

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Influencia de la carga de nieve en la  
cobertura a dos aguas del Mercado Virgen de  
Fátima del distrito de Yanacancha, provincia  
y departamento de Pasco, 2023**

Jhoan Erick Martin Añasco

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE  
INVESTIGACIÓN**

**A** : Decano de la Facultad de Ingeniería  
**DE** : Misael Cipriano Joaquín Vásquez  
Asesor de trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 9 de Julio de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

**Título:**

INFLUENCIA DE LA CARGA DE NIEVE EN LA COBERTURA A DOS AGUAS DEL MERCADO VIRGEN DE FÁTIMA DEL DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PASCO 2023

**Autor:**

JHOAN ERICK MARTIN AÑASCO – EAP, Ingeniería Civil


Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI  NO   
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"):
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

  
\_\_\_\_\_  
Asesor de trabajo de investigación

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, hermanas y hermano por el apoyo constante e incondicional que me brindaron durante mi carrera universitaria, en especial a mi hermana menor Esmeralda que desde el cielo sé que me cuida y me ayuda a lograr mis metas.

## AGRADECIMIENTO

A mi asesor de tesis, Ing. Misael Cipriano Joaquin Vasquez, por su apoyo y constante guía durante la realización de este trabajo, orientándome con su experiencia y sabiduría.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL .....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	X
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	3
<b>1.1 Planteamiento y Formulación del Problema</b> .....	6
1.1.1 Problema General .....	6
1.1.2 Problemas Específicos.....	6
<b>1.2 Objetivos</b> .....	6
1.2.1 Objetivo General .....	6
1.2.2 Objetivos Específicos .....	6
<b>1.3 Justificación e Importancia</b> .....	7
1.3.1 Justificación Teórica.....	7
1.3.2 Justificación Práctica.....	7
<b>1.4 Delimitación del Proyecto</b> .....	8
1.4.1 Delimitación Espacial.....	8
1.4.2 Delimitación Temporal.....	9
1.4.3 Delimitación del Contenido.....	9
<b>1.5 Hipótesis y variables</b> .....	10
1.5.1 Hipótesis General .....	10
1.5.2 Hipótesis Específicos.....	10
1.5.3 Variables y Operacionalización.....	10
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	12
<b>2.1 Antecedentes de la investigación</b> .....	12
<b>2.2 Bases Teóricas</b> .....	16
2.2.1 Nieve.....	16
2.2.2 Andes en Sudamérica .....	21

2.2.3 Norma E. 020 “Cargas” – Reglamento Nacional de Edificaciones.....	24
<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Método y alcances de la investigación .....</b>	<b>25</b>
3.1.1 Método de la investigación.....	25
3.1.2 Alcances de la investigación.....	26
<b>3.2 Diseño de la investigación .....</b>	<b>27</b>
<b>3.3 Población y muestra .....</b>	<b>28</b>
3.3.1 Población .....	28
3.3.2 Muestra .....	28
<b>3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....</b>	<b>28</b>
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos .....	28
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos .....	29
<b>3.5 Matriz de Consistencia.....</b>	<b>29</b>
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 Recopilación de datos.....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 Análisis de datos meteorológicos.....</b>	<b>38</b>
<b>4.3 Análisis y determinación de datos de cálculo .....</b>	<b>39</b>
4.3.1 Densidad de la nieve.....	39
4.3.2 Altura de la nieve.....	42
<b>4.4 Consideraciones climatológicas.....</b>	<b>44</b>
4.4.1 Temperatura.....	44
4.4.2 Tipo de precipitación .....	45
4.4.3 Radiación solar .....	45
4.4.4 Velocidad y dirección del viento .....	46
4.4.5 Humedad relativa.....	46
<b>4.5 Cálculo de la carga básica de la nieve .....</b>	<b>47</b>
<b>4.6 Muestra real de nieve .....</b>	<b>48</b>
4.6.1 Muestra real - Densidad de la nieve .....	49
4.6.2 Muestra real – Altura de la nieve.....	51
4.6.3 Muestra real – Consideraciones de temperatura.....	52

4.6.4 Muestra de nieve – Factores Externos .....	54
4.6.5 Validación de la muestra real .....	55
4.6.6 Cálculo de la carga básica de nieve con la muestra real.....	55
4.6.7 Análisis de datos obtenidos .....	56
<b>4.7 Caso de Estudio .....</b>	<b>57</b>
<b>4.8 Cálculo de la sobrecarga de nieve .....</b>	<b>59</b>
4.8.1 Norma Peruana E. 0.20 “Cargas” .....	60
4.8.2 Sobre carga de nieve con datos históricos .....	62
4.8.3 Sobre carga de nieve con muestra de nieve .....	64
<b>4.9 Presentación de Resultados .....</b>	<b>66</b>
<b>4.10 Discusión de Resultados.....</b>	<b>73</b>
4.10.1 Cálculo de la influencia de la carga de nieve .....	74
4.10.2 Efecto de la influencia de la carga de nieve .....	77
4.10.3 Grado de vulnerabilidad que genera la carga de nieve .....	81
<b>CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>84</b>
<b>5.1 CONCLUSIONES.....</b>	<b>84</b>
<b>5.2 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>85</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>87</b>
Anexo 1: Matriz de Consistencia.....	90
Anexo 2: Imagen satelital del lugar de trabajo .....	92
Anexo 3: Panel fotográfico de la cobertura del patio de la Región Policial Pasco.....	93
Anexo 4: Panel fotográfico de la cobertura del Caso de Estudio .....	94
Anexo 5: Instrumento de recolección de datos .....	95
Anexo 6: Hoja de cálculo de la investigación.....	97
Anexo 7: Plano y modelamiento del Caso de Estudio.....	98
Anexo 8: Modelamiento de la Armadura en SAP 2000 .....	99

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Matriz de operacionalización de variables.....	10
<b>Tabla 2</b> Información de la cordillera de los andes .....	22
<b>Tabla 3</b> Carga de nieve sobre los techos .....	24
<b>Tabla 4</b> Matriz de consistencia.....	30
<b>Tabla 5</b> Días de nevadas promedio en el Departamento de Pasco .....	32
<b>Tabla 6</b> Porcentaje de probabilidad de nevadas en el Departamento de Pasco.....	34
<b>Tabla 7</b> Temperatura, precipitaciones y humedad promedio en el Departamento de Pasco... 35	
<b>Tabla 8</b> Datos de Lluvias y Horas de Sