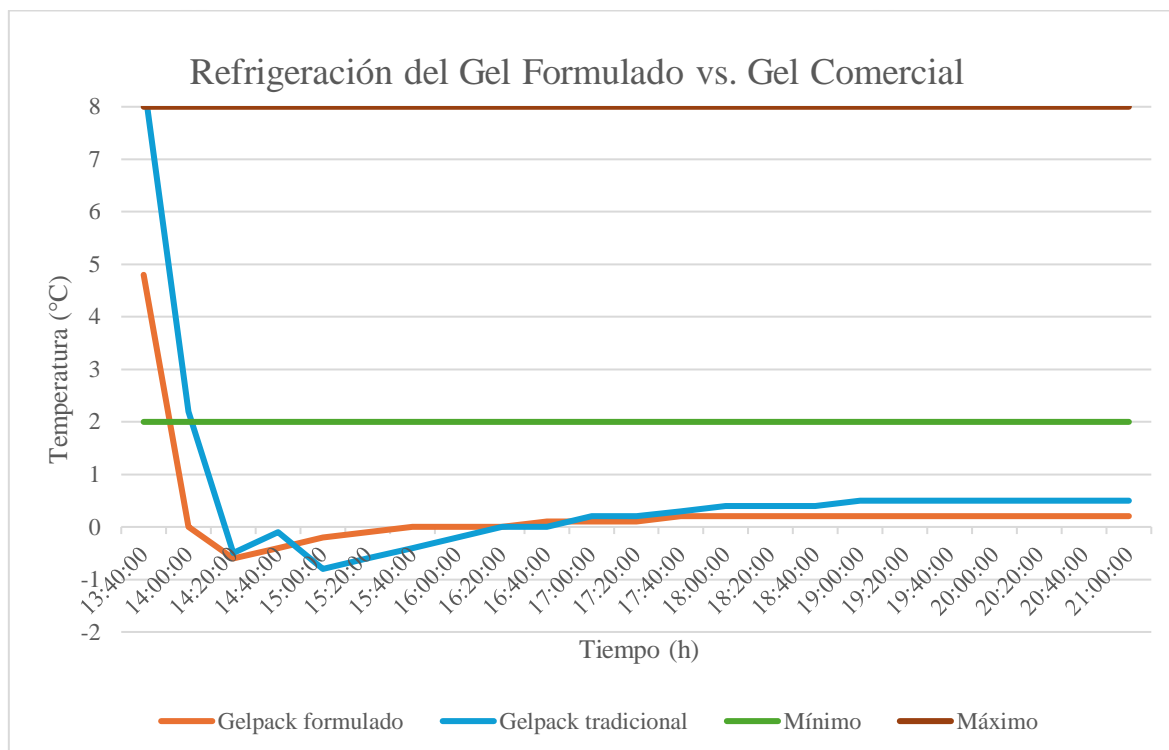
Gracias a ambas pruebas empleadas, se selecciona a la formulación n.º7 como la ideal, no solo en superioridad de tiempo de refrigeración, sino al presentar la menor variación de temperatura, específicamente durante la fase inicial de descongelación.

#### **4.4. Desarrollo de Prueba Piloto de Transporte:**

Se desarrolló la prueba piloto de transporte tal como se detalla en el capítulo III de materiales y métodos. Los valores obtenidos se plasmaron en la Figura 31 para visualizar una comparativa más clara.

**Figura 31.**

*Comparación de eficiencia en refrigeración entre gel formulado y gel comercial durante envío piloto de 8 horas.*



Además, en la Tabla 16 se presenta una comparación detallada entre el gel refrigerante formulado y el gel comercial.

**Tabla 16.**

*Comparación entre datos obtenidos entre gel formulado y gel comercial durante envío piloto.*

Tipo de gel	Temperatura inicial	Temperatura promedio	Incremento de temperatura	Estabilidad térmica
Gel formulado	4.8	1.0	0.1	Alta
Gel comercial	8.0	1.0	0.15	Media

En primer lugar, en términos de temperatura inicial, se observa que el gel formulado comenzó a una temperatura de 4.8 °C, mientras que el gel comercial a 8 °C, ambos a las 13:40:00 h. Esta diferencia inicial es relevante, ya que el gel formulado partió desde un punto más frío. Si bien es cierto ambos geles fueron sometidos de manera igual a un punto rocío de 20 minutos, es decir, fueron atemperados tras salir del congelador. Durante este atemperamiento nuestro gel formulado subió su temperatura a 4.8 °C mientras que el otro gel logró subir su temperatura hasta los 8 °C, lo que podría depender del punto de fusión que hayan tenido y bajo el cuál se encontraban antes de salir del congelador. Puede que nuestro gel formulado, debido principalmente al depresor de punto de fusión aplicado (50 g de azúcar por litro) haya sido mayor al depresor aplicado en la formulación desconocida del gel comercial, en el cual se desconoce tanto el compuesto como la cantidad empleada de anticongelante o hasta incluso la presencia de este. Podríamos sugerir que sus cantidades fueron menores, inexistentes o no tan eficaces como la concentración de azúcar empleada en nuestra formulación y esto explicaría por qué después de 20 minutos incrementó su temperatura a valores más altos, quizá no había alcanzado una temperatura baja adecuada en el congelador durante las 120 h que se lo ingresó. Podemos deducir que la cantidad empleada de azúcar como anticongelante en nuestra fórmula fue suficiente e incluso mejor ya que logró igualar e incluso sobrepasar al gel comercial evaluado.

En cuanto a la temperatura promedio durante las 8 horas de prueba, ambos geles mantuvieron un promedio de 1.0 °C, lo que indica claramente que no se mantuvieron en el rango establecido, siendo para el transporte de vacunas veterinarias para parvovirus lo ideal de 2 °C a 8 °C, esto pudo deberse a un mal acondicionamiento inicial, atemperamiento, el cual depende del tiempo aplicado para alcanzar el punto de rocío ideal, que es empleado antes de ser introducidos al contenedor de envío. El punto de rocío se puede detectar cuando aparecen gotas de agua en la superficie del empaque del gel pack mientras se encuentra en acondicionamiento a temperatura ambiente, es recomendable realizar esta práctica para evitar la congelación de los productos a transportarse (99).

Según Canales E. (16), en su investigación utilizó un punto de rocío de 20 minutos para evitar la congelación en el transporte de muestras parenterales en donde utilizó 5 unidades de gel packs en un contenedor de 42.3 cm x 33.8 cm x 27.7 cm. Sin embargo, en contraste con nuestra prueba, un punto de rocío de 20 min no fue suficiente para acondicionar adecuadamente nuestros geles refrigerantes. Esto podría deberse a varios factores, como el tipo de formulación de gel, el embalaje interno empleado o la cantidad de gel packs por

contenedor. Se necesitan más pruebas para definir un protocolo que establezca el tiempo de punto de rocío adecuado para nuestras formulaciones.

Por otro lado, en la investigación de Marcos J. (31), se estableció un protocolo de embalaje para cadenas de frío que incluyó, además de un acondicionamiento basado en el punto de rocío, una etapa adicional de pre-acondicionamiento. En esta etapa, los geles fueron introducidos a una congeladora a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 72 horas. A diferencia de este estudio, en la presente tesis no se realizó el proceso de pre-acondicionamiento. Sin embargo, podría considerarse su inclusión en futuros estudios, especialmente en casos donde se manejen puntos de fusión bajos, en donde puntos de rocío de 20 minutos no son suficientes, como en nuestro caso, para evitar la congelación de las formulaciones.

A pesar de no haberse mantenido en el rango ideal de temperatura, se puede comparar la eficacia de refrigeración de ambos geles ya que la diferencia significativa radica sus incrementos de temperatura a lo largo del tiempo. El gel formulado experimentó un aumento promedio de  $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$  por hora, mientras que el gel comercial tuvo un incremento mayor, de  $0.15\text{ }^{\circ}\text{C}$  por hora. Esto indica que el gel formulado fue más eficiente a la hora de mantener la estabilidad térmica, presentando un calentamiento más lento y controlado en comparación con el gel comercial.

En términos de estabilidad térmica, el gel formulado es claramente superior, con una calificación de "alta" en comparación con el gel comercial, que recibe una calificación de "media". Esto refleja que el gel formulado no solo parte de una temperatura inicial más baja, sino que también logra mantener la refrigeración de manera más eficiente y estable durante el periodo de transporte, en la Figura 31 observamos como el gel formulado mantiene una temperatura más constante, con fluctuaciones mínimas, mientras que el gel comercial presenta variaciones más pronunciadas y un calentamiento más rápido. Lo que convierte a nuestra fórmula en una alternativa confiable.

Podemos concluir que quizá con un atemperamiento más prolongado y por ende un mayor punto de rocío posiblemente se habría observado igual similitud en los datos por parte de ambos geles refrigerantes. Hasta el momento se puede deducir que ambos geles presentan un tiempo de refrigeración y eficacia similares.

## **5. LIMITACIONES EN EL ESTUDIO**

### **5.1. Falta de réplicas y Análisis estadístico**

Uno de los principales desafíos en la evaluación estadística de los resultados fue la falta de réplicas en las mediciones tanto de viscosidad como del tiempo de refrigeración. En este estudio, se utilizaron 9 formulaciones diferentes de geles refrigerantes, cada una aplicada en un único contenedor. Aunque esto permitió obtener un valor único de tiempo de refrigeración para cada formulación, la ausencia de réplicas limitó la posibilidad de aplicar análisis estadísticos inferenciales, como el ANOVA de dos factores, el cual normalmente requiere múltiples observaciones por cada formulación para evaluar la variabilidad dentro de los grupos. Esto habría permitido determinar con mayor precisión si las diferencias observadas entre las formulaciones son estadísticamente significativas o si podrían deberse al azar.

El diseño experimental ideal hubiera requerido la realización de réplicas para cada formulación con el fin de asegurar la robustez estadística de los resultados. Sin embargo, no fue posible realizar estas réplicas debido a limitaciones de tiempo y recursos, especialmente por los costos asociados a los dispositivos de registro de datos (dataloggers) y los insumos utilizados en la elaboración de las formulaciones.

A pesar de estas limitaciones, los datos obtenidos constituyen un aporte valioso para el estudio de geles refrigerantes, proporcionando información preliminar útil y relevante sobre el comportamiento de las formulaciones en condiciones específicas. Este estudio sienta las bases para investigaciones futuras que puedan profundizar en el tema con diseños experimentales más robustos.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA.** Se logró desarrollar las 9 formulaciones de geles refrigerantes planteadas, las cuales mostraron una considerable variabilidad en viscosidad, lo que sugiere diferencias importantes en su composición, obteniendo valores entre el rango de los 2240 cP y los 17440 cP. Se concluye que estas variaciones están estrechamente relacionadas a las diferencias en las concentraciones de polímeros empleados.

**SEGUNDA.** Se evaluó el tiempo de refrigeración que las formulaciones lograron mantenerse en el rango de 0 °C a 8 °C, en donde los resultados varían significativamente. Formulaciones como la n.º1, 4 y 7 demostraron una capacidad de refrigerante competitiva superando las 20 horas, mientras que otras fueron menos efectivas, con tiempos inferiores a 8 horas. La formulación n.º7 destacó al alcanzar las 27.148 horas, se deduce que una viscosidad de 17440 cP es la ideal para refrigeraciones prolongadas.

**TERCERA.** Se calculó el porcentaje de variación de temperatura, en donde las formulaciones mostraron un aumento significativo en la temperatura, con una diferencia clara entre las temperaturas iniciales y finales transcurrida 1 hora de evaluación partiendo desde los 2 °C. La variación promedio fue del 101.11%, con un valor mínimo de 75% obtenido por la formulación n.º7, destacando con el menor porcentaje de variación de temperatura, lo que evidencia que mantuvo mejor la estabilidad térmica.

**CUARTA.** Se logró realizar la prueba piloto de transporte en donde la comparación entre el gel formulado y el gel comercial mostró que, aunque ambos lograron mantener una temperatura promedio de 1°C durante el envío de 8 horas, el gel formulado presentó un mejor desempeño, con un menor incremento de temperatura (0.1°C frente a 0.15°C del gel comercial). El gel formulado destaca como una opción eficiente y en una alternativa viable y potencialmente más segura que los geles tradicionales.

## RECOMENDACIONES

- En la elaboración de muestras de geles a distintas concentraciones, se recomienda para futuros estudios evaluar las concentraciones de los aditivos empleados para poder determinar si realmente influyen en la formulación, de igual manera, se recomienda el empleo de cantidades de almidón reducidas, dado que, en nuestro estudio, los geles elaborados con menores concentraciones de almidón fueron los más eficaces. Así como evaluar la influencia de los porcentajes de amilosa y amilopectina del almidón y su efecto en la retrogradación y estabilidad del gel.
- En la evaluación del tiempo de refrigeración de las muestras, se recomienda distribuir los geles refrigerantes en las paredes internas dentro del contenedor aislante para permitir un flujo de aire interno adecuado y obtener tiempos de refrigeración más prolongados.
- En el cálculo del porcentaje de variación de temperatura se recomienda emplear intervalos de tiempo de registro cortos para evaluar el incremento de temperatura de manera más precisa durante la fase inicial de descongelación.
- En el desarrollo de pruebas piloto de transporte, para futuros estudios, se recomienda evaluar previamente el punto de rocío ideal dependiendo del número de paquetes de gel utilizados y la formulación empleada, para lograr un acondicionamiento inicial eficaz y evitar la congelación de los productos biológicos. Así como la inclusión de una etapa de pre-acondicionamiento.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Verified Market Reports. Reusable Gel Pack Market Size, Growth Forecast: Growth Forecast and Emerging Trends for 2024-2031 [Internet]. 2024 [citado 28 de setiembre de 2024]. Disponible en: <https://www.linkedin.com/pulse/reusable-gel-pack-market-size-growth-forecast-emerging-9x2sf>
2. Bernal Lemus AR, Capera Beltrán DM. Propuesta para la implementación de reutilización de geles refrigerantes para almacenamiento y transporte de medicamentos en Audifarma S.A. [tesis de licenciatura en Internet]. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2021 [citado 10 de mayo de 2024]. 127p. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/26718>
3. Poison.org. What's inside ice packs? [Internet]. 2020 [citado 10 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.poison.org/articles/whats-inside-ice-packs-201>
4. Chazovachii PT, Somers MJ, Robo MT, Collias DI, James MI, Marsh ENG, et al. Giving superabsorbent polymers a second life as pressure-sensitive adhesives. Nature Communications [Internet]. 26 de julio de 2021 [citado 10 de mayo de 2024];12(1):4524. Disponible en: doi: 10.1038/s41467-021-24488-9
5. Sandstone Research. Gel Ice Pack Market Size 2023-2030 Global Industrial Analysis, Key Geographical Regions, Market Share, Top Key Players, Product Types and Forecast R. [Internet]. 2023 [citado 28 de setiembre de 2024]. Disponible en: <https://www.linkedin.com/pulse/gel-ice-pack-market-size-2023-2030-global-industrial-ojnuf>
6. Trejo Cuevas K, Rodríguez Castillejos G, Reyes Gallardo J, Lizarazo Ortega C, Hernández Jiménez C. Almidón, una plataforma versátil en la industria de alimentos. Revista Boliviana Química [Internet]. 2024 [citado 28 de setiembre de 2024];41(1):44. Disponible en: doi: <https://doi.org/10.34098/2078-3949.41.1.6>
7. Melendres A.V., Manacob C.J.A., Vera Cruz R.P. Effect of Corn Starch on the Biodegradability and Absorbency of Superabsorbent Polymer, Chemical Engineering Transactions [Internet]. 2022 [citado 15 de junio de 2024]; 92,427-432. Disponible en: doi:10.3303/CET2292072
8. Uline. Safety Data Sheet: Uline Gel Packs [Ficha de seguridad] [Internet]. 2016 Feb [citado 10 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.uline.com/PDF/SS-18256.pdf>

9. Staples. Safety Data Sheet: Staples Gel Packs [Ficha de seguridad] [Internet]. 2015 [citado 10 de mayo de 2024]. Disponible en: <http://sds.staples.com/msds/802292.pdf>
10. Versluys. Ficha de seguridad del gel refrigerante [Ficha de seguridad] [Internet]. [citado 10 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://versluysltda.cl/pdf/Gel-Refrigerante.pdf>
11. Beaufort. Safety Data Sheet: Gel Ice Pack [Ficha de seguridad]. [Internet]. 2019 [citado 10 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://beaufort.tricare.mil/Portals/110/documents/safety/SDS/1558%20-%20Gel%20Ice%20Pack.pdf>
12. Lim TY, Poole RL, Pageler NM. Propylene Glycol Toxicity in Children. The Journal of Pediatric Pharmacology and Therapeutics [Internet]. 1 de octubre de 2014 [citado 10 de mayo de 2024];19(4):277–82. Disponible en: doi: 10.5863/1551-6776-19.4.277
13. Bou N. Teacher notes: The Structure of Starch. [Internet]. [citado 10 de mayo de 2024]. Disponible en: [http://www.xtec.cat/monografics/cirel/pla\\_le/nottingham/nuria\\_bou/materials/teacher\\_notes/09.pdf](http://www.xtec.cat/monografics/cirel/pla_le/nottingham/nuria_bou/materials/teacher_notes/09.pdf)
14. Kairu L. Veterans General Hospital Taipei. Peligros de las sustancias: polímeros superabsorbentes [Internet]. 2011 [citado 10 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://wd.vghtpe.gov.tw/CT/Fpage.action?muid=14889&fid=13635>
15. Gadtya AS, Tripathy D, Moharana S. Recycling and Reuse of Superabsorbent Polymers [Internet]. 2023 [citado 10 de mayo de 2024];p. 161–83. Disponible en: doi: 10.1007/978-981-99-3094-4\_9
16. Wilske B, Bai M, Lindenstruth B, Bach M, Rezaie Z, Frede HG, et al. Biodegradability of a polyacrylate superabsorbent in agricultural soil. Environmental Science and Pollution Research [Internet]. 2014 Aug 14 [citado 10 de mayo de 2024];21(16):9453–60. Disponible en: doi: 10.1007/s11356-013-2103-1
17. Fortune Business Insights. Cold Chain Packaging Refrigerants Market Size, Share & COVID-19 Impact Analysis, By Product type (Gel Packs, Foam Bricks, and Others), By Application (Pharmaceuticals, Food, and Industrial) and Regional Forecast, 2020-2032 [Internet]. 2024 [citado 10 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.fortunebusinessinsights.com/cold-chain-packaging-refrigerants-market-104287>

18. Oss Emer L. Sugar – The best antifreeze [Internet]. [citado 15 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.pianetadessert.com/sugar-the-best-antifreeze/>
19. Mosquera Narváez DM. Estudio del Aprovechamiento de Subproductos de Poliacrilato de Sodio y Celulosa Provenientes de la Industria Pañalera en Procesos de Perforación Petrolera [tesis de licenciatura en Internet]. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2012 [citado 15 de junio de 2024]. 138p. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/11378/02300184.2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
20. Stream Peak. Ice Packs Vs. Ice Gel Packs: Exploring Differences and Applications [Internet]. 2020 [citado 1 de junio de 2024]. Disponible en: <https://streampeak.com.sg/blog/benefits-of-ice-gel-packs/>
21. Shore B. Engineering for the Environment – Part 1: Cold Packs and Diapers [Internet]. 2021 [citado 28 de setiembre de 2024]. Disponible en: [https://minusworks.com/blogs/news/the-science-behind-cold-packs-part-3-engineering-for-the-environment#\\_ftn1](https://minusworks.com/blogs/news/the-science-behind-cold-packs-part-3-engineering-for-the-environment#_ftn1)
22. Bukunola O. (IV) Oxide and Sorbic Acid in Carbonated Drinks. Science and Education [Internet]. 2017 [citado 11 de mayo de 2024]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/341043692\\_IV\\_Oxide\\_and\\_Sorbic\\_Acid\\_in\\_Carbonated\\_Drinks](https://www.researchgate.net/publication/341043692_IV_Oxide_and_Sorbic_Acid_in_Carbonated_Drinks)
23. U.S. Food & Drug Administration. CFR – Code of Federal Regulations Title 21 [Internet]. 2024 [citado 11 de mayo de 2024]. Disponible en: [https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=184.1021&SearchTerm=benzoic%20acid#:~:text=\(d\)%20The%20ingredient%20is%20used,of%200.1%20percent%20in%20food.](https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=184.1021&SearchTerm=benzoic%20acid#:~:text=(d)%20The%20ingredient%20is%20used,of%200.1%20percent%20in%20food.)
24. Pranav Baskar. What Is A Cold Chain? And Why Do So Many Vaccines Need It? [Internet]. 2021 [citado 11 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.npr.org/sections/goatsandsoda/2021/02/24/965835993/what-is-a-cold-chain-and-why-do-so-many-vaccines-need-it>
25. Sukthanarak P. แผ่นเจลประดิดษฐ์จากแป้งมันสำปะหลังสำหรับการประคบน้ำร้อน–เย็น. JSTEL [Internet]. 2021 [citado 10 de mayo de 2024];12(2):316-29. Disponible en: doi: 10.14456/jstel.2021.21
26. Santamaria M, Montes L, Garzon R, Moreira R, Rosell CM. Unraveling the impact of viscosity and starch type on the *in vitro* starch digestibility of different gels. Food

- & Function [Internet]. 2022 [citado 28 de setiembre de 2024];13(14):7582–90. Disponible en: doi: 10.1039/D2FO00697A
27. Czarnecka E, Nowaczyk J. Semi-Natural Superabsorbents Based on Starch-g-poly(acrylic acid): Modification, Synthesis and Application. *Polymers* [Internet]. 2020 Aug 10 [citado 28 de setiembre de 2024];12(8):1794. Disponible en: doi: 10.3390/polym12081794
28. Zheng Y, Ma Y, Ukwatta RH, Xue F, Li C. Development of Novel Cornstarch Hydrogel-Based Food Coolant and its Characterization. *Polymers* [Internet]. 2024 Feb 20 [citado 28 de setiembre de 2024];16(5):569. Disponible en: doi: 10.3390/polym16050569
29. Zoungranan Y, Lynda E, Dobi-Brice KK, Tchirioua E, Bakary C, Yannick DD. Influence of natural factors on the biodegradation of simple and composite bioplastics based on cassava starch and corn starch. *Journal of Environmental Chemical Engineering* [Internet]. 2020 Oct [citado 28 de setiembre de 2024];8(5):104396. Disponible en: doi: 10.1016/j.jece.2020.104396
30. Canales Matta EA. Validación del sistema de cadena de frío en el transporte terrestre de mezclas para nutrición parenteral total de Lima a Trujillo [tesis de licenciatura en Internet]. Perú: Universidad Nacional San Luis Gonzaga, 2020 [citado 10 de mayo de 2024]. 74p. Disponible en: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIC\\_7109ce95214cac1f67b114be1284a0bd/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIC_7109ce95214cac1f67b114be1284a0bd/Details)
31. Marcos Rodríguez JF. Calificación de la cadena de frío durante el proceso de embalaje, transporte y distribución de una distribuidora farmacéutica, 2017 [tesis de licenciatura en Internet]. Perú: Universidad Nacional de Trujillo, 2019 [citado 10 de mayo de 2024]. 46p. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c9b64df4-418c-413f-bfa2-270fab0bc0fd/content>
32. Pinzon-Moreno DD, Maurate-Fernandez IR, Flores-Valdeon Y, Neciosup-Puican AA, Carranza-Oropeza MV. Degradation of Hydrogels Based on Potassium and Sodium Polyacrylate by Ionic Interaction and Its Influence on Water. *Polymers* [Internet]. 2022 Jun 29 [citado 28 de setiembre de 2024];14(13):2656. Disponible en: doi: 10.3390/polym14132656
33. Gutierrez-Aguado A, Mendoza M, Sarazú T, Rodriguez-Ordoñez P. Cold chain of the Peruvian National Immunization Program in the context of the COVID-19

- pandemic. Revista De La Facultad De Medicina Humana [Internet].2024 [citado 28 de setiembre de 2024];24(1). Disponible en: doi: <https://doi.org/10.25176/RFMH.v24i1.6189>
34. Paredes Vega RA. Propuesta de elaboración de bioplástico en base a almidón de yuca para vasos descartables [trabajo de grado de bachillerato en Internet]. Arequipa: Universidad Continental, 2020 [citado 10 de mayo de 2024]. 91p. Disponible en: [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12438/2/IV\\_FIN\\_108\\_TI\\_Paredes\\_Vega\\_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12438/2/IV_FIN_108_TI_Paredes_Vega_2020.pdf)
  35. Escalona García EI. Evaluación y análisis de las etapas de almacenamiento y distribución para producto en investigación [tesis de licenciatura en Internet]. México: Instituto Tecnológico de Monterrey, 2018 [citado 11 de mayo de 2024]. 90p. Disponible en: <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/631997>
  36. Guo S, Zhang A. Review of different temperatures for biopreservation. International Journal of Refrigeration [Internet]. 2024 Jan [citado 11 de mayo de 2024];157:53–59. Disponible en: doi: 10.1016/j.ijrefrig.2023.10.014
  37. Anderson OE Jr. Refrigeration in America: A History of a New Technology and Its Impact [Internet]. Princeton University Press, 2015 [citado 11 de mayo de 2024]. 368p. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=sUTWCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP12&dq=refrigeration+history&ots=X7SPckhMPx&sig=80nUSz4zsSsYlG4mJrilC5PzB6w#v=onepage&q&f=false>
  38. Jay JM. Low-Temperature Food Preservation and Characteristics of Psychrotrophic Microorganisms. Morden Food Microbiology [Internet]. 1998 [citado 11 de mayo de 2024]; 328-46. Disponible en: doi: 10.1007/978-1-4615-7476-7\_15
  39. Ministerio de Salud del Gobierno de Argentina. Vacunación Segura: Cadena de frío “Manual de almacenamiento de las vacunas para el Nivel Operativo” [Internet]. Buenos Aires: Ministerio de Salud del Gobierno de Argentina, 2013 [citado 11 de mayo de 2024]. 41p. Disponible en: [https://bancos.salud.gob.ar/sites/default/files/2020-01/0000000441cnt-2013-07\\_manual-cadena-frio-cdf15x15\\_imprenta.pdf](https://bancos.salud.gob.ar/sites/default/files/2020-01/0000000441cnt-2013-07_manual-cadena-frio-cdf15x15_imprenta.pdf)
  40. SURISA. Thermometers for medicine refrigerators [Internet]. [citado 11 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.sensores-temperatura.com/en/pharma/medicine-refrigerator-temperature-control>

41. Shashi S, Centobelli P, Cerchione R, Ertz M. Food cold chain management: what we know and what we deserve. *Supply Chain Management: An International Journal* [Internet]. 2021 Jan 4 [citado 11 de mayo de 2024];26(1):102–35. Disponible en: doi: 10.1108/SCM-12-2019-0452
42. Vértiz Combe Ú. La cadena de frío en la industria farmacéutica: Del fabricante al paciente. *Ingeniería Industrial* [Internet]. 2011 [citado 11 de mayo de 2024];(29):11-34. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428495002>
43. PAPELMATIC. ¿Qué es la cadena de frío y cuáles son sus etapas? [Internet]. [citado 11 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://papelmatic.com/que-es-la-cadena-del-frio-y-cuales-son-sus-etapas/#:~:text=La%20cadena%20del%20fr%C3%ADo%20es,y%20seguros%20para%20el%20consumo>
44. SimpliRoute. Cadena de Frío en Alimentos: El Desafío Logístico [Internet]. 2023 [citado 11 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://simpliroute.com/es/blog/cadena-de-frio-en-alimentos>
45. Tazón F. Temperatura ambiente y cadena de frío [Internet]. 2017 [citado 11 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.fernandotazon.com.es/2017/03/03/temperatura-ambiente-y-cadena-de-frio/>
46. SIGFOX. Food temperature cold chain monitoring sensors ensure better food safety [Internet]. [citado 11 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.sigfox.com/food-safety-cold-chain-monitoring/>
47. Romero B. Cold chain packaging systems: Comparison of active, passive and hybrid thermal systems [Internet]. 2022 [citado 11 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.pharmalogisticsiq.com/logistics/articles/cold-chain-packaging-systems-comparison-of-active>
48. Defraeye T, Cronjé P, Berry T, Opara UL, East A, Hertog M, et al. Towards integrated performance evaluation of future packaging for fresh produce in the cold chain. *Trends in Food Science & Technology* [Internet]. 2015 Aug [citado 11 de mayo de 2024];44(2):201–25. Disponible en: doi: 10.1016/j.tifs.2015.04.008
49. Organización Mundial de la Salud [Internet]. [citado 11 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.who.int/es/>
50. Bovaira García J, Fernández Lorente L, Rubia Nieto A, San Miguel Zamora T. Conservación de medicamentos termolábiles [Internet]. Murcia: Hospital

- Universitario “Virgen de la Arrixaca”, 2004 [citado 1 de junio de 2024]. 128p. Disponible en: <https://www.sefh.es/pdfs/ConservacionDeMedicamentos.pdf>
51. Muñoz Cortés VH, Lorenzana Castro LC. Virbac al día. Manejo de biológicos: Cadena Fría [Internet]. [citado 1 de junio de 2024]. Disponible en: <https://laboratoriouniversal.com/home/biblioteca/18.pdf>
  52. FedEx Express. Guía de embalaje de productos [Internet]. [citado 1 de junio de 2024]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/slideshow/formas-de-como-enbalar-un-producto/40437115#11>
  53. Cruz Tenhjay K, Melo Cruz S, Pérez Márquez AJ, Rincón Vásquez AM. GELES [informe de Laboratorio en Internet]. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2015 [citado 1 de junio de 2024]. 11p. Disponible en: <https://es.slideshare.net/slideshow/generalidades-sobre-geles/58229776>
  54. Carbajal López DE, Urriolagoitia Sosa G, Romero Ángeles B, Carbajal López A. Análisis numérico – experimental utilizando hielos y geles refrigerantes, para el transporte de alimentos [Internet]. Lima: Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja [citado 1 de junio de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.unat.edu.pe/bitstream/123456789/135/1/An%C3%A1lisis%20num%C3%A9rico-experimental%20utilizando%20hielos%20y%20geles%20refrigerantes%2C%20para%20el%20transporte%20de%20alimentos.pdf>
  55. Pelton Shepherd. What Is In Ice Packs? Understanding The Gel Composition [Internet]. [citado 1 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.peltonshepherd.com/resources/industry-updates/what-is-the-gel-in-ice-packs/>
  56. TempAid. Top 10 questions asked about bulk gel packs for food and pharmaceuticals [Internet]. [citado 1 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.tempaidcoldchain.com/bulk-gel-packs-for-food-and-pharmaceuticals/>
  57. Stream Peak. Ice Packs Vs. Ice Gel Packs: Exploring Differences and Applications [Internet]. 2020 [citado 1 de junio de 2024]. Disponible en: <https://streampeak.com.sg/blog/benefits-of-ice-gel-packs/>
  58. Thermogard. Water Packs versus Gel Packs – How do they compare? [Internet]. [citado 1 de junio de 2024]. Disponible en: <https://blog.thermogard.com/water-packs-versus-gel-packs-how-do-they-compare>

59. Barrera J, Ramírez León SA, Pérez Trujillo JA, Sánchez Angeles E, Cruz Alvarez A. Mecanismos de transferencia de calor. TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río [Internet]. 2021 [citado 1 de junio de 2024];8(16):38–42. Disponible en: doi: 10.29057/estr.v8i16.6401
60. Batista M. Transferencia de Calor. El Tecnológico [Internet]. 2015 [citado 15 de junio de 2024];25(1):12–3. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/el-tecnologico/article/view/63>
61. Incropera F, DeWitt D. Fundamentos de transferencia de calor [Internet]. School of Mechanical Engineering Purdue University, 1999 [citado 15 de junio de 2024]. 912p. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=QqfJw4tpIjcC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
62. Mortarotti E. Dispotech. What’s inside ice packs? [Internet]. 2023 [citado 15 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.dispotech.com/en/blog/what-s-inside-ice-packs>
63. Pelton Shepherd. Gel Pack Guide [Internet]. [citado 15 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.peltonshepherd.com/resources/industry-updates/gel-pack-guide/#:~:text=friendly%20gel%20packs.-,What%20Is%20a%20Gel%20Pack%3F,are%20available%20in%20sustainable%20designs>
64. Appel L. Quality & Technology [Internet]. 2020 [citado 15 de junio de 2024]. Disponible en: <https://deridderpackaging.com/en/knowledgebase/all-about-gel-packs-for-transport/>
65. Fleeer AC, Richter M, Span R. Systematic heat transfer measurements in highly viscous binary fluids. Heat and Mass Transfer [Internet]. 2021 Dec 3 [citado 15 de junio de 2024];57(12):2067–80. Disponible en: doi: 10.1007/s00231-021-03087-w
66. Lizarraga Cardenas BM. Producción de Biopolímeros a partir de Residuos Agroindustriales: Una Revisión Sistemática [tesis de licenciatura en Internet]. Perú: Universidad Católica de Santa María, 2024 [citado 15 de junio de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/08bea482-106d-4b6e-b829-73acb1925682/content>
67. Duarte ND, Fiorito RD, Gonzáles CC, Ramírez JC, Sposito FE. Producción de Poliacrilato de Sodio: Polímero Absorbente [Internet]. 2023 [citado 15 de junio de 2024]. Disponible en: <https://ria.utn.edu.ar/handle/20.500.12272/9396>

68. Pariguana Begazo MA, Gonzáles Gutierrez LH. Reciclaje Químico del Polímero Super Absorbente de Pañales Desechables Usados [Internet]. [citado 15 de junio de 2024]. Disponible en: <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/07/526-Per%C2%A6-oral.pdf>
69. Mosquera Narváez DM. Estudio del Aprovechamiento de Subproductos de Poliacrilato de Sodio y Celulosa Provenientes de la Industria Pañalera en Procesos de Perforación Petrolera [tesis de licenciatura en Internet]. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2012 [citado 15 de junio de 2024]. 138p. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/11378/02300184.2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
70. Universidad de Navarra. Poliacrilato de sodio: El secreto del pañal [Internet]. [citado 15 de junio de 2024]. Disponible en: <https://museodeciencias.unav.edu/documents/11140003/32632495/poliacrilato-sodio.pdf/c741f472-7aa3-1e21-f4e8-df23d39eb29a?t=1588932764000>
71. Laboratorios LADCO. Propilenglicol USP en sistemas de refrigeración [Internet]. 2021 [citado 15 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.ladco.com.ar/propilenglicol-anticongelante/#:~:text=El%20Propilenglicol%20es%20el%20agente,de%20glicol%20no%20son%20corrosivas>
72. Mortensen B. Health Effects of Selected Chemicals: Propylene Glycol [Internet]. Danish Technological Institute, 1992 Sep [citado 15 de junio de 2024]. 260p. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=JpBNjBAMogYC&oi=fnd&pg=PA181&dq=propylene+glycol+properties&ots=q1mtbnbl eT&sig=cPNwZ1XDwIotYYyTFBQdl63E30g#v=onepage&q=propylene%20glycol%20properties&f=false>
73. Oss Emer L. Sugar – The best antifreeze [Internet]. [citado 15 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.pianetadessert.com/sugar-the-best-antifreeze/>
74. Study.com. How does sugar act as antifreeze for ice cream? [Internet]. 2023 [citado 15 de junio de 2024]. Disponible en: <https://homework.study.com/explanation/how-does-sugar-act-as-antifreeze-for-ice-cream.html#:~:text=Answer%20and%20Explanation%3A,the%20crystalline%20structures%20of%20ice.>

75. Baywise.org. Proper Disposal of Gel Ice Packs [Internet]. [citado 15 de junio de 2024]. Disponible en: [https://bacwa.org/wp-content/uploads/2021/08/BACWAGelPackFactSheet.Crop\\_x1a.pdf](https://bacwa.org/wp-content/uploads/2021/08/BACWAGelPackFactSheet.Crop_x1a.pdf)
76. TempAid. Eco Friendly EarthWise Drain Safe Gel Packs for Packaging and Shipping [Internet]. [citado 15 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.tempaidcoldchain.com/packaging-components/refrigerants/earth-wise-drain-friendly-gel-packs/>
77. Losadhesivos. Polímeros – definición y clasificación [Internet]. [citado 28 de setiembre de 2024]. Disponible en: <https://losadhesivos.com/definicion-de-polimero.html>
78. López-Carrasquero. Fundamentos de polímeros. Escuela Venezolana para la Enseñanza de la Química [Internet]. 2014 [citado 28 de setiembre de 2024]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/262639386\\_FUNDAMENTOS\\_DE\\_POLIMEROS](https://www.researchgate.net/publication/262639386_FUNDAMENTOS_DE_POLIMEROS)
79. Hermida E. Polímeros – Guía didáctica [Internet]. 2011 [citado 15 de junio de 2024]. Disponible en: [https://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/09\\_Polimeros.pdf](https://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/09_Polimeros.pdf)
80. Kaushik K, Babu Sharma R, Agarwal S. Natural Polymers and their Applications. International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research [Internet]. 2016 [citado 15 de junio de 2024]; 37(2):30-6. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Ram-Babu-Sharma/publication/303032886\\_Natural\\_polymers\\_and\\_their\\_applications/links/6460a35cf43b8a29ba4c183b/Natural-polymers-and-their-applications.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ram-Babu-Sharma/publication/303032886_Natural_polymers_and_their_applications/links/6460a35cf43b8a29ba4c183b/Natural-polymers-and-their-applications.pdf)
81. Sionkowska A. Current research on the blends of natural and synthetic polymers as new biomaterials: Review. Progress in Polymer Science [Internet]. 2011 Sep [citado 28 de setiembre de 2024];36(9):1254–76. Disponible en: doi: 10.1016/j.progpolymsci.2011.05.003
82. Cyras V, Vásquez A. Polímeros biodegradables a partir de almidón [Internet]. [citado 28 de setiembre de 2024]. Disponible en: [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/96780/CONICET\\_Digital\\_Nro.3a912ea3-057b-43a4-bb3e-f1081bc6730e\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y#:~:text=El%20almid%C3%B3n%](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/96780/CONICET_Digital_Nro.3a912ea3-057b-43a4-bb3e-f1081bc6730e_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y#:~:text=El%20almid%C3%B3n%20)

- 20es%20probablemente%2C%20el,los%20residuos%20pl%C3%A1sticos%20no%20biodegradables.
83. Copeland L, Blazek J, Salman H, Tang MC. Form and functionality of starch. *Food Hydrocolloids* [Internet]. 2009 Aug [citado 15 de junio de 2024];23(6):1527–34. Disponible en: doi: 10.1016/j.foodhyd.2008.09.016
84. Tovar Benítez T. Caracterización Morfológica y Térmica de Almidón de Maíz (*Zea mays* L) Obtenido por Diferentes Métodos de Aislamiento [tesis de licenciatura en Internet]. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2008 [citado 15 de junio de 2024]. 78p. Disponible en: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/508/Caracterizacion%20morfologica%20y%20termica%20almidon%20de%20maiz.pdf;jsessionid=39857E6649E49AB73B20ADF31C51F5EA?sequence=1>
85. Mathew A, Oksman K, Thomas S, Habibi Y. Starch-Based Bionanocomposites: Processing and Properties Polysaccharide Building Blocks: A Sustainable Approach to the Development of Renewable Biomaterials. [Internet]. 2014 [citado 28 de setiembre de 2024]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/260165747\\_STARCH-BASED\\_BIONANOCOMPOSITES\\_PROCESSING\\_AND\\_PROPERTIES\\_Polysaccharide\\_Building\\_Blocks\\_A\\_Sustainable\\_Approach\\_to\\_the\\_Development\\_of\\_Renewable\\_Biomaterials\\_First\\_Edition\\_Edited\\_By](https://www.researchgate.net/publication/260165747_STARCH-BASED_BIONANOCOMPOSITES_PROCESSING_AND_PROPERTIES_Polysaccharide_Building_Blocks_A_Sustainable_Approach_to_the_Development_of_Renewable_Biomaterials_First_Edition_Edited_By)
86. Cyras V, Vásquez A. Polímeros biodegradables a partir de almidón [Internet]. Argentina: Universidad Nacional de Mar de Plata – CONICET [citado 15 de junio de 2024]. Disponible en: [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/96780/CONICET\\_Digital\\_Nro.3a912ea3-057b-43a4-bb3e-f1081bc6730e\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/96780/CONICET_Digital_Nro.3a912ea3-057b-43a4-bb3e-f1081bc6730e_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
87. Dicenta S. Almidones resistentes, importancia funcional, fundamentos de su determinación. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* [Internet]. [citado 15 de junio de 2024];65(1). Disponible en: <https://www.alanrevista.org/ediciones/2015/suplemento-1/art-100/#:~:text=El%20almid%C3%B3n%20es%20una%20mezcla,molecular%20promedio%20de%201%20mill%C3%B3n.>
88. Cornejo-Ramírez YI, Martínez-Cruz O, del Toro-Sánchez CL, Wong-Corral FJ, Borboa-Flores J, Cinco-Moroyoqui FJ. The structural characteristics of starches and their functional properties. *CyTA - Journal of Food* [Internet]. 2018 Jan 24 [citado

- 15 de junio de 2024];16(1):1003–17. Disponible en: doi: 10.1080/15563650.2021.1987452
89. Agama – Acevedo E, Juárez – García E, Evangelista – Lozano S, Rosales – Reynoso O, Bello – Pérez L. Características del almidón de maíz y su relación con las enzimas de su biosíntesis. *Agrociencia* [Internet]. 2012 [citado 20 de agosto de 2024];47(1):01-12. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952013000100001](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952013000100001)
90. Cáceres Quispe AG. Elaboración de envases biodegradables a partir de tres fuentes de almidón, Tacna, 2021 [tesis de licenciatura en Internet]. Perú: Universidad Privada de Tacna, 2023 [citado 15 de junio de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3276>
91. López Yáñez JA, Tasigchana Chango JR. Obtención de un material biodegradable y elaboración de un vaso a partir de almidón de maíz [tesis de licenciatura en Internet]. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2022 [citado 15 de junio de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/35517/1/Tesis%20I.M.%20680%20-%20L%C3%B3pez%20Y%C3%A1ñez%20Julio%20Armando%20y%20Tasigchana%20Chango%20Jorge%20Ra%C3%BAI.pdf>
92. Jiang T, Duan Q, Zhu J, Liu H, Yu L. Starch-based biodegradable materials: Challenges and opportunities. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research* [Internet]. 2020 Jan [citado 15 de junio de 2024];3(1):8–18. Disponible en: doi: 10.1016/j.aiepr.2019.11.003
93. Nurman S, Yulia R, Irmayanti, Noor E, Candra Sunarti T. The Optimization of Gel Preparations Using the Active Compounds of Arabica Coffee Ground Nanoparticles. *Scientia Pharmaceutica* [Internet]. 2019 Nov 19 [citado 28 agosto de 2024];87(4):32. Disponible en: doi: 10.3390/scipharm87040032
94. Mezger TG. *The Rheology Handbook*. 4th ed. Vincentz Network; 2019. Viscosity determination of polymer solutions and gels by capillary and rotational viscometry [Internet]. Disponible en: [https://www2.sci.u-szeged.hu/physchem/indexh\\_html\\_files/reologia\\_eng\\_20210205.pdf](https://www2.sci.u-szeged.hu/physchem/indexh_html_files/reologia_eng_20210205.pdf)
95. Nurman S, Yulia R, Irmayanti, Noor E, Candra Sunarti T. The Optimization of Gel Preparations Using the Active Compounds of Arabica Coffee Ground Nanoparticles.

- Scientia Pharmaceutica [Internet]. 2019 Nov 19 [citado 28 agosto de 2024];87(4):32. Disponible en: doi: 10.3390/scipharm87040032
96. van Krevelen DW, te Nijenhuis K. Rheological Properties of Polymer Solutions. In: Properties of Polymers. Elsevier [Internet]. 2009 [citado 28 de agosto de 2024]. p. 599–644. Disponible en: doi: 10.1016/B978-0-08-054819-7.00016-9
97. Zhao Y, Zhang X, Xu X, Zhang S. Research progress of phase change cold storage materials used in cold chain transportation and their different cold storage packaging structures. Journal of Molecular Liquids [Internet]. 2020 Dec [citado 28 de agosto de 2024];319:114360. Disponible en: doi: 10.1016/j.molliq.2020.114360
98. Berdja M, Hu J, Hamid A, Sari O. Investigation on the anti-supercooling effect of sodium polyacrylate as an additive in phase change materials for the applications of latent heat thermal energy storage. Journal of Energy Storage [Internet]. 2021 Apr [citado 29 de agosto de 2024]; 36:102397. Disponible en: doi: 10.1016/j.est.2021.102397
99. Correa D. Cadena de frío: ¿Cómo garantizar su conservación durante el transporte? [Internet]. 2017 [citado 28 de setiembre de 2024]. Disponible en: <https://prezi.com/x072lcweyxoh/cadena-de-frio/>

## ANEXOS

**Anexo 1.** Reporte Interno de Incidencias de Derrames de Empresa Arequipeña en el Transporte de Productos Biológicos.

## Informe de Área Logística

**Fecha:** viernes 05 de mayo del 2023

**Departamento:** Logística

**Ubicación:** Arequipa, Perú

---

**Asunto:** Análisis de Incidencias de Derrames en el Transporte de Productos Biológicos – 2023

Este informe presenta un análisis de las incidencias de derrames en los envíos de productos biológicos durante el período de noviembre de 2022 a marzo de 2023. El objetivo es evaluar la tasa de derrame, su impacto en la calidad de los productos y las áreas de mejora necesarias para asegurar la integridad de la cadena de frío y minimizar pérdidas económicas.

### 1. Detalle de Incidencias

Desde diciembre de 2022, el departamento de logística, en colaboración con el personal encargado de embalaje, ha monitoreado todos los envíos de productos biológicos realizados. Se ha recopilado información sobre incidentes relacionados con derrames y, a partir de los registros obtenidos, se ha identificado que aproximadamente 1 de cada 50 envíos presenta problemas de derrame antes de llegar a su destino final. Estos derrames han provocado contaminación de los productos, afectando su calidad y generando pérdidas económicas significativas. Además, los clientes han expresado preocupación y malestar al encontrar gel derramado que han tenido que manipular, así como al no conocer el contenido del gel. La tasa de derrame actual es del 2%, lo que representa un área crítica de mejora dada nuestra responsabilidad con la seguridad y calidad de los productos entregados.

Mes	Envíos Realizados	Envíos Derramados	Porcentaje de Derrames
Noviembre 2022	110	2	1.82%
Diciembre 2022	105	2	1.90%
Enero 2023	120	3	2.50%
Febrero 2023	130	3	2.31%
Marzo 2023	125	4	3.20%

### 2. Análisis

- **Causas Identificadas:**

- **Problemas en el sellado de geles.**
- **Distribución inadecuada de geles dentro del contenedor.**

### **3. Impacto:**

- Contaminación de los productos de los clientes.
- Ruptura de la cadena de frío debido a movimientos durante el transporte.
- Aumento en los costos operativos por la necesidad de reenviar productos afectados.
- Temor y malestar entre los clientes al manejar el gel derramado y al no conocer su contenido.

### **4. Recomendaciones**

- **Revisión de Empaques:**  
Mejorar el proceso de sellado, ajustando las temperaturas de envasado y considerando nuevas tecnologías para la disposición de geles dentro del contenedor de envío.
- **Fórmula Nueva de Geles:**  
Desarrollar una nueva fórmula de geles que facilite la manipulación en caso de derrame, con el objetivo de reducir la tasa de derrame a niveles comparables con los estándares de la industria.
- **Capacitación del Personal:**  
Capacitar al personal involucrado en la manipulación y transporte de productos, proporcionando manuales informativos sobre las mejores prácticas de embalaje y manejo de incidencias.
- **Seguimiento Continuo y Auditorías:**  
Implementar un sistema de seguimiento continuo y auditorías regulares para monitorear la efectividad de las mejoras implementadas.

### **5. Conclusiones**

Las incidencias de derrames en los envíos de productos biológicos requieren una atención inmediata. Las recomendaciones propuestas están orientadas a mejorar la calidad del proceso y reducir la tasa de derrame, con el objetivo de asegurar la satisfacción del cliente y minimizar pérdidas económicas.

---

**Departamento de Logística**  
**5 de mayo de 2023**



Figura 33.  
Datalogger N°2

Date	Time	°C	Date	Time	°C	Date	Time	°C	Date	Time	°C
17-06-24	18:50:59	-1.8	18-06-24	13:18:50	8.3	18-06-24	07:38:50	11.6	20-06-24	01:58:59	18.3
17-06-24	19:18:59	-1.8	18-06-24	13:38:50	8.3	18-06-24	07:58:59	11.6	20-06-24	02:18:59	18.3
17-06-24	19:48:59	-1.8	18-06-24	13:58:59	8.3	18-06-24	08:18:59	11.6	20-06-24	02:38:59	18.3
17-06-24	20:18:59	-1.8	18-06-24	14:18:59	8.4	18-06-24	08:38:59	11.7	20-06-24	02:58:59	18.3
17-06-24	20:48:59	-1.8	18-06-24	14:38:59	8.4	18-06-24	08:58:59	11.8	20-06-24	03:18:59	18.2
17-06-24	21:18:59	-1.8	18-06-24	14:58:59	8.5	18-06-24	09:18:59	11.8	20-06-24	03:38:59	18.2
17-06-24	21:48:59	-1.8	18-06-24	15:18:59	8.5	18-06-24	09:38:59	11.9	20-06-24	03:58:59	18.3
17-06-24	22:18:59	-1.8	18-06-24	15:38:59	8.5	18-06-24	09:58:59	12.0	20-06-24	04:18:59	18.2
17-06-24	22:48:59	-1.8	18-06-24	15:58:59	8.5	18-06-24	10:18:59	12.1	20-06-24	04:38:59	18.2
17-06-24	23:18:59	-1.8	18-06-24	16:18:59	8.6	18-06-24	10:38:59	12.2	20-06-24	04:58:59	18.2
17-06-24	23:48:59	-1.8	18-06-24	16:38:59	8.6	18-06-24	10:58:59	12.2	20-06-24	05:18:59	18.2
17-06-24	24:18:59	-1.8	18-06-24	16:58:59	8.6	18-06-24	11:18:59	12.3	20-06-24	05:38:59	18.2
17-06-24	24:48:59	-1.8	18-06-24	17:18:59	8.6	18-06-24	11:38:59	12.3	20-06-24	05:58:59	18.2
17-06-24	25:18:59	-1.8	18-06-24	17:38:59	8.6	18-06-24	11:58:59	12.4	20-06-24	06:18:59	18.1
17-06-24	25:48:59	-1.8	18-06-24	17:58:59	8.6	18-06-24	12:18:59	12.5	20-06-24	06:38:59	18.1
17-06-24	26:18:59	-1.8	18-06-24	18:18:59	8.6	18-06-24	12:38:59	12.6	20-06-24	06:58:59	18.1
17-06-24	26:48:59	-1.8	18-06-24	18:38:59	8.6	18-06-24	12:58:59	12.6	20-06-24	07:18:59	18.1
17-06-24	27:18:59	-1.8	18-06-24	18:58:59	8.6	18-06-24	13:18:59	12.7	20-06-24	07:38:59	18.1
17-06-24	27:48:59	-1.8	18-06-24	19:18:59	8.6	18-06-24	13:38:59	12.8	20-06-24	07:58:59	18.1
17-06-24	28:18:59	-1.8	18-06-24	19:38:59	8.6	18-06-24	13:58:59	12.8	20-06-24	08:18:59	18.1
17-06-24	28:48:59	-1.8	18-06-24	19:58:59	8.6	18-06-24	14:18:59	12.9	20-06-24	08:38:59	18.1
17-06-24	29:18:59	-1.8	18-06-24	20:18:59	8.3	18-06-24	14:38:59	13.0	20-06-24	08:58:59	18.1
17-06-24	29:48:59	-1.8	18-06-24	20:38:59	8.2	18-06-24	14:58:59	13.1	20-06-24	09:18:59	18.0
17-06-24	30:18:59	-1.8	18-06-24	20:58:59	8.2	18-06-24	15:18:59	13.2	20-06-24	09:38:59	18.0
17-06-24	30:48:59	-1.8	18-06-24	21:18:59	8.2	18-06-24	15:38:59	13.3	20-06-24	09:58:59	18.0
17-06-24	31:18:59	-1.8	18-06-24	21:38:59	8.2	18-06-24	15:58:59	13.4	20-06-24	10:18:59	18.0
17-06-24	31:48:59	-1.8	18-06-24	21:58:59	8.2	18-06-24	16:18:59	13.5	20-06-24	10:38:59	18.0
17-06-24	32:18:59	-1.8	18-06-24	22:18:59	8.2	18-06-24	16:38:59	13.6	20-06-24	10:58:59	18.0
17-06-24	32:48:59	-1.8	18-06-24	22:38:59	8.2	18-06-24	16:58:59	13.7	20-06-24	11:18:59	18.0
17-06-24	33:18:59	-1.8	18-06-24	22:58:59	8.2	18-06-24	17:18:59	13.8	20-06-24	11:38:59	18.0
17-06-24	33:48:59	-1.8	18-06-24	23:18:59	8.2	18-06-24	17:38:59	13.9	20-06-24	11:58:59	18.0
17-06-24	34:18:59	-1.8	18-06-24	23:38:59	8.2	18-06-24	17:58:59	14.0	20-06-24	12:18:59	17.9
17-06-24	34:48:59	-1.8	18-06-24	23:58:59	8.2	18-06-24	18:18:59	14.1	20-06-24	12:38:59	17.9
17-06-24	35:18:59	-1.8	18-06-24	24:18:59	8.2	18-06-24	18:38:59	14.2	20-06-24	12:58:59	17.9
17-06-24	35:48:59	-1.8	18-06-24	24:38:59	8.2	18-06-24	18:58:59	14.3	20-06-24	13:18:59	17.9
17-06-24	36:18:59	-1.8	18-06-24	24:58:59	8.2	18-06-24	19:18:59	14.4	20-06-24	13:38:59	17.9
17-06-24	36:48:59	-1.8	18-06-24	25:18:59	8.2	18-06-24	19:38:59	14.5	20-06-24	13:58:59	18.0
17-06-24	37:18:59	-1.8	18-06-24	25:38:59	8.2	18-06-24	19:58:59	14.6	20-06-24	14:18:59	18.0
17-06-24	37:48:59	-1.8	18-06-24	25:58:59	8.2	18-06-24	20:18:59	14.7	20-06-24	14:38:59	18.0
17-06-24	38:18:59	-1.8	18-06-24	26:18:59	8.2	18-06-24	20:38:59	14.8	20-06-24	14:58:59	18.0
17-06-24	38:48:59	-1.8	18-06-24	26:38:59	8.2	18-06-24	20:58:59	14.9	20-06-24	15:18:59	18.0
17-06-24	39:18:59	-1.8	18-06-24	26:58:59	8.2	18-06-24	21:18:59	15.0	20-06-24	15:38:59	18.0
17-06-24	39:48:59	-1.8	18-06-24	27:18:59	8.2	18-06-24	21:38:59	15.1	20-06-24	15:58:59	18.0
17-06-24	40:18:59	-1.8	18-06-24	27:38:59	8.2	18-06-24	21:58:59	15.2	20-06-24	16:18:59	18.0
17-06-24	40:48:59	-1.8	18-06-24	27:58:59	8.2	18-06-24	22:18:59	15.3	20-06-24	16:38:59	18.0
17-06-24	41:18:59	-1.8	18-06-24	28:18:59	8.2	18-06-24	22:38:59	15.4	20-06-24	16:58:59	18.0
17-06-24	41:48:59	-1.8	18-06-24	28:38:59	8.2	18-06-24	22:58:59	15.5	20-06-24	17:18:59	18.0
17-06-24	42:18:59	-1.8	18-06-24	28:58:59	8.2	18-06-24	23:18:59	15.6	20-06-24	17:38:59	18.0
17-06-24	42:48:59	-1.8	18-06-24	29:18:59	8.2	18-06-24	23:38:59	15.7	20-06-24	17:58:59	18.0
17-06-24	43:18:59	-1.8	18-06-24	29:38:59	8.2	18-06-24	23:58:59	15.8	20-06-24	18:18:59	18.0
17-06-24	43:48:59	-1.8	18-06-24	29:58:59	8.2	18-06-24	24:18:59	15.9	20-06-24	18:38:59	18.0
17-06-24	44:18:59	-1.8	18-06-24	30:18:59	8.2	18-06-24	24:38:59	16.0	20-06-24	18:58:59	18.0
17-06-24	44:48:59	-1.8	18-06-24	30:38:59	8.2	18-06-24	24:58:59	16.1	20-06-24	19:18:59	18.0
17-06-24	45:18:59	-1.8	18-06-24	30:58:59	8.2	18-06-24	25:18:59	16.2	20-06-24	19:38:59	18.0
17-06-24	45:48:59	-1.8	18-06-24	31:18:59	8.2	18-06-24	25:38:59	16.3	20-06-24	19:58:59	18.0
17-06-24	46:18:59	-1.8	18-06-24	31:38:59	8.2	18-06-24	25:58:59	16.4	20-06-24	20:18:59	18.0
17-06-24	46:48:59	-1.8	18-06-24	31:58:59	8.2	18-06-24	26:18:59	16.5	20-06-24	20:38:59	18.0
17-06-24	47:18:59	-1.8	18-06-24	32:18:59	8.2	18-06-24	26:38:59	16.6	20-06-24	20:58:59	18.0
17-06-24	47:48:59	-1.8	18-06-24	32:38:59	8.2	18-06-24	26:58:59	16.7	20-06-24	21:18:59	18.0
17-06-24	48:18:59	-1.8	18-06-24	32:58:59	8.2	18-06-24	27:18:59	16.8	20-06-24	21:38:59	18.0
17-06-24	48:48:59	-1.8	18-06-24	33:18:59	8.2	18-06-24	27:38:59	16.9	20-06-24	21:58:59	18.0
17-06-24	49:18:59	-1.8	18-06-24	33:38:59	8.2	18-06-24	27:58:59	17.0	20-06-24	22:18:59	18.0
17-06-24	49:48:59	-1.8	18-06-24	33:58:59	8.2	18-06-24	28:18:59	17.1	20-06-24	22:38:59	18.0
17-06-24	50:18:59	-1.8	18-06-24	34:18:59	8.2	18-06-24	28:38:59	17.2	20-06-24	22:58:59	18.0
17-06-24	50:48:59	-1.8	18-06-24	34:38:59	8.2	18-06-24	28:58:59	17.3	20-06-24	23:18:59	18.0
17-06-24	51:18:59	-1.8	18-06-24	34:58:59	8.2	18-06-24	29:18:59	17.4	20-06-24	23:38:59	18.0
17-06-24	51:48:59	-1.8	18-06-24	35:18:59	8.2	18-06-24	29:38:59	17.5	20-06-24	23:58:59	18.0
17-06-24	52:18:59	-1.8	18-06-24	35:38:59	8.2	18-06-24	29:58:59	17.6	20-06-24	24:18:59	18.0
17-06-24	52:48:59	-1.8	18-06-24	35:58:59	8.2	18-06-24	30:18:59	17.7	20-06-24	24:38:59	18.0
17-06-24	53:18:59	-1.8	18-06-24	36:18:59	8.2	18-06-24	30:38:59	17.8	20-06-24	24:58:59	18.0
17-06-24	53:48:59	-1.8	18-06-24	36:38:59	8.2	18-06-24	30:58:59	17.9	20-06-24	25:18:59	18.0
17-06-24	54:18:59	-1.8	18-06-24	36:58:59	8.2	18-06-24	31:18:59	18.0	20-06-24	25:38:59	18.0
17-06-24	54:48:59	-1.8	18-06-24	37:18:59	8.2	18-06-24	31:38:59	18.1	20-06-24	25:58:59	18.0
17-06-24	55:18:59	-1.8	18-06-24	37:38:59	8.2	18-06-24	31:58:59	18.1	20-06-24	26:18:59	18.0
17-06-24	55:48:59	-1.8	18-06-24	37:58:59	8.2	18-06-24	32:18:59	18.2	20-06-24	26:38:59	18.0
17-06-24	56:18:59	-1.8	18-06-24	38:18:59	8.2	18-06-24	32:38:59	18.3	20-06-24	26:58:59	18.0
17-06-24	56:48:59	-1.8	18-06-24	38:38:59	8.2	18-06-24	32:58:59	18.4	20-06-24	27:18:59	18.0
17-06-24	57:18:59	-1.8	18-06-24	38:58:59	8.2	18-06-24	33:18:59	18.5	20-06-24	27:38:59	18.0
17-06-24	57:48:59	-1.8	18-06-24	39:18:59	8.2	18-06-24	33:38:59	18.6	20-06-24	27:58:59	18.0
17-06-24	58:18:59	-1.8	18-06-24	39:38:59	8.2	18-06-24	33:58:59	18.7	20-06-24	28:18:59	18.0
17-06-24	58:48:59	-1.8	18-06-24	39:58:59	8.2	18-06-24	34:18:59	18.8	20-06-24	28:38:59	18.0
17-06-24	59:18:59	-1.8	18-06-24	40:18:59	8.2	18-06-24	34:38:59	18.9	20-06-24	28:58:59	18.0
17-06-24	59:48:59	-1.8	18-06-24	40:38:59	8.2	18-06-24	34:58:59	19.0	20-06-24	29:18:59	18.0
17-06-24	60:18:59	-1.8	18-06-24	40:58:59	8.2	18-06-24	35:18:59	19.1	20-06-24	29:38:59	18.0
17-06-24	60:48:59	-1.8	18-06-24								

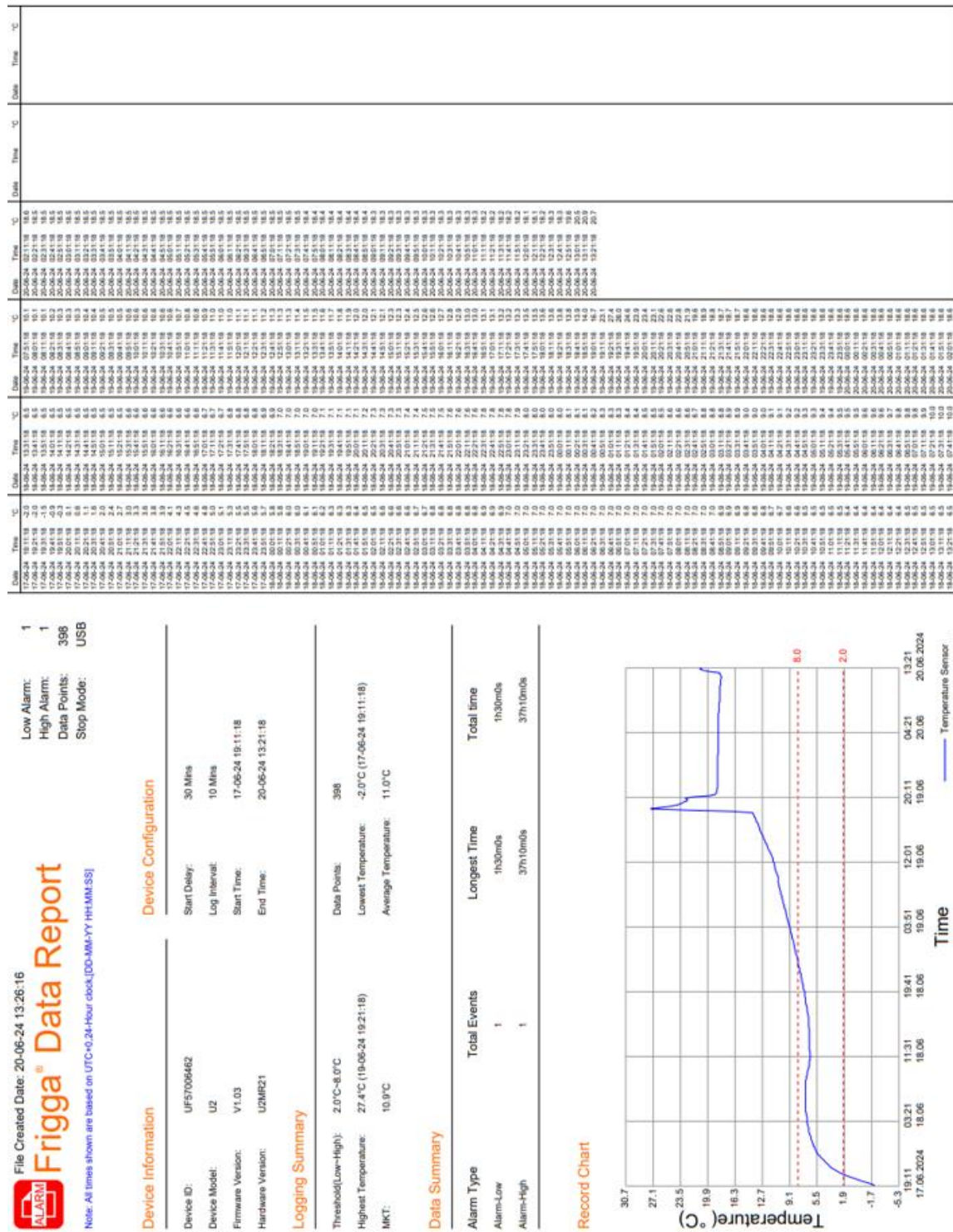








Figura 38.  
Datalogger N°7







Anexo 3. Registro de temperatura Datalogger Modelo CryoPack iMini –Cálculo porcentaje variación de temperatura

Figura 41.

Datalogger N°1

#	Date	Time	T°C	H%	eT°C
301	16/07/24	16:35:00	1.5		
302	16/07/24	16:35:30	1.5		
303	16/07/24	16:36:00	1.5		
304	16/07/24	16:36:30	1.6		
305	16/07/24	16:37:00	1.6		
306	16/07/24	16:37:30	1.6		
307	16/07/24	16:38:00	1.6		
308	16/07/24	16:38:30	1.7		
309	16/07/24	16:39:00	1.7		
310	16/07/24	16:39:30	1.7		
311	16/07/24	16:40:00	1.7		
312	16/07/24	16:40:30	1.7		
313	16/07/24	16:41:00	1.8		
314	16/07/24	16:41:30	1.8		
315	16/07/24	16:42:00	1.8		
316	16/07/24	16:42:30	1.8		
317	16/07/24	16:43:00	1.9		
318	16/07/24	16:43:30	1.9		
319	16/07/24	16:44:00	1.9		
320	16/07/24	16:44:30	1.9		
321	16/07/24	16:45:00	1.9		
322	16/07/24	16:45:30	2.0		
323	16/07/24	16:46:00	2.0		
324	16/07/24	16:46:30	2.0		
325	16/07/24	16:47:00	2.0		
326	16/07/24	16:47:30	2.0		
327	16/07/24	16:48:00	2.1		
328	16/07/24	16:48:30	2.1		
329	16/07/24	16:49:00	2.1		
330	16/07/24	16:49:30	2.1		
331	16/07/24	16:50:00	2.2		
332	16/07/24	16:50:30	2.2		
333	16/07/24	16:51:00	2.2		
334	16/07/24	16:51:30	2.2		
335	16/07/24	16:52:00	2.2		
336	16/07/24	16:52:30	2.3		
337	16/07/24	16:53:00	2.3		
338	16/07/24	16:53:30	2.3		
339	16/07/24	16:54:00	2.3		
340	16/07/24	16:54:30	2.3		
341	16/07/24	16:55:00	2.4		
342	16/07/24	16:55:30	2.4		
343	16/07/24	16:56:00	2.4		
344	16/07/24	16:56:30	2.4		
345	16/07/24	16:57:00	2.4		
346	16/07/24	16:57:30	2.5		
347	16/07/24	16:58:00	2.5		
348	16/07/24	16:58:30	2.5		
349	16/07/24	16:59:00	2.5		
350	16/07/24	16:59:30	2.5		
351	16/07/24	17:00:00	2.6		
352	16/07/24	17:00:30	2.6		
353	16/07/24	17:01:00	2.6		
354	16/07/24	17:01:30	2.6		
355	16/07/24	17:02:00	2.6		
356	16/07/24	17:02:30	2.6		
357	16/07/24	17:03:00	2.7		
358	16/07/24	17:03:30	2.7		
359	16/07/24	17:04:00	2.7		
360	16/07/24	17:04:30	2.7		
361	16/07/24	17:05:00	2.7		
362	16/07/24	17:05:30	2.8		
363	16/07/24	17:06:00	2.8		
364	16/07/24	17:06:30	2.8		
365	16/07/24	17:07:00	2.8		
366	16/07/24	17:07:30	2.8		
367	16/07/24	17:08:00	2.9		
368	16/07/24	17:08:30	2.9		
369	16/07/24	17:09:00	2.9		
370	16/07/24	17:09:30	2.9		
371	16/07/24	17:10:00	2.9		
372	16/07/24	17:10:30	3.0		
373	16/07/24	17:11:00	3.0		
374	16/07/24	17:11:30	3.0		
375	16/07/24	17:12:00	3.0		
376	16/07/24	17:12:30	3.0		
377	16/07/24	17:13:00	3.0		
378	16/07/24	17:13:30	3.1		
379	16/07/24	17:14:00	3.1		
380	16/07/24	17:14:30	3.1		
381	16/07/24	17:15:00	3.1		
382	16/07/24	17:15:30	3.2		
383	16/07/24	17:16:00	3.2		
384	16/07/24	17:16:30	3.2		
385	16/07/24	17:17:00	3.2		
386	16/07/24	17:17:30	3.2		
387	16/07/24	17:18:00	3.2		
388	16/07/24	17:18:30	3.3		
389	16/07/24	17:19:00	3.3		
390	16/07/24	17:19:30	3.3		
391	16/07/24	17:20:00	3.3		
392	16/07/24	17:20:30	3.4		
393	16/07/24	17:21:00	3.4		
394	16/07/24	17:21:30	3.4		
395	16/07/24	17:22:00	3.4		
396	16/07/24	17:22:30	3.4		
397	16/07/24	17:23:00	3.4		
398	16/07/24	17:23:30	3.4		
399	16/07/24	17:24:00	3.4		
400	16/07/24	17:24:30	3.4		
401	16/07/24	17:25:00	3.4		
402	16/07/24	17:25:30	3.4		
403	16/07/24	17:26:00	3.4		
404	16/07/24	17:26:30	3.5		
405	16/07/24	17:27:00	3.5		
406	16/07/24	17:27:30	3.5		
407	16/07/24	17:28:00	3.5		
408	16/07/24	17:28:30	3.5		
409	16/07/24	17:29:00	3.6		
410	16/07/24	17:29:30	3.6		
411	16/07/24	17:30:00	3.6		
412	16/07/24	17:30:30	3.6		
413	16/07/24	17:31:00	3.6		
414	16/07/24	17:31:30	3.7		
415	16/07/24	17:32:00	3.7		
416	16/07/24	17:32:30	3.7		
417	16/07/24	17:33:00	3.7		
418	16/07/24	17:33:30	3.7		
419	16/07/24	17:34:00	3.7		
420	16/07/24	17:34:30	3.8		
421	16/07/24	17:35:00	3.8		
422	16/07/24	17:35:30	3.8		
423	16/07/24	17:36:00	3.8		
424	16/07/24	17:36:30	3.8		
425	16/07/24	17:37:00	3.8		
426	16/07/24	17:37:30	3.8		
427	16/07/24	17:38:00	3.9		
428	16/07/24	17:38:30	3.9		
429	16/07/24	17:39:00	3.9		
430	16/07/24	17:39:30	3.9		
431	16/07/24	17:40:00	3.9		
432	16/07/24	17:40:30	3.9		
433	16/07/24	17:41:00	4.0		
434	16/07/24	17:41:30	4.0		
435	16/07/24	17:42:00	4.0		
436	16/07/24	17:42:30	4.0		
437	16/07/24	17:43:00	4.0		
438	16/07/24	17:43:30	4.0		
439	16/07/24	17:44:00	4.0		
440	16/07/24	17:44:30	4.1		
441	16/07/24	17:45:00	4.1		
442	16/07/24	17:45:30	4.1		
443	16/07/24	17:46:00	4.1		
444	16/07/24	17:46:30	4.1		
445	16/07/24	17:47:00	4.1		
446	16/07/24	17:47:30	4.2		
447	16/07/24	17:48:00	4.2		

#	Date	Time	T°C	H%	eT°C
301	16/07/24	16:35:00	1.5		
302	16/07/24	16:35:30	1.5		
303	16/07/24	16:36:00	1.5		
304	16/07/24	16:36:30	1.6		
305	16/07/24	16:37:00	1.6		
306	16/07/24	16:37:30	1.6		
307	16/07/24	16:38:00	1.6		
308	16/07/24	16:38:30	1.7		
309	16/07/24	16:39:00	1.7		
310	16/07/24	16:39:30	1.7		
311	16/07/24	16:40:00	1.7		
312	16/07/24	16:40:30	1.7		
313	16/07/24	16:41:00	1.8		
314	16/07/24	16:41:30	1.8		
315	16/07/24	16:42:00	1.8		
316	16/07/24	16:42:30	1.8		
317	16/07/24	16:43:00	1.9		
318	16/07/24	16:43:30	1.9		
319	16/07/24	16:44:00	1.9		
320	16/07/24	16:44:30	1.9		
321	16/07/24	16:45:00	1.9		
322	16/07/24	16:45:30	2.0		
323	16/07/24	16:46:00	2.0		
324	16/07/24	16:46:30	2.0		
325	16/07/24	16:47:00	2.0		
326	16/07/24	16:47:30	2.0		
327	16/07/24	16:48:00	2.1		
328	16/07/24	16:48:30	2.1		
329	16/07/24	16:49:00	2.1		
330	16/07/24	16:49:30	2.1		
331	16/07/24	16:50:00	2.2		
332	16/07/24	16:50:30	2.2		
333	16/07/24	16:51:00	2.2		
334	16/07/24	16:51:30	2.2		
335	16/07/24	16:52:00	2.2		
336	16/07/24	16:52:30	2.3		
337	16/07/24	16:53:00	2.3		
338	16/07/24	16:53:30	2.3		
339	16/07/24	16:54:00	2.3		
340	16/07/24	16:54:30	2.3		
341	16/07/24	16:55:00	2.4		
342	16/07/24	16:55:30	2.4		
343	16/07/24	16:56:00	2.4		
344	16/07/24	16:56:30	2.4		
345	16/07/24	16:57:00	2.4		
346	16/07/24	16:57:30	2.5		
347	16/07/24	16:58:00	2.5		
348	16/07/24	16:58:30	2.5		
349	16/07/24	16:59:00	2.5		
350	16/07/24	16:59:30	2.5		

Figura 42.

Datalogger N°2

Cryopak a TCP Company		MX-DB-270-0528 13:41:22 17/07/2024		LL L H HH		#		T°C H% eT°C		Date Time		T°C H% eT°C	
301	16/07/24 16:35:00	1.2						351	16/07/24 17:00:00	2.2			
302	16/07/24 16:35:30	1.3						352	16/07/24 17:00:30	2.3			
303	16/07/24 16:36:00	1.3						353	16/07/24 17:01:00	2.3			
304	16/07/24 16:36:30	1.3						354	16/07/24 17:01:30	2.3			
305	16/07/24 16:37:00	1.3						355	16/07/24 17:02:00	2.3			
306	16/07/24 16:37:30	1.3						356	16/07/24 17:02:30	2.3			
307	16/07/24 16:38:00	1.4						357	16/07/24 17:03:00	2.3			
308	16/07/24 16:38:30	1.4						358	16/07/24 17:03:30	2.4			
309	16/07/24 16:39:00	1.4						359	16/07/24 17:04:00	2.4			
310	16/07/24 16:39:30	1.4						360	16/07/24 17:04:30	2.4			
311	16/07/24 16:40:00	1.4						361	16/07/24 17:05:00	2.4			
312	16/07/24 16:40:30	1.5						362	16/07/24 17:05:30	2.4			
313	16/07/24 16:41:00	1.5						363	16/07/24 17:06:00	2.5			
314	16/07/24 16:41:30	1.5						364	16/07/24 17:06:30	2.5			
315	16/07/24 16:42:00	1.5						365	16/07/24 17:07:00	2.5			
316	16/07/24 16:42:30	1.5						366	16/07/24 17:07:30	2.5			
317	16/07/24 16:43:00	1.6						367	16/07/24 17:08:00	2.5			
318	16/07/24 16:43:30	1.6						368	16/07/24 17:08:30	2.6			
319	16/07/24 16:44:00	1.6						369	16/07/24 17:09:00	2.6			
320	16/07/24 16:44:30	1.6						370	16/07/24 17:09:30	2.6			
321	16/07/24 16:45:00	1.7						371	16/07/24 17:10:00	2.6			
322	16/07/24 16:45:30	1.7						372	16/07/24 17:10:30	2.6			
323	16/07/24 16:46:00	1.7						373	16/07/24 17:11:00	2.6			
324	16/07/24 16:46:30	1.7						374	16/07/24 17:11:30	2.6			
325	16/07/24 16:47:00	1.7						375	16/07/24 17:12:00	2.7			
326	16/07/24 16:47:30	1.7						376	16/07/24 17:12:30	2.7			
327	16/07/24 16:48:00	1.8						377	16/07/24 17:13:00	2.7			
328	16/07/24 16:48:30	1.8						378	16/07/24 17:13:30	2.7			
329	16/07/24 16:49:00	1.8						379	16/07/24 17:14:00	2.7			
330	16/07/24 16:49:30	1.8						380	16/07/24 17:14:30	2.8			
331	16/07/24 16:50:00	1.8						381	16/07/24 17:15:00	2.8			
332	16/07/24 16:50:30	1.9						382	16/07/24 17:15:30	2.8			
333	16/07/24 16:51:00	1.9						383	16/07/24 17:16:00	2.8			
334	16/07/24 16:51:30	1.9						384	16/07/24 17:16:30	2.8			
335	16/07/24 16:52:00	1.9						385	16/07/24 17:17:00	2.9			
336	16/07/24 16:52:30	2.0						386	16/07/24 17:17:30	2.9			
337	16/07/24 16:53:00	2.0						387	16/07/24 17:18:00	2.9			
338	16/07/24 16:53:30	2.0						388	16/07/24 17:18:30	2.9			
339	16/07/24 16:54:00	2.0						389	16/07/24 17:19:00	2.9			
340	16/07/24 16:54:30	2.0						390	16/07/24 17:19:30	2.9			
341	16/07/24 16:55:00	2.0						391	16/07/24 17:20:00	3.0			
342	16/07/24 16:55:30	2.1						392	16/07/24 17:20:30	3.0			
343	16/07/24 16:56:00	2.1						393	16/07/24 17:21:00	3.0			
344	16/07/24 16:56:30	2.1						394	16/07/24 17:21:30	3.0			
345	16/07/24 16:57:00	2.1						395	16/07/24 17:22:00	3.0			
346	16/07/24 16:57:30	2.1						396	16/07/24 17:22:30	3.0			
347	16/07/24 16:58:00	2.2						397	16/07/24 17:23:00	3.1			
348	16/07/24 16:58:30	2.2						398	16/07/24 17:23:30	3.1			
401	16/07/24 17:25:00	3.1						451	16/07/24 17:50:00	3.9			
402	16/07/24 17:25:30	3.1						452	16/07/24 17:50:30	3.9			
403	16/07/24 17:26:00	3.1						453	16/07/24 17:51:00	3.9			
404	16/07/24 17:26:30	3.1						454	16/07/24 17:51:30	3.9			
405	16/07/24 17:27:00	3.2						455	16/07/24 17:52:00	3.9			
406	16/07/24 17:27:30	3.2						456	16/07/24 17:52:30	3.9			
407	16/07/24 17:28:00	3.2						457	16/07/24 17:53:00	3.9			
408	16/07/24 17:28:30	3.2						458	16/07/24 17:53:30	4.0			
409	16/07/24 17:29:00	3.2						459	16/07/24 17:54:00	4.0			
410	16/07/24 17:29:30	3.3						460	16/07/24 17:54:30	4.0			
411	16/07/24 17:30:00	3.3						461	16/07/24 17:55:00	4.0			
412	16/07/24 17:30:30	3.3						462	16/07/24 17:55:30	4.0			
413	16/07/24 17:31:00	3.3						463	16/07/24 17:56:00	4.0			
414	16/07/24 17:31:30	3.3						464	16/07/24 17:56:30	4.0			
415	16/07/24 17:32:00	3.3						465	16/07/24 17:57:00	4.1			
416	16/07/24 17:32:30	3.3						466	16/07/24 17:57:30	4.1			
417	16/07/24 17:33:00	3.4						467	16/07/24 17:58:00	4.1			
418	16/07/24 17:33:30	3.4						468	16/07/24 17:58:30	4.1			
419	16/07/24 17:34:00	3.4						469	16/07/24 17:59:00	4.1			
420	16/07/24 17:34:30	3.4						470	16/07/24 17:59:30	4.1			
421	16/07/24 17:35:00	3.4						471	16/07/24 18:00:00	4.1			
422	16/07/24 17:35:30	3.4						472	16/07/24 18:00:30	4.1			
423	16/07/24 17:36:00	3.5						473	16/07/24 18:01:00	4.2			
424	16/07/24 17:36:30	3.5						474	16/07/24 18:01:30	4.2			
425	16/07/24 17:37:00	3.5						475	16/07/24 18:02:00	4.2			
426	16/07/24 17:37:30	3.5						476	16/07/24 18:02:30	4.2			
427	16/07/24 17:38:00	3.5						477	16/07/24 18:03:00	4.2			
428	16/07/24 17:38:30	3.5						478	16/07/24 18:03:30	4.2			
429	16/07/24 17:39:00	3.5						479	16/07/24 18:04:00	4.2			
430	16/07/24 17:39:30	3.6						480	16/07/24 18:04:30	4.2			
431	16/07/24 17:40:00	3.6						481	16/07/24 18:05:00	4.2			
432	16/07/24 17:40:30	3.6						482	16/07/24 18:05:30	4.3			
433	16/07/24 17:41:00	3.6						483	16/07/24 18:06:00	4.3			
434	16/07/24 17:41:30	3.6						484	16/07/24 18:06:30	4.3			
435	16/07/24 17:42:00	3.6						485	16/07/24 18:07:00	4.3			
436	16/07/24 17:42:30	3.7						486	16/07/24 18:07:30	4.3			
437	16/07/24 17:43:00	3.7						487	16/07/24 18:08:00	4.3			
438	16/07/24 17:43:30	3.7						488	16/07/24 18:08:30	4.3			
439	16/07/24 17:44:00	3.7						489	16/07/24 18:09:00	4.3			
440	16/07/24 17:44:30	3.7						490	16/07/24 18:09:30	4.4			
441	16/07/24 17:45:00	3.7						491	16/07/24 18:10:00	4.4			
442	16/07/24 17:45:30	3.7						492	16/07/24 18:10:30	4.4			
443	16/07/24 17:46:00	3.8						493	16/07/24 18:11:00	4.4			
444	16/07/24 17:46:30	3.8						494	16/07/24 18:11:30	4.4			
445	16/07/24 17:47:00	3.8						495	16/07/24 18:12:00	4.4			
446	16/07/24 17:47:30	3.8						496	16/07/24 18:12:30	4.4			
447	16/07/24 17:48:00	3.8						497	16/07/24 18:13:00	4.4			
448	16/07/24 17:48:30	3.8						498	16/07/24 18:13:30	4.4			

Figura 43.

Datalogger N°3

Cryopak a TCP Company		MX-DB-270-1667 13:43:13 17/07/2024		LL L H HH		LL L H HH					
#	Date	Time	T °C	H %	eT °C	#	Date	Time	T °C	H %	eT °C
301	16/07/24	16:35:00	1.1			351	16/07/24	17:00:00	2.2		
302	16/07/24	16:35:30	1.2			352	16/07/24	17:00:30	2.3		
303	16/07/24	16:36:00	1.2			353	16/07/24	17:01:00	2.3		
304	16/07/24	16:36:30	1.2			354	16/07/24	17:01:30	2.3		
305	16/07/24	16:37:00	1.2			355	16/07/24	17:02:00	2.3		
306	16/07/24	16:37:30	1.2			356	16/07/24	17:02:30	2.3		
307	16/07/24	16:38:00	1.3			357	16/07/24	17:03:00	2.4		
308	16/07/24	16:38:30	1.3			358	16/07/24	17:03:30	2.4		
309	16/07/24	16:39:00	1.3			359	16/07/24	17:04:00	2.4		
310	16/07/24	16:39:30	1.3			360	16/07/24	17:04:30	2.4		
311	16/07/24	16:40:00	1.4			361	16/07/24	17:05:00	2.4		
312	16/07/24	16:40:30	1.4			362	16/07/24	17:05:30	2.4		
313	16/07/24	16:41:00	1.4			363	16/07/24	17:06:00	2.5		
314	16/07/24	16:41:30	1.4			364	16/07/24	17:06:30	2.5		
315	16/07/24	16:42:00	1.4			365	16/07/24	17:07:00	2.5		
316	16/07/24	16:42:30	1.5			366	16/07/24	17:07:30	2.5		
317	16/07/24	16:43:00	1.5			367	16/07/24	17:08:00	2.6		
318	16/07/24	16:43:30	1.5			368	16/07/24	17:08:30	2.6		
319	16/07/24	16:44:00	1.5			369	16/07/24	17:09:00	2.6		
320	16/07/24	16:44:30	1.6			370	16/07/24	17:09:30	2.6		
321	16/07/24	16:45:00	1.6			371	16/07/24	17:10:00	2.6		
322	16/07/24	16:45:30	1.6			372	16/07/24	17:10:30	2.6		
323	16/07/24	16:46:00	1.6			373	16/07/24	17:11:00	2.7		
324	16/07/24	16:46:30	1.7			374	16/07/24	17:11:30	2.7		
325	16/07/24	16:47:00	1.7			375	16/07/24	17:12:00	2.7		
326	16/07/24	16:47:30	1.7			376	16/07/24	17:12:30	2.7		
327	16/07/24	16:48:00	1.7			377	16/07/24	17:13:00	2.7		
328	16/07/24	16:48:30	1.8			378	16/07/24	17:13:30	2.7		
329	16/07/24	16:49:00	1.8			379	16/07/24	17:14:00	2.8		
330	16/07/24	16:49:30	1.8			380	16/07/24	17:14:30	2.8		
331	16/07/24	16:50:00	1.8			381	16/07/24	17:15:00	2.8		
332	16/07/24	16:50:30	1.8			382	16/07/24	17:15:30	2.8		
333	16/07/24	16:51:00	1.9			383	16/07/24	17:16:00	2.9		
334	16/07/24	16:51:30	1.9			384	16/07/24	17:16:30	2.9		
335	16/07/24	16:52:00	1.9			385	16/07/24	17:17:00	2.9		
336	16/07/24	16:52:30	1.9			386	16/07/24	17:17:30	2.9		
337	16/07/24	16:53:00	2.0			387	16/07/24	17:18:00	2.9		
338	16/07/24	16:53:30	2.0			388	16/07/24	17:18:30	3.0		
339	16/07/24	16:54:00	2.0			389	16/07/24	17:19:00	3.0		
340	16/07/24	16:54:30	2.0			390	16/07/24	17:19:30	3.0		
341	16/07/24	16:55:00	2.0			391	16/07/24	17:20:00	3.0		
342	16/07/24	16:55:30	2.0			392	16/07/24	17:20:30	3.0		
343	16/07/24	16:56:00	2.1			393	16/07/24	17:21:00	3.0		
344	16/07/24	16:56:30	2.1			394	16/07/24	17:21:30	3.1		
345	16/07/24	16:57:00	2.1			395	16/07/24	17:22:00	3.1		
346	16/07/24	16:57:30	2.1			396	16/07/24	17:22:30	3.1		
347	16/07/24	16:58:00	2.2			397	16/07/24	17:23:00	3.1		
348	16/07/24	16:58:30	2.2			398	16/07/24	17:23:30	3.1		
349	16/07/24	16:59:00	2.2			399	16/07/24	17:24:00	3.1		
350	16/07/24	16:59:30	2.2			400	16/07/24	17:24:30	3.1		
401	16/07/24	17:25:00	3.2			401	16/07/24	17:25:00	3.2		
402	16/07/24	17:25:30	3.2			402	16/07/24	17:25:30	3.2		
403	16/07/24	17:26:00	3.2			403	16/07/24	17:26:00	3.2		
404	16/07/24	17:26:30	3.2			404	16/07/24	17:26:30	3.2		
405	16/07/24	17:27:00	3.2			405	16/07/24	17:27:00	3.2		
406	16/07/24	17:27:30	3.3			406	16/07/24	17:27:30	3.3		
407	16/07/24	17:28:00	3.3			407	16/07/24	17:28:00	3.3		
408	16/07/24	17:28:30	3.3			408	16/07/24	17:28:30	3.3		
409	16/07/24	17:29:00	3.3			409	16/07/24	17:29:00	3.3		
410	16/07/24	17:29:30	3.3			410	16/07/24	17:29:30	3.3		
411	16/07/24	17:30:00	3.3			411	16/07/24	17:30:00	3.3		
412	16/07/24	17:30:30	3.4			412	16/07/24	17:30:30	3.4		
413	16/07/24	17:31:00	3.4			413	16/07/24	17:31:00	3.4		
414	16/07/24	17:31:30	3.4			414	16/07/24	17:31:30	3.4		
415	16/07/24	17:32:00	3.4			415	16/07/24	17:32:00	3.4		
416	16/07/24	17:32:30	3.4			416	16/07/24	17:32:30	3.4		
417	16/07/24	17:33:00	3.4			417	16/07/24	17:33:00	3.4		
418	16/07/24	17:33:30	3.5			418	16/07/24	17:33:30	3.5		
419	16/07/24	17:34:00	3.5			419	16/07/24	17:34:00	3.5		
420	16/07/24	17:34:30	3.5			420	16/07/24	17:34:30	3.5		
421	16/07/24	17:35:00	3.5			421	16/07/24	17:35:00	3.5		
422	16/07/24	17:35:30	3.5			422	16/07/24	17:35:30	3.5		
423	16/07/24	17:36:00	3.5			423	16/07/24	17:36:00	3.5		
424	16/07/24	17:36:30	3.6			424	16/07/24	17:36:30	3.6		
425	16/07/24	17:37:00	3.6			425	16/07/24	17:37:00	3.6		
426	16/07/24	17:37:30	3.6			426	16/07/24	17:37:30	3.6		
427	16/07/24	17:38:00	3.6			427	16/07/24	17:38:00	3.6		
428	16/07/24	17:38:30	3.6			428	16/07/24	17:38:30	3.6		
429	16/07/24	17:39:00	3.6			429	16/07/24	17:39:00	3.6		
430	16/07/24	17:39:30	3.7			430	16/07/24	17:39:30	3.7		
431	16/07/24	17:40:00	3.7			431	16/07/24	17:40:00	3.7		
432	16/07/24	17:40:30	3.7			432	16/07/24	17:40:30	3.7		
433	16/07/24	17:41:00	3.7			433	16/07/24	17:41:00	3.7		
434	16/07/24	17:41:30	3.7			434	16/07/24	17:41:30	3.7		
435	16/07/24	17:42:00	3.8			435	16/07/24	17:42:00	3.8		
436	16/07/24	17:42:30	3.8			436	16/07/24	17:42:30	3.8		
437	16/07/24	17:43:00	3.9			437	16/07/24	17:43:00	3.9		
438	16/07/24	17:43:30	3.9			438	16/07/24	17:43:30	3.9		
439	16/07/24	17:44:00	3.9			439	16/07/24	17:44:00	3.9		
440	16/07/24	17:44:30	3.9			440	16/07/24	17:44:30	3.9		
441	16/07/24	17:45:00	3.9			441	16/07/24	17:45:00	3.9		
442	16/07/24	17:45:30	3.9			442	16/07/24	17:45:30	3.9		
443	16/07/24	17:46:00	3.9			443	16/07/24	17:46:00	3.9		
444	16/07/24	17:46:30	3.9			444	16/07/24	17:46:30	3.9		
445	16/07/24	17:47:00	3.9			445	16/07/24	17:47:00	3.9		
446	16/07/24	17:47:30	3.9			446	16/07/24	17:47:30	3.9		
447	16/07/24	17:48:00	3.9			447	16/07/24	17:48:00	3.9		
448	16/07/24	17:48:30	3.9			448	16/07/24	17:48:30	3.9		
449	16/07/24	17:49:00	3.9			449	16/07/24	17:49:00	3.9		
450	16/07/24	17:49:30	4.0			450	16/07/24	17:49:30	4.0		
451	16/07/24	17:50:00	4.0			451	16/07/24	17:50:00	4.0		
452	16/07/24	17:50:30	4.0			452	16/07/24	17:50:30	4.0		
453	16/07/24	17:51:00	4.0			453	16/07/24	17:51:00	4.0		
454	16/07/24	17:51:30	4.0			454	16/07/24	17:51:30	4.0		
455	16/07/24	17:52:00	4.0			455	16/07/24	17:52:00	4.0		
456	16/07/24	17:52:30	4.0			456	16/07/24	17:52:30	4.0		
457	16/07/24	17:53:00	4.0			457	16/07/24	17:53:00	4.0		
458	16/07/24	17:53:30	4.0			458	16/07/24	17:53:30	4.0		
459	16/07/24	17:54:00	4.1			459	16/07/24	17:54:00	4.1		
460	16/07/24	17:54:30	4.1			460	16/07/24	17:54:30	4.1		
461	16/07/24	17:55:00	4.1			461	16/07/24	17:55:00	4.1		
462	16/07/24	17:55:30	4.1			462	16/07/24	17:55:30	4.1		
463	16/07/24	17:56:00	4.1			463	16/07/24	17:56:00	4.1		
464	16/07/24	17:56:30	4.1			464	16/				

Figura 44.

Datalogger N°4

**MX-DB-270-0105**  
11:09:24 19/07/2024

LL L H HH  
○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

**Cryopak**  
a TCP Company

#	Date	Time	T°C	H%	eT°C	#	Date	Time	T°C	H%	eT°C
301	17/07/24	16:35:00	0.5			401	17/07/24	17:25:00	2.5		
302	17/07/24	16:35:30	0.5			402	17/07/24	17:25:30	2.5		
303	17/07/24	16:36:00	0.5			403	17/07/24	17:26:00	2.6		
304	17/07/24	16:36:30	0.5			404	17/07/24	17:26:30	2.6		
305	17/07/24	16:37:00	0.6			405	17/07/24	17:27:00	2.6		
306	17/07/24	16:37:30	0.6			406	17/07/24	17:27:30	2.6		
307	17/07/24	16:38:00	0.6			407	17/07/24	17:28:00	2.6		
308	17/07/24	16:38:30	0.6			408	17/07/24	17:28:30	2.6		
309	17/07/24	16:39:00	0.6			409	17/07/24	17:29:00	2.7		
310	17/07/24	16:39:30	0.6			410	17/07/24	17:29:30	2.7		
311	17/07/24	16:40:00	0.7			411	17/07/24	17:30:00	2.7		
312	17/07/24	16:40:30	0.7			412	17/07/24	17:30:30	2.7		
313	17/07/24	16:41:00	0.7			413	17/07/24	17:31:00	2.8		
314	17/07/24	16:41:30	0.7			414	17/07/24	17:31:30	2.8		
315	17/07/24	16:42:00	0.8			415	17/07/24	17:32:00	2.8		
316	17/07/24	16:42:30	0.8			416	17/07/24	17:32:30	2.8		
317	17/07/24	16:43:00	0.8			417	17/07/24	17:33:00	2.8		
318	17/07/24	16:43:30	0.8			418	17/07/24	17:33:30	2.8		
319	17/07/24	16:44:00	0.8			419	17/07/24	17:34:00	2.9		
320	17/07/24	16:44:30	0.9			420	17/07/24	17:34:30	2.9		
321	17/07/24	16:45:00	0.9			421	17/07/24	17:35:00	2.9		
322	17/07/24	16:45:30	0.9			422	17/07/24	17:35:30	2.9		
323	17/07/24	16:46:00	1.0			423	17/07/24	17:36:00	2.9		
324	17/07/24	16:46:30	1.0			424	17/07/24	17:36:30	2.9		
325	17/07/24	16:47:00	1.0			425	17/07/24	17:37:00	3.0		
326	17/07/24	16:47:30	1.0			426	17/07/24	17:37:30	3.0		
327	17/07/24	16:48:00	1.0			427	17/07/24	17:38:00	3.0		
328	17/07/24	16:48:30	1.1			428	17/07/24	17:38:30	3.0		
329	17/07/24	16:49:00	1.1			429	17/07/24	17:39:00	3.0		
330	17/07/24	16:49:30	1.1			430	17/07/24	17:39:30	3.0		
331	17/07/24	16:50:00	1.1			431	17/07/24	17:40:00	3.0		
332	17/07/24	16:50:30	1.2			432	17/07/24	17:40:30	3.0		
333	17/07/24	16:51:00	1.2			433	17/07/24	17:41:00	3.1		
334	17/07/24	16:51:30	1.2			434	17/07/24	17:41:30	3.1		
335	17/07/24	16:52:00	1.2			435	17/07/24	17:42:00	3.1		
336	17/07/24	16:52:30	1.2			436	17/07/24	17:42:30	3.1		
337	17/07/24	16:53:00	1.3			437	17/07/24	17:43:00	3.1		
338	17/07/24	16:53:30	1.3			438	17/07/24	17:43:30	3.1		
339	17/07/24	16:54:00	1.3			439	17/07/24	17:44:00	3.2		
340	17/07/24	16:54:30	1.3			440	17/07/24	17:44:30	3.2		
341	17/07/24	16:55:00	1.4			441	17/07/24	17:45:00	3.2		
342	17/07/24	16:55:30	1.4			442	17/07/24	17:45:30	3.2		
343	17/07/24	16:56:00	1.4			443	17/07/24	17:46:00	3.2		
344	17/07/24	16:56:30	1.4			444	17/07/24	17:46:30	3.2		
345	17/07/24	16:57:00	1.4			445	17/07/24	17:47:00	3.3		
346	17/07/24	16:57:30	1.5			446	17/07/24	17:47:30	3.3		
347	17/07/24	16:58:00	1.5			447	17/07/24	17:48:00	3.3		
348	17/07/24	16:58:30	1.5			448	17/07/24	17:48:30	3.3		
349	17/07/24	16:59:00	1.5			449	17/07/24	17:49:00	3.3		
350	17/07/24	16:59:30	1.5			450	17/07/24	17:49:30	3.3		
351	17/07/24	17:00:00	1.5			451	17/07/24	17:50:00	3.4		
352	17/07/24	17:00:30	1.6			452	17/07/24	17:50:30	3.4		
353	17/07/24	17:01:00	1.6			453	17/07/24	17:51:00	3.4		
354	17/07/24	17:01:30	1.6			454	17/07/24	17:51:30	3.4		
355	17/07/24	17:02:00	1.6			455	17/07/24	17:52:00	3.4		
356	17/07/24	17:02:30	1.7			456	17/07/24	17:52:30	3.4		
357	17/07/24	17:03:00	1.7			457	17/07/24	17:53:00	3.4		
358	17/07/24	17:03:30	1.7			458	17/07/24	17:53:30	3.4		
359	17/07/24	17:04:00	1.7			459	17/07/24	17:54:00	3.4		
360	17/07/24	17:04:30	1.7			460	17/07/24	17:54:30	3.4		
361	17/07/24	17:05:00	1.8			461	17/07/24	17:55:00	3.4		
362	17/07/24	17:05:30	1.8			462	17/07/24	17:55:30	3.4		
363	17/07/24	17:06:00	1.8			463	17/07/24	17:56:00	3.4		
364	17/07/24	17:06:30	1.8			464	17/07/24	17:56:30	3.4		
365	17/07/24	17:07:00	1.8			465	17/07/24	17:57:00	3.5		
366	17/07/24	17:07:30	1.9			466	17/07/24	17:57:30	3.5		
367	17/07/24	17:08:00	1.9			467	17/07/24	17:58:00	3.5		
368	17/07/24	17:08:30	1.9			468	17/07/24	17:58:30	3.5		
369	17/07/24	17:09:00	1.9			469	17/07/24	17:59:00	3.5		
370	17/07/24	17:09:30	2.0			470	17/07/24	17:59:30	3.6		
371	17/07/24	17:10:00	2.0			471	17/07/24	18:00:00	3.6		
372	17/07/24	17:10:30	2.0			472	17/07/24	18:00:30	3.6		
373	17/07/24	17:11:00	2.0			473	17/07/24	18:01:00	3.6		
374	17/07/24	17:11:30	2.0			474	17/07/24	18:01:30	3.6		
375	17/07/24	17:12:00	2.0			475	17/07/24	18:02:00	3.6		
376	17/07/24	17:12:30	2.0			476	17/07/24	18:02:30	3.6		
377	17/07/24	17:13:00	2.1			477	17/07/24	18:03:00	3.7		
378	17/07/24	17:13:30	2.1			478	17/07/24	18:03:30	3.7		
379	17/07/24	17:14:00	2.1			479	17/07/24	18:04:00	3.7		
380	17/07/24	17:14:30	2.1			480	17/07/24	18:04:30	3.7		
381	17/07/24	17:15:00	2.1			481	17/07/24	18:05:00	3.7		
382	17/07/24	17:15:30	2.2			482	17/07/24	18:05:30	3.7		
383	17/07/24	17:16:00	2.2			483	17/07/24	18:06:00	3.7		
384	17/07/24	17:16:30	2.2			484	17/07/24	18:06:30	3.7		
385	17/07/24	17:17:00	2.2			485	17/07/24	18:07:00	3.8		
386	17/07/24	17:17:30	2.2			486	17/07/24	18:07:30	3.8		
387	17/07/24	17:18:00	2.3			487	17/07/24	18:08:00	3.8		
388	17/07/24	17:18:30	2.3			488	17/07/24	18:08:30	3.8		
389	17/07/24	17:19:00	2.3			489	17/07/24	18:09:00	3.8		
390	17/07/24	17:19:30	2.3			490	17/07/24	18:09:30	3.8		
391	17/07/24	17:20:00	2.3			491	17/07/24	18:10:00	3.8		
392	17/07/24	17:20:30	2.4			492	17/07/24	18:10:30	3.9		
393	17/07/24	17:21:00	2.4			493	17/07/24	18:11:00	3.9		
394	17/07/24	17:21:30	2.4			494	17/07/24	18:11:30	3.9		
395	17/07/24	17:22:00	2.4			495	17/07/24	18:12:00	3.9		
396	17/07/24	17:22:30	2.4			496	17/07/24	18:12:30	3.9		
397	17/07/24	17:23:00	2.5			497	17/07/24	18:13:00	3.9		
398	17/07/24	17:23:30	2.5			498	17/07/24	18:13:30	3.9		
399	17/07/24	17:24:00	2.5			499	17/07/24	18:14:00	3.9		
400	17/07/24	17:24:30	2.5			500	17/07/24	18:14:30	3.9		

( Page 7 )

Figura 45.

Datalogger N°5

Cryopak a TCP Company										MX-DB-270-0105 13:38:06 16/07/2024			
#	Date	Time	T °C	H %	eT °C	#	Date	Time	T °C	H %	eT °C		
301	15/07/24	16:35:00	1.5			351	15/07/24	17:00:00	2.5				
302	15/07/24	16:35:30	1.5			352	15/07/24	17:00:30	2.5				
303	15/07/24	16:36:00	1.5			353	15/07/24	17:01:00	2.6				
304	15/07/24	16:36:30	1.5			354	15/07/24	17:01:30	2.6				
305	15/07/24	16:37:00	1.6			355	15/07/24	17:02:00	2.6				
306	15/07/24	16:37:30	1.6			356	15/07/24	17:02:30	2.6				
307	15/07/24	16:38:00	1.6			357	15/07/24	17:03:00	2.6				
308	15/07/24	16:38:30	1.6			358	15/07/24	17:03:30	2.6				
309	15/07/24	16:39:00	1.7			359	15/07/24	17:04:00	2.7				
310	15/07/24	16:39:30	1.7			360	15/07/24	17:04:30	2.7				
311	15/07/24	16:40:00	1.7			361	15/07/24	17:05:00	2.7				
312	15/07/24	16:40:30	1.7			362	15/07/24	17:05:30	2.7				
313	15/07/24	16:41:00	1.7			363	15/07/24	17:06:00	2.7				
314	15/07/24	16:41:30	1.8			364	15/07/24	17:06:30	2.8				
315	15/07/24	16:42:00	1.8			365	15/07/24	17:07:00	2.8				
316	15/07/24	16:42:30	1.8			366	15/07/24	17:07:30	2.8				
317	15/07/24	16:43:00	1.8			367	15/07/24	17:08:00	2.8				
318	15/07/24	16:43:30	1.9			368	15/07/24	17:08:30	2.8				
319	15/07/24	16:44:00	1.9			369	15/07/24	17:09:00	2.9				
320	15/07/24	16:44:30	1.9			370	15/07/24	17:09:30	2.9				
321	15/07/24	16:45:00	1.9			371	15/07/24	17:10:00	2.9				
322	15/07/24	16:45:30	1.9			372	15/07/24	17:10:30	2.9				
323	15/07/24	16:46:00	2.0			373	15/07/24	17:11:00	2.9				
324	15/07/24	16:46:30	2.0			374	15/07/24	17:11:30	2.9				
325	15/07/24	16:47:00	2.0			375	15/07/24	17:12:00	3.0				
326	15/07/24	16:47:30	2.0			376	15/07/24	17:12:30	3.0				
327	15/07/24	16:48:00	2.0			377	15/07/24	17:13:00	3.0				
328	15/07/24	16:48:30	2.1			378	15/07/24	17:13:30	3.0				
329	15/07/24	16:49:00	2.1			379	15/07/24	17:14:00	3.0				
330	15/07/24	16:49:30	2.1			380	15/07/24	17:14:30	3.1				
331	15/07/24	16:50:00	2.1			381	15/07/24	17:15:00	3.1				
332	15/07/24	16:50:30	2.1			382	15/07/24	17:15:30	3.1				
333	15/07/24	16:51:00	2.2			383	15/07/24	17:16:00	3.1				
334	15/07/24	16:51:30	2.2			384	15/07/24	17:16:30	3.1				
335	15/07/24	16:52:00	2.2			385	15/07/24	17:17:00	3.2				
336	15/07/24	16:52:30	2.2			386	15/07/24	17:17:30	3.2				
337	15/07/24	16:53:00	2.2			387	15/07/24	17:18:00	3.2				
338	15/07/24	16:53:30	2.3			388	15/07/24	17:18:30	3.2				
339	15/07/24	16:54:00	2.3			389	15/07/24	17:19:00	3.2				
340	15/07/24	16:54:30	2.3			390	15/07/24	17:19:30	3.3				
341	15/07/24	16:55:00	2.3			391	15/07/24	17:20:00	3.3				
342	15/07/24	16:55:30	2.3			392	15/07/24	17:20:30	3.3				
343	15/07/24	16:56:00	2.4			393	15/07/24	17:21:00	3.3				
344	15/07/24	16:56:30	2.4			394	15/07/24	17:21:30	3.3				
345	15/07/24	16:57:00	2.4			395	15/07/24	17:22:00	3.3				
346	15/07/24	16:57:30	2.4			396	15/07/24	17:22:30	3.4				
347	15/07/24	16:58:00	2.4			397	15/07/24	17:23:00	3.4				
348	15/07/24	16:58:30	2.5			398	15/07/24	17:23:30	3.4				
349	15/07/24	16:59:00	2.5			399	15/07/24	17:24:00	3.4				
350	15/07/24	16:59:30	2.5			400	15/07/24	17:24:30	3.4				
401	15/07/24	17:25:00	3.4			451	15/07/24	17:50:00	4.2				
402	15/07/24	17:25:30	3.4			452	15/07/24	17:50:30	4.2				
403	15/07/24	17:26:00	3.4			453	15/07/24	17:51:00	4.2				
404	15/07/24	17:26:30	3.4			454	15/07/24	17:51:30	4.2				
405	15/07/24	17:27:00	3.4			455	15/07/24	17:52:00	4.2				
406	15/07/24	17:27:30	3.4			456	15/07/24	17:52:30	4.2				
407	15/07/24	17:28:00	3.5			457	15/07/24	17:53:00	4.2				
408	15/07/24	17:28:30	3.5			458	15/07/24	17:53:30	4.2				
409	15/07/24	17:29:00	3.5			459	15/07/24	17:54:00	4.2				
410	15/07/24	17:29:30	3.5			460	15/07/24	17:54:30	4.3				
411	15/07/24	17:30:00	3.5			461	15/07/24	17:55:00	4.3				
412	15/07/24	17:30:30	3.6			462	15/07/24	17:55:30	4.3				
413	15/07/24	17:31:00	3.6			463	15/07/24	17:56:00	4.3				
414	15/07/24	17:31:30	3.6			464	15/07/24	17:56:30	4.3				
415	15/07/24	17:32:00	3.6			465	15/07/24	17:57:00	4.3				
416	15/07/24	17:32:30	3.6			466	15/07/24	17:57:30	4.3				
417	15/07/24	17:33:00	3.7			467	15/07/24	17:58:00	4.3				
418	15/07/24	17:33:30	3.7			468	15/07/24	17:58:30	4.4				
419	15/07/24	17:34:00	3.7			469	15/07/24	17:59:00	4.4				
420	15/07/24	17:34:30	3.7			470	15/07/24	17:59:30	4.4				
421	15/07/24	17:35:00	3.7			471	15/07/24	18:00:00	4.4				
422	15/07/24	17:35:30	3.7			472	15/07/24	18:00:30	4.4				
423	15/07/24	17:36:00	3.8			473	15/07/24	18:01:00	4.4				
424	15/07/24	17:36:30	3.8			474	15/07/24	18:01:30	4.4				
425	15/07/24	17:37:00	3.8			475	15/07/24	18:02:00	4.4				
426	15/07/24	17:37:30	3.8			476	15/07/24	18:02:30	4.4				
427	15/07/24	17:38:00	3.8			477	15/07/24	18:03:00	4.5				
428	15/07/24	17:38:30	3.8			478	15/07/24	18:03:30	4.5				
429	15/07/24	17:39:00	3.9			479	15/07/24	18:04:00	4.5				
430	15/07/24	17:39:30	3.9			480	15/07/24	18:04:30	4.5				
431	15/07/24	17:40:00	3.9			481	15/07/24	18:05:00	4.5				
432	15/07/24	17:40:30	3.9			482	15/07/24	18:05:30	4.5				
433	15/07/24	17:41:00	3.9			483	15/07/24	18:06:00	4.5				
434	15/07/24	17:41:30	3.9			484	15/07/24	18:06:30	4.5				
435	15/07/24	17:42:00	3.9			485	15/07/24	18:07:00	4.5				
436	15/07/24	17:42:30	4.0			486	15/07/24	18:07:30	4.5				
437	15/07/24	17:43:00	4.0			487	15/07/24	18:08:00	4.6				
438	15/07/24	17:43:30	4.0			488	15/07/24	18:08:30	4.6				
439	15/07/24	17:44:00	4.0			489	15/07/24	18:09:00	4.6				
440	15/07/24	17:44:30	4.0			490	15/07/24	18:09:30	4.6				
441	15/07/24	17:45:00	4.0			491	15/07/24	18:10:00	4.6				
442	15/07/24	17:45:30	4.0			492	15/07/24	18:10:30	4.6				
443	15/07/24	17:46:00	4.1			493	15/07/24	18:11:00	4.6				
444	15/07/24	17:46:30	4.1			494	15/07/24	18:11:30	4.6				
445	15/07/24	17:47:00	4.1			495	15/07/24	18:12:00	4.7				
446	15/07/24	17:47:30	4.1			496	15/07/24	18:12:30	4.7				
447	15/07/24	17:48:00	4.1			497	15/07/24	18:13:00	4.7				

Figura 46.

Datalogger N°6

#	Date	Time	T°C	H%	eT°C	#	Date	Time	T°C	H%	eT°C
301	15/07/24	16:35:00	2.2			351	15/07/24	17:00:00	3.2		
302	15/07/24	16:35:30	2.2			352	15/07/24	17:00:30	3.2		
303	15/07/24	16:36:00	2.3			353	15/07/24	17:01:00	3.3		
304	15/07/24	16:36:30	2.3			354	15/07/24	17:01:30	3.3		
305	15/07/24	16:37:00	2.3			355	15/07/24	17:02:00	3.3		
306	15/07/24	16:37:30	2.3			356	15/07/24	17:02:30	3.3		
307	15/07/24	16:38:00	2.3			357	15/07/24	17:03:00	3.3		
308	15/07/24	16:38:30	2.3			358	15/07/24	17:03:30	3.4		
309	15/07/24	16:39:00	2.4			359	15/07/24	17:04:00	3.4		
310	15/07/24	16:39:30	2.4			360	15/07/24	17:04:30	3.4		
311	15/07/24	16:40:00	2.4			361	15/07/24	17:05:00	3.4		
312	15/07/24	16:40:30	2.4			362	15/07/24	17:05:30	3.4		
313	15/07/24	16:41:00	2.4			363	15/07/24	17:06:00	3.4		
314	15/07/24	16:41:30	2.4			364	15/07/24	17:06:30	3.5		
315	15/07/24	16:42:00	2.5			365	15/07/24	17:07:00	3.5		
316	15/07/24	16:42:30	2.5			366	15/07/24	17:07:30	3.5		
317	15/07/24	16:43:00	2.5			367	15/07/24	17:08:00	3.5		
318	15/07/24	16:43:30	2.6			368	15/07/24	17:08:30	3.5		
319	15/07/24	16:44:00	2.6			369	15/07/24	17:09:00	3.6		
320	15/07/24	16:44:30	2.6			370	15/07/24	17:09:30	3.6		
321	15/07/24	16:45:00	2.6			371	15/07/24	17:10:00	3.6		
322	15/07/24	16:45:30	2.6			372	15/07/24	17:10:30	3.6		
323	15/07/24	16:46:00	2.7			373	15/07/24	17:11:00	3.6		
324	15/07/24	16:46:30	2.7			374	15/07/24	17:11:30	3.6		
325	15/07/24	16:47:00	2.7			375	15/07/24	17:12:00	3.7		
326	15/07/24	16:47:30	2.7			376	15/07/24	17:12:30	3.7		
327	15/07/24	16:48:00	2.7			377	15/07/24	17:13:00	3.7		
328	15/07/24	16:48:30	2.8			378	15/07/24	17:13:30	3.7		
329	15/07/24	16:49:00	2.8			379	15/07/24	17:14:00	3.7		
330	15/07/24	16:49:30	2.8			380	15/07/24	17:14:30	3.8		
331	15/07/24	16:50:00	2.8			381	15/07/24	17:15:00	3.9		
332	15/07/24	16:50:30	2.8			382	15/07/24	17:15:30	3.9		
333	15/07/24	16:51:00	2.9			383	15/07/24	17:16:00	3.9		
334	15/07/24	16:51:30	2.9			384	15/07/24	17:16:30	3.9		
335	15/07/24	16:52:00	2.9			385	15/07/24	17:17:00	3.9		
336	15/07/24	16:52:30	2.9			386	15/07/24	17:17:30	3.9		
337	15/07/24	16:53:00	2.9			387	15/07/24	17:18:00	3.9		
338	15/07/24	16:53:30	3.0			388	15/07/24	17:18:30	3.9		
339	15/07/24	16:54:00	3.0			389	15/07/24	17:19:00	3.9		
340	15/07/24	16:54:30	3.0			390	15/07/24	17:19:30	3.9		
341	15/07/24	16:55:00	3.0			391	15/07/24	17:20:00	3.9		
342	15/07/24	16:55:30	3.0			392	15/07/24	17:20:30	3.9		
343	15/07/24	16:56:00	3.1			393	15/07/24	17:21:00	3.9		
344	15/07/24	16:56:30	3.1			394	15/07/24	17:21:30	4.0		
345	15/07/24	16:57:00	3.1			395	15/07/24	17:22:00	4.0		
346	15/07/24	16:57:30	3.1			396	15/07/24	17:22:30	4.0		
347	15/07/24	16:58:00	3.1			397	15/07/24	17:23:00	4.0		
348	15/07/24	16:58:30	3.2			398	15/07/24	17:23:30	4.0		
349	15/07/24	16:59:00	3.2			399	15/07/24	17:24:00	4.0		
350	15/07/24	16:59:30	3.2			400	15/07/24	17:24:30	4.0		
401	15/07/24	17:25:00	4.1			401	15/07/24	17:25:00	4.1		
402	15/07/24	17:25:30	4.1			402	15/07/24	17:25:30	4.1		
403	15/07/24	17:26:00	4.1			403	15/07/24	17:26:00	4.1		
404	15/07/24	17:26:30	4.1			404	15/07/24	17:26:30	4.1		
405	15/07/24	17:27:00	4.1			405	15/07/24	17:27:00	4.1		
406	15/07/24	17:27:30	4.2			406	15/07/24	17:27:30	4.2		
407	15/07/24	17:28:00	4.2			407	15/07/24	17:28:00	4.2		
408	15/07/24	17:28:30	4.2			408	15/07/24	17:28:30	4.2		
409	15/07/24	17:29:00	4.2			409	15/07/24	17:29:00	4.2		
410	15/07/24	17:29:30	4.2			410	15/07/24	17:29:30	4.2		
411	15/07/24	17:30:00	4.3			411	15/07/24	17:30:00	4.3		
412	15/07/24	17:30:30	4.3			412	15/07/24	17:30:30	4.3		
413	15/07/24	17:31:00	4.3			413	15/07/24	17:31:00	4.3		
414	15/07/24	17:31:30	4.3			414	15/07/24	17:31:30	4.3		
415	15/07/24	17:32:00	4.3			415	15/07/24	17:32:00	4.3		
416	15/07/24	17:32:30	4.3			416	15/07/24	17:32:30	4.3		
417	15/07/24	17:33:00	4.3			417	15/07/24	17:33:00	4.3		
418	15/07/24	17:33:30	4.4			418	15/07/24	17:33:30	4.4		
419	15/07/24	17:34:00	4.4			419	15/07/24	17:34:00	4.4		
420	15/07/24	17:34:30	4.4			420	15/07/24	17:34:30	4.4		
421	15/07/24	17:35:00	4.4			421	15/07/24	17:35:00	4.4		
422	15/07/24	17:35:30	4.4			422	15/07/24	17:35:30	4.4		
423	15/07/24	17:36:00	4.4			423	15/07/24	17:36:00	4.4		
424	15/07/24	17:36:30	4.5			424	15/07/24	17:36:30	4.5		
425	15/07/24	17:37:00	4.5			425	15/07/24	17:37:00	4.5		
426	15/07/24	17:37:30	4.5			426	15/07/24	17:37:30	4.5		
427	15/07/24	17:38:00	4.5			427	15/07/24	17:38:00	4.5		
428	15/07/24	17:38:30	4.5			428	15/07/24	17:38:30	4.5		
429	15/07/24	17:39:00	4.5			429	15/07/24	17:39:00	4.5		
430	15/07/24	17:39:30	4.5			430	15/07/24	17:39:30	4.5		
431	15/07/24	17:40:00	4.5			431	15/07/24	17:40:00	4.5		
432	15/07/24	17:40:30	4.6			432	15/07/24	17:40:30	4.6		
433	15/07/24	17:41:00	4.6			433	15/07/24	17:41:00	4.6		
434	15/07/24	17:41:30	4.6			434	15/07/24	17:41:30	4.6		
435	15/07/24	17:42:00	4.6			435	15/07/24	17:42:00	4.6		
436	15/07/24	17:42:30	4.6			436	15/07/24	17:42:30	4.6		
437	15/07/24	17:43:00	4.6			437	15/07/24	17:43:00	4.6		
438	15/07/24	17:43:30	4.7			438	15/07/24	17:43:30	4.7		
439	15/07/24	17:44:00	4.7			439	15/07/24	17:44:00	4.7		
440	15/07/24	17:44:30	4.7			440	15/07/24	17:44:30	4.7		
441	15/07/24	17:45:00	4.7			441	15/07/24	17:45:00	4.7		
442	15/07/24	17:45:30	4.7			442	15/07/24	17:45:30	4.7		
443	15/07/24	17:46:00	4.7			443	15/07/24	17:46:00	4.7		
444	15/07/24	17:46:30	4.7			444	15/07/24	17:46:30	4.7		
445	15/07/24	17:47:00	4.8			445	15/07/24	17:47:00	4.8		
446	15/07/24	17:47:30	4.8			446	15/07/24	17:47:30	4.8		
447	15/07/24	17:48:00	4.8			447	15/07/24	17:48:00	4.8		
448	15/07/24	17:48:30	4.8			448	15/07/24	17:48:30	4.8		
449	15/07/24	17:49:00	4.8			449	15/07/24	17:49:00	4.8		
450	15/07/24	17:49:30	4.8			450	15/07/24	17:49:30	4.8		
451	15/07/24	17:50:00	4.8			451	15/07/24	17:50:00	4.8		
452	15/07/24	17:50:30	4.8			452	15/07/24	17:50:30	4.8		
453	15/07/24	17:51:00	4.9			453	15/07/24	17:51:00	4.9		
454	15/07/24	17:51:30	4.9			454	15/07/24	17:51:30	4.9		
455	15/07/24	17:52:00	4.9			455	15/07/24	17:52:00	4.9		
456	15/07/24	17:52:30	4.9			456	15/07/24	17:52:30	4.9		
457	15/07/24	17:53:00	4.9			457	15/07/24	17:53:00	4.9		
458	15/07/24	17:53:30	4.9			458	15/07/24	17:53:30	4.9		
459	15/07/24	17:54:00	4.9			459	15/07/24	17:54:00	4.9		
460	15/07/24	17:54:30	4.9			460	15/07/24	17:54:30	4.9		
461	15/07/24	17:55:00	5.0			461	15/07/24	17:55:00	5.0		
462	15/07/24	17:55:30	5.0			462	15/07/24	17:55:30	5.0		
463	15/07/24	17:56:00	5.0			463	15/07/24	17:56:00	5.0		
464	15/07/24	17:56:30	5.0			464	15/07/24	17:56:30	5.0		
465	15/07/24	17:57:00	5.0			465</					

Figura 47.

Datalogger N°7

MX-DB-270-0528  
11:13:25 19/07/2024

LL L H HH  
○ ○ ○ ○

Cryopak  
a TCP Company

#	Date	Time	T°C	H%	eT°C	#	Date	Time	T°C	H%	eT°C
501	17/07/24	18:15:00	2.3			551	17/07/24	18:40:00	2.9		
502	17/07/24	18:15:30	2.3			552	17/07/24	18:40:30	2.9		
503	17/07/24	18:16:00	2.3			553	17/07/24	18:41:00	3.0		
504	17/07/24	18:16:30	2.3			554	17/07/24	18:41:30	3.0		
505	17/07/24	18:17:00	2.3			555	17/07/24	18:42:00	3.0		
506	17/07/24	18:17:30	2.3			556	17/07/24	18:42:30	3.0		
507	17/07/24	18:18:00	2.3			557	17/07/24	18:43:00	3.0		
508	17/07/24	18:18:30	2.3			558	17/07/24	18:43:30	3.0		
509	17/07/24	18:19:00	2.4			559	17/07/24	18:44:00	3.0		
510	17/07/24	18:19:30	2.4			560	17/07/24	18:44:30	3.0		
511	17/07/24	18:20:00	2.4			561	17/07/24	18:45:00	3.1		
512	17/07/24	18:20:30	2.4			562	17/07/24	18:45:30	3.1		
513	17/07/24	18:21:00	2.4			563	17/07/24	18:46:00	3.1		
514	17/07/24	18:21:30	2.4			564	17/07/24	18:46:30	3.1		
515	17/07/24	18:22:00	2.5			565	17/07/24	18:47:00	3.1		
516	17/07/24	18:22:30	2.5			566	17/07/24	18:47:30	3.1		
517	17/07/24	18:23:00	2.5			567	17/07/24	18:48:00	3.1		
518	17/07/24	18:23:30	2.5			568	17/07/24	18:48:30	3.1		
519	17/07/24	18:24:00	2.5			569	17/07/24	18:49:00	3.1		
520	17/07/24	18:24:30	2.5			570	17/07/24	18:49:30	3.1		
521	17/07/24	18:25:00	2.5			571	17/07/24	18:50:00	3.2		
522	17/07/24	18:25:30	2.5			572	17/07/24	18:50:30	3.2		
523	17/07/24	18:26:00	2.6			573	17/07/24	18:51:00	3.2		
524	17/07/24	18:26:30	2.6			574	17/07/24	18:51:30	3.2		
525	17/07/24	18:27:00	2.6			575	17/07/24	18:52:00	3.2		
526	17/07/24	18:27:30	2.6			576	17/07/24	18:52:30	3.2		
527	17/07/24	18:28:00	2.6			577	17/07/24	18:53:00	3.3		
528	17/07/24	18:28:30	2.6			578	17/07/24	18:53:30	3.3		
529	17/07/24	18:29:00	2.6			579	17/07/24	18:54:00	3.3		
530	17/07/24	18:29:30	2.6			580	17/07/24	18:54:30	3.3		
531	17/07/24	18:30:00	2.7			581	17/07/24	18:55:00	3.3		
532	17/07/24	18:30:30	2.7			582	17/07/24	18:55:30	3.3		
533	17/07/24	18:31:00	2.7			583	17/07/24	18:56:00	3.3		
534	17/07/24	18:31:30	2.7			584	17/07/24	18:56:30	3.3		
535	17/07/24	18:32:00	2.7			585	17/07/24	18:57:00	3.3		
536	17/07/24	18:32:30	2.7			586	17/07/24	18:57:30	3.4		
537	17/07/24	18:33:00	2.7			587	17/07/24	18:58:00	3.4		
538	17/07/24	18:33:30	2.8			588	17/07/24	18:58:30	3.4		
539	17/07/24	18:34:00	2.8			589	17/07/24	18:59:00	3.4		
540	17/07/24	18:34:30	2.8			590	17/07/24	18:59:30	3.4		
541	17/07/24	18:35:00	2.8			591	17/07/24	19:00:00	3.4		
542	17/07/24	18:35:30	2.8			592	17/07/24	19:00:30	3.4		
543	17/07/24	18:36:00	2.8			593	17/07/24	19:01:00	3.4		
544	17/07/24	18:36:30	2.8			594	17/07/24	19:01:30	3.5		
545	17/07/24	18:37:00	2.9			595	17/07/24	19:02:00	3.5		
546	17/07/24	18:37:30	2.9			596	17/07/24	19:02:30	3.5		
547	17/07/24	18:38:00	2.9			597	17/07/24	19:03:00	3.5		
548	17/07/24	18:38:30	2.9			598	17/07/24	19:03:30	3.5		

( Page 8 )

MX-DB-270-0528  
11:13:25 19/07/2024

LL L H HH  
○ ○ ○ ○

Cryopak  
a TCP Company

#	Date	Time	T°C	H%	eT°C	#	Date	Time	T°C	H%	eT°C
401	17/07/24	17:25:00	0.8			451	17/07/24	17:50:00	1.5		
402	17/07/24	17:25:30	0.8			452	17/07/24	17:50:30	1.5		
403	17/07/24	17:26:00	0.8			453	17/07/24	17:51:00	1.6		
404	17/07/24	17:26:30	0.8			454	17/07/24	17:51:30	1.6		
405	17/07/24	17:27:00	0.9			455	17/07/24	17:52:00	1.6		
406	17/07/24	17:27:30	0.9			456	17/07/24	17:52:30	1.6		
407	17/07/24	17:28:00	0.9			457	17/07/24	17:53:00	1.6		
408	17/07/24	17:28:30	0.9			458	17/07/24	17:53:30	1.6		
409	17/07/24	17:29:00	0.9			459	17/07/24	17:54:00	1.6		
410	17/07/24	17:29:30	0.9			460	17/07/24	17:54:30	1.7		
411	17/07/24	17:30:00	1.0			461	17/07/24	17:55:00	1.7		
412	17/07/24	17:30:30	1.0			462	17/07/24	17:55:30	1.7		
413	17/07/24	17:31:00	1.0			463	17/07/24	17:56:00	1.7		
414	17/07/24	17:31:30	1.0			464	17/07/24	17:56:30	1.7		
415	17/07/24	17:32:00	1.0			465	17/07/24	17:57:00	1.7		
416	17/07/24	17:32:30	1.0			466	17/07/24	17:57:30	1.7		
417	17/07/24	17:33:00	1.1			467	17/07/24	17:58:00	1.8		
418	17/07/24	17:33:30	1.1			468	17/07/24	17:58:30	1.8		
419	17/07/24	17:34:00	1.1			469	17/07/24	17:59:00	1.8		
420	17/07/24	17:34:30	1.1			470	17/07/24	17:59:30	1.8		
421	17/07/24	17:35:00	1.1			471	17/07/24	18:00:00	1.8		
422	17/07/24	17:35:30	1.1			472	17/07/24	18:00:30	1.8		
423	17/07/24	17:36:00	1.1			473	17/07/24	18:01:00	1.8		
424	17/07/24	17:36:30	1.1			474	17/07/24	18:01:30	1.9		
425	17/07/24	17:37:00	1.2			475	17/07/24	18:02:00	1.9		
426	17/07/24	17:37:30	1.2			476	17/07/24	18:02:30	1.9		
427	17/07/24	17:38:00	1.2			477	17/07/24	18:03:00	1.9		
428	17/07/24	17:38:30	1.2			478	17/07/24	18:03:30	1.9		
429	17/07/24	17:39:00	1.2			479	17/07/24	18:04:00	2.0		
430	17/07/24	17:39:30	1.2			480	17/07/24	18:04:30	2.0		
431	17/07/24	17:40:00	1.3			481	17/07/24	18:05:00	2.0		
432	17/07/24	17:40:30	1.3			482	17/07/24	18:05:30	2.0		
433	17/07/24	17:41:00	1.3			483	17/07/24	18:06:00	2.0		
434	17/07/24	17:41:30	1.3			484	17/07/24	18:06:30	2.0		
435	17/07/24	17:42:00	1.3			485	17/07/24	18:07:00	2.0		
436	17/07/24	17:42:30	1.3			486	17/07/24	18:07:30	2.0		
437	17/07/24	17:43:00	1.3			487	17/07/24	18:08:00	2.1		
438	17/07/24	17:43:30	1.3			488	17/07/24	18:08:30	2.1		
439	17/07/24	17:44:00	1.4			489	17/07/24	18:09:00	2.1		
440	17/07/24	17:44:30	1.4			490	17/07/24	18:09:30	2.1		
441	17/07/24	17:45:00	1.4			491	17/07/24	18:10:00	2.1		
442	17/07/24	17:45:30	1.4			492	17/07/24	18:10:30	2.1		
443	17/07/24	17:46:00	1.4			493	17/07/24	18:11:00	2.1		
444	17/07/24	17:46:30	1.4			494	17/07/24	18:11:30	2.2		
445	17/07/24	17:47:00	1.4			495	17/07/24	18:12:00	2.2		
446	17/07/24	17:47:30	1.5			496	17/07/24	18:12:30	2.2		
447	17/07/24	17:48:00	1.5			497	17/07/24	18:13:00	2.2		
448	17/07/24	17:48:30	1.5			498	17/07/24	18:13:30	2.2		

( Page 7 )

Figura 48.

Datalogger N°8

Cryopak a TCP Company		MX-DB-270-1667 11:11:34 19/07/2024		LL L H HH		T°C H% eT°C		T°C H% eT°C			
#	Date	Time	T°C	H%	eT°C	#	Date	Time	T°C	H%	eT°C
201	17/07/24	15:45:00	0.0			251	17/07/24	16:10:00	1.4		
202	17/07/24	15:45:30	0.0			252	17/07/24	16:10:30	1.4		
203	17/07/24	15:46:00	0.0			253	17/07/24	16:11:00	1.4		
204	17/07/24	15:46:30	0.1			254	17/07/24	16:11:30	1.4		
205	17/07/24	15:47:00	0.1			255	17/07/24	16:12:00	1.4		
206	17/07/24	15:47:30	0.1			256	17/07/24	16:12:30	1.5		
207	17/07/24	15:48:00	0.1			257	17/07/24	16:13:00	1.5		
208	17/07/24	15:48:30	0.2			258	17/07/24	16:13:30	1.5		
209	17/07/24	15:49:00	0.2			259	17/07/24	16:14:00	1.6		
210	17/07/24	15:49:30	0.2			260	17/07/24	16:14:30	1.6		
211	17/07/24	15:50:00	0.3			261	17/07/24	16:15:00	1.6		
212	17/07/24	15:50:30	0.3			262	17/07/24	16:15:30	1.6		
213	17/07/24	15:51:00	0.3			263	17/07/24	16:16:00	1.7		
214	17/07/24	15:51:30	0.3			264	17/07/24	16:16:30	1.7		
215	17/07/24	15:52:00	0.4			265	17/07/24	16:17:00	1.7		
216	17/07/24	15:52:30	0.4			266	17/07/24	16:17:30	1.7		
217	17/07/24	15:53:00	0.4			267	17/07/24	16:18:00	1.8		
218	17/07/24	15:53:30	0.5			268	17/07/24	16:18:30	1.8		
219	17/07/24	15:54:00	0.5			269	17/07/24	16:19:00	1.8		
220	17/07/24	15:54:30	0.5			270	17/07/24	16:19:30	1.8		
221	17/07/24	15:55:00	0.5			271	17/07/24	16:20:00	1.9		
222	17/07/24	15:55:30	0.6			272	17/07/24	16:20:30	1.9		
223	17/07/24	15:56:00	0.6			273	17/07/24	16:21:00	1.9		
224	17/07/24	15:56:30	0.6			274	17/07/24	16:21:30	2.0		
225	17/07/24	15:57:00	0.6			275	17/07/24	16:22:00	2.0		
226	17/07/24	15:57:30	0.7			276	17/07/24	16:22:30	2.0		
227	17/07/24	15:58:00	0.7			277	17/07/24	16:23:00	2.0		
228	17/07/24	15:58:30	0.7			278	17/07/24	16:23:30	2.0		
229	17/07/24	15:59:00	0.8			279	17/07/24	16:24:00	2.0		
230	17/07/24	15:59:30	0.8			280	17/07/24	16:24:30	2.1		
231	17/07/24	16:00:00	0.8			281	17/07/24	16:25:00	2.1		
232	17/07/24	16:00:30	0.8			282	17/07/24	16:25:30	2.1		
233	17/07/24	16:01:00	0.9			283	17/07/24	16:26:00	2.2		
234	17/07/24	16:01:30	0.9			284	17/07/24	16:26:30	2.2		
235	17/07/24	16:02:00	0.9			285	17/07/24	16:27:00	2.2		
236	17/07/24	16:02:30	1.0			286	17/07/24	16:27:30	2.2		
237	17/07/24	16:03:00	1.0			287	17/07/24	16:28:00	2.3		
238	17/07/24	16:03:30	1.1			288	17/07/24	16:28:30	2.3		
239	17/07/24	16:04:00	1.1			289	17/07/24	16:29:00	2.3		
240	17/07/24	16:04:30	1.1			290	17/07/24	16:29:30	2.3		
241	17/07/24	16:05:00	1.1			291	17/07/24	16:30:00	2.3		
242	17/07/24	16:05:30	1.1			292	17/07/24	16:30:30	2.4		
243	17/07/24	16:06:00	1.1			293	17/07/24	16:31:00	2.4		
244	17/07/24	16:06:30	1.2			294	17/07/24	16:31:30	2.4		
245	17/07/24	16:07:00	1.2			295	17/07/24	16:32:00	2.4		
246	17/07/24	16:07:30	1.2			296	17/07/24	16:32:30	2.4		
247	17/07/24	16:08:00	1.2			297	17/07/24	16:33:00	2.5		
248	17/07/24	16:08:30	1.3			298	17/07/24	16:33:30	2.5		
301	17/07/24	16:35:00	2.6			351	17/07/24	17:00:00	3.6		
302	17/07/24	16:35:30	2.6			352	17/07/24	17:00:30	3.7		
303	17/07/24	16:36:00	2.6			353	17/07/24	17:01:00	3.7		
304	17/07/24	16:36:30	2.6			354	17/07/24	17:01:30	3.7		
305	17/07/24	16:37:00	2.7			355	17/07/24	17:02:00	3.7		
306	17/07/24	16:37:30	2.7			356	17/07/24	17:02:30	3.8		
307	17/07/24	16:38:00	2.7			357	17/07/24	17:03:00	3.8		
308	17/07/24	16:38:30	2.7			358	17/07/24	17:03:30	3.9		
309	17/07/24	16:39:00	2.7			359	17/07/24	17:04:00	3.9		
310	17/07/24	16:39:30	2.8			360	17/07/24	17:04:30	3.9		
311	17/07/24	16:40:00	2.8			361	17/07/24	17:05:00	3.9		
312	17/07/24	16:40:30	2.8			362	17/07/24	17:05:30	3.9		
313	17/07/24	16:41:00	2.8			363	17/07/24	17:06:00	3.9		
314	17/07/24	16:41:30	2.9			364	17/07/24	17:06:30	3.9		
315	17/07/24	16:42:00	2.9			365	17/07/24	17:07:00	3.9		
316	17/07/24	16:42:30	2.9			366	17/07/24	17:07:30	3.9		
317	17/07/24	16:43:00	2.9			367	17/07/24	17:08:00	3.9		
318	17/07/24	16:43:30	2.9			368	17/07/24	17:08:30	3.9		
319	17/07/24	16:44:00	3.0			369	17/07/24	17:09:00	4.0		
320	17/07/24	16:44:30	3.0			370	17/07/24	17:09:30	4.0		
321	17/07/24	16:45:00	3.0			371	17/07/24	17:10:00	4.0		
322	17/07/24	16:45:30	3.0			372	17/07/24	17:10:30	4.0		
323	17/07/24	16:46:00	3.0			373	17/07/24	17:11:00	4.0		
324	17/07/24	16:46:30	3.1			374	17/07/24	17:11:30	4.1		
325	17/07/24	16:47:00	3.1			375	17/07/24	17:12:00	4.1		
326	17/07/24	16:47:30	3.1			376	17/07/24	17:12:30	4.1		
327	17/07/24	16:48:00	3.1			377	17/07/24	17:13:00	4.1		
328	17/07/24	16:48:30	3.2			378	17/07/24	17:13:30	4.1		
329	17/07/24	16:49:00	3.2			379	17/07/24	17:14:00	4.2		
330	17/07/24	16:49:30	3.2			380	17/07/24	17:14:30	4.2		
331	17/07/24	16:50:00	3.2			381	17/07/24	17:15:00	4.2		
332	17/07/24	16:50:30	3.2			382	17/07/24	17:15:30	4.2		
333	17/07/24	16:51:00	3.3			383	17/07/24	17:16:00	4.2		
334	17/07/24	16:51:30	3.3			384	17/07/24	17:16:30	4.2		
335	17/07/24	16:52:00	3.3			385	17/07/24	17:17:00	4.3		
336	17/07/24	16:52:30	3.3			386	17/07/24	17:17:30	4.3		
337	17/07/24	16:53:00	3.3			387	17/07/24	17:18:00	4.3		
338	17/07/24	16:53:30	3.4			388	17/07/24	17:18:30	4.3		
339	17/07/24	16:54:00	3.4			389	17/07/24	17:19:00	4.4		
340	17/07/24	16:54:30	3.4			390	17/07/24	17:19:30	4.4		
341	17/07/24	16:55:00	3.4			391	17/07/24	17:20:00	4.4		
342	17/07/24	16:55:30	3.5			392	17/07/24	17:20:30	4.4		
343	17/07/24	16:56:00	3.5			393	17/07/24	17:21:00	4.4		
344	17/07/24	16:56:30	3.5			394	17/07/24	17:21:30	4.4		
345	17/07/24	16:57:00	3.5			395	17/07/24	17:22:00	4.5		
346	17/07/24	16:57:30	3.5			396	17/07/24	17:22:30	4.5		
347	17/07/24	16:58:00	3.6			397	17/07/24	17:23:00	4.5		
348	17/07/24	16:58:30	3.6			398	17/07/24	17:23:30	4.5		

Figura 49.

Datalogger N°9

#	Date	Time	T°C	H%	eT°C	#	Date	Time	T°C	H%	eT°C
201	15/07/24	15:45:00	-0.7			301	15/07/24	16:35:00	2.1		
202	15/07/24	15:45:30	-0.6			302	15/07/24	16:35:30	2.1		
203	15/07/24	15:46:00	-0.6			303	15/07/24	16:36:00	2.2		
204	15/07/24	15:46:30	-0.6			304	15/07/24	16:36:30	2.2		
205	15/07/24	15:47:00	-0.5			305	15/07/24	16:37:00	2.2		
206	15/07/24	15:47:30	-0.5			306	15/07/24	16:37:30	2.2		
207	15/07/24	15:48:00	-0.5			307	15/07/24	16:38:00	2.2		
208	15/07/24	15:48:30	-0.4			308	15/07/24	16:38:30	2.3		
209	15/07/24	15:49:00	-0.4			309	15/07/24	16:39:00	2.3		
210	15/07/24	15:49:30	-0.4			310	15/07/24	16:39:30	2.3		
211	15/07/24	15:50:00	-0.3			311	15/07/24	16:40:00	2.3		
212	15/07/24	15:50:30	-0.3			312	15/07/24	16:40:30	2.3		
213	15/07/24	15:51:00	-0.3			313	15/07/24	16:41:00	2.4		
214	15/07/24	15:51:30	-0.2			314	15/07/24	16:41:30	2.4		
215	15/07/24	15:52:00	-0.2			315	15/07/24	16:42:00	2.4		
216	15/07/24	15:52:30	-0.2			316	15/07/24	16:42:30	2.4		
217	15/07/24	15:53:00	-0.1			317	15/07/24	16:43:00	2.4		
218	15/07/24	15:53:30	-0.1			318	15/07/24	16:43:30	2.5		
219	15/07/24	15:54:00	-0.1			319	15/07/24	16:44:00	2.5		
220	15/07/24	15:54:30	0.0			320	15/07/24	16:44:30	2.5		
221	15/07/24	15:55:00	0.0			321	15/07/24	16:45:00	2.5		
222	15/07/24	15:55:30	0.0			322	15/07/24	16:45:30	2.5		
223	15/07/24	15:56:00	0.0			323	15/07/24	16:46:00	2.6		
224	15/07/24	15:56:30	0.0			324	15/07/24	16:46:30	2.6		
225	15/07/24	15:57:00	0.0			325	15/07/24	16:47:00	2.6		
226	15/07/24	15:57:30	0.1			326	15/07/24	16:47:30	2.6		
227	15/07/24	15:58:00	0.1			327	15/07/24	16:48:00	2.6		
228	15/07/24	15:58:30	0.1			328	15/07/24	16:48:30	2.7		
229	15/07/24	15:59:00	0.2			329	15/07/24	16:49:00	2.7		
230	15/07/24	15:59:30	0.2			330	15/07/24	16:49:30	2.7		
231	15/07/24	16:00:00	0.2			331	15/07/24	16:50:00	2.7		
232	15/07/24	16:00:30	0.3			332	15/07/24	16:50:30	2.7		
233	15/07/24	16:01:00	0.3			333	15/07/24	16:51:00	2.8		
234	15/07/24	16:01:30	0.3			334	15/07/24	16:51:30	2.8		
235	15/07/24	16:02:00	0.3			335	15/07/24	16:52:00	2.8		
236	15/07/24	16:02:30	0.4			336	15/07/24	16:52:30	2.8		
237	15/07/24	16:03:00	0.4			337	15/07/24	16:53:00	2.9		
238	15/07/24	16:03:30	0.4			338	15/07/24	16:53:30	2.9		
239	15/07/24	16:04:00	0.5			339	15/07/24	16:54:00	2.9		
240	15/07/24	16:04:30	0.5			340	15/07/24	16:54:30	2.9		
241	15/07/24	16:05:00	0.5			341	15/07/24	16:55:00	2.9		
242	15/07/24	16:05:30	0.6			342	15/07/24	16:55:30	3.0		
243	15/07/24	16:06:00	0.6			343	15/07/24	16:56:00	3.0		
244	15/07/24	16:06:30	0.6			344	15/07/24	16:56:30	3.0		
245	15/07/24	16:07:00	0.6			345	15/07/24	16:57:00	3.0		
246	15/07/24	16:07:30	0.7			346	15/07/24	16:57:30	3.0		
247	15/07/24	16:08:00	0.7			347	15/07/24	16:58:00	3.0		
248	15/07/24	16:08:30	0.7			348	15/07/24	16:58:30	3.1		

#	Date	Time	T°C	H%	eT°C	#	Date	Time	T°C	H%	eT°C
301	15/07/24	16:35:00	2.1			351	15/07/24	17:00:00	3.1		
302	15/07/24	16:35:30	2.1			352	15/07/24	17:00:30	3.1		
303	15/07/24	16:36:00	2.2			353	15/07/24	17:01:00	3.1		
304	15/07/24	16:36:30	2.2			354	15/07/24	17:01:30	3.1		
305	15/07/24	16:37:00	2.2			355	15/07/24	17:02:00	3.2		
306	15/07/24	16:37:30	2.2			356	15/07/24	17:02:30	3.2		
307	15/07/24	16:38:00	2.2			357	15/07/24	17:03:00	3.2		
308	15/07/24	16:38:30	2.3			358	15/07/24	17:03:30	3.2		
309	15/07/24	16:39:00	2.3			359	15/07/24	17:04:00	3.3		
310	15/07/24	16:39:30	2.3			360	15/07/24	17:04:30	3.3		
311	15/07/24	16:40:00	2.3			361	15/07/24	17:05:00	3.3		
312	15/07/24	16:40:30	2.3			362	15/07/24	17:05:30	3.3		
313	15/07/24	16:41:00	2.4			363	15/07/24	17:06:00	3.3		
314	15/07/24	16:41:30	2.4			364	15/07/24	17:06:30	3.3		
315	15/07/24	16:42:00	2.4			365	15/07/24	17:07:00	3.4		
316	15/07/24	16:42:30	2.4			366	15/07/24	17:07:30	3.4		
317	15/07/24	16:43:00	2.4			367	15/07/24	17:08:00	3.4		
318	15/07/24	16:43:30	2.5			368	15/07/24	17:08:30	3.4		
319	15/07/24	16:44:00	2.5			369	15/07/24	17:09:00	3.4		
320	15/07/24	16:44:30	2.5			370	15/07/24	17:09:30	3.5		
321	15/07/24	16:45:00	2.5			371	15/07/24	17:10:00	3.5		
322	15/07/24	16:45:30	2.5			372	15/07/24	17:10:30	3.5		
323	15/07/24	16:46:00	2.6			373	15/07/24	17:11:00	3.5		
324	15/07/24	16:46:30	2.6			374	15/07/24	17:11:30	3.5		
325	15/07/24	16:47:00	2.6			375	15/07/24	17:12:00	3.6		
326	15/07/24	16:47:30	2.6			376	15/07/24	17:12:30	3.6		
327	15/07/24	16:48:00	2.6			377	15/07/24	17:13:00	3.6		
328	15/07/24	16:48:30	2.7			378	15/07/24	17:13:30	3.6		
329	15/07/24	16:49:00	2.7			379	15/07/24	17:14:00	3.6		
330	15/07/24	16:49:30	2.7			380	15/07/24	17:14:30	3.6		
331	15/07/24	16:50:00	2.7			381	15/07/24	17:15:00	3.7		
332	15/07/24	16:50:30	2.7			382	15/07/24	17:15:30	3.7		
333	15/07/24	16:51:00	2.8			383	15/07/24	17:16:00	3.7		
334	15/07/24	16:51:30	2.8			384	15/07/24	17:16:30	3.7		
335	15/07/24	16:52:00	2.8			385	15/07/24	17:17:00	3.7		
336	15/07/24	16:52:30	2.8			386	15/07/24	17:17:30	3.8		
337	15/07/24	16:53:00	2.9			387	15/07/24	17:18:00	3.8		
338	15/07/24	16:53:30	2.9			388	15/07/24	17:18:30	3.8		
339	15/07/24	16:54:00	2.9			389	15/07/24	17:19:00	3.8		
340	15/07/24	16:54:30	2.9			390	15/07/24	17:19:30	3.8		
341	15/07/24	16:55:00	2.9			391	15/07/24	17:20:00	3.8		
342	15/07/24	16:55:30	3.0			392	15/07/24	17:20:30	3.9		
343	15/07/24	16:56:00	3.0			393	15/07/24	17:21:00	3.9		
344	15/07/24	16:56:30	3.0			394	15/07/24	17:21:30	3.9		
345	15/07/24	16:57:00	3.0			395	15/07/24	17:22:00	3.9		
346	15/07/24	16:57:30	3.0			396	15/07/24	17:22:30	3.9		
347	15/07/24	16:58:00	3.0			397	15/07/24	17:23:00	3.9		
348	15/07/24	16:58:30	3.1			398	15/07/24	17:23:30	4.0		

Cryopak a TCP Company  
 MX-DB-270-0528  
 13:27:03 16/07/2024

Cryopak a TCP Company  
 MX-DB-270-0528  
 13:27:03 16/07/2024

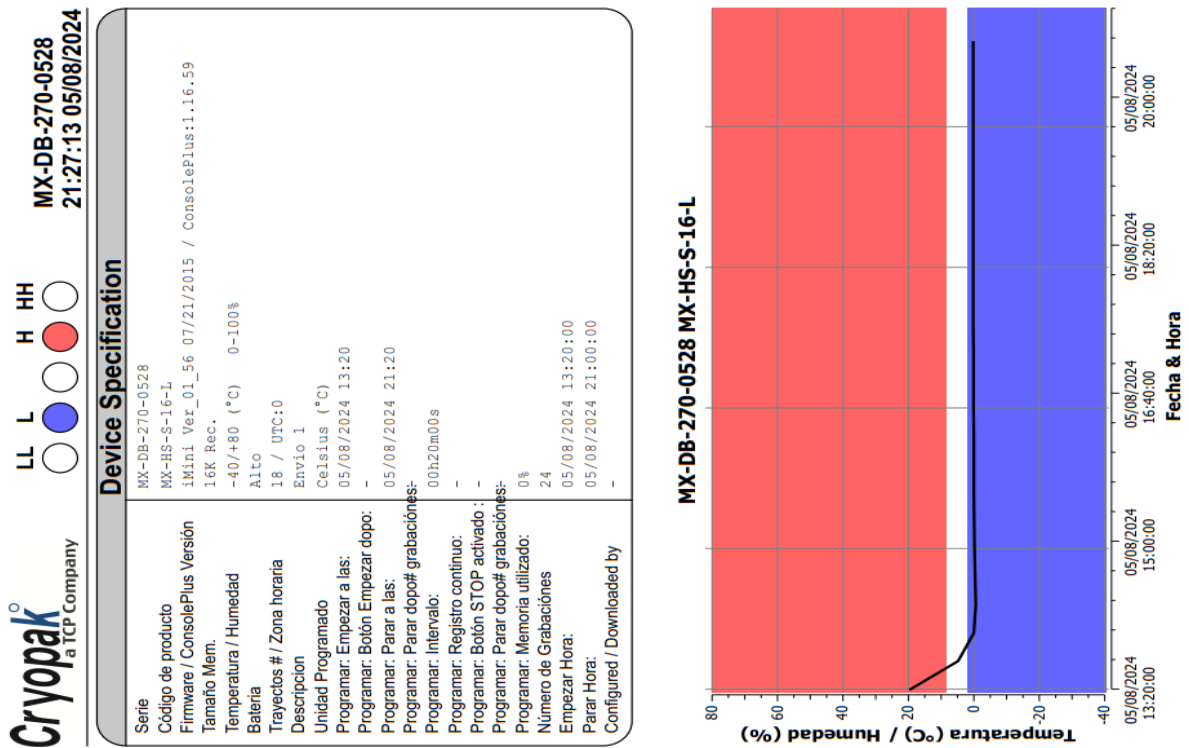
LL L H HH  
 ○ ○ ○ ○

LL L H HH  
 ○ ○ ○ ○

**Anexo 4.** Registro de temperatura Datalogger Modelo CryoPack iMini – Desarrollo prueba piloto de transporte

**Figura 50.**

*Datalogger N°1*



Cryopak<sup>o</sup> a TCP Company LL L H HH MX-DB-270-0528 21:27:13 05/08/2024

#	Date	Time	T°C	H%	eT°C	#	Date	Time	T°C	H%	eT°C
1	05/08/24	13:20:00	19.3			13	05/08/24	17:20:00	0.1		
2	05/08/24	13:40:00	4.8			14	05/08/24	17:40:00	0.2		
3	05/08/24	14:00:00	0.0			15	05/08/24	18:00:00	0.2		
4	05/08/24	14:20:00	-0.6			16	05/08/24	18:20:00	0.2		
5	05/08/24	14:40:00	-0.4			17	05/08/24	18:40:00	0.2		
6	05/08/24	15:00:00	-0.2			18	05/08/24	19:00:00	0.2		
7	05/08/24	15:20:00	-0.1			19	05/08/24	19:20:00	0.2		
8	05/08/24	15:40:00	0.0			20	05/08/24	19:40:00	0.2		
9	05/08/24	16:00:00	0.0			21	05/08/24	20:00:00	0.2		
10	05/08/24	16:20:00	0.0			22	05/08/24	20:20:00	0.2		
11	05/08/24	16:40:00	0.1			23	05/08/24	20:40:00	0.2		
12	05/08/24	17:00:00	0.1			24	05/08/24	21:00:00	0.2		

Figura 51.

Datalogger N°2

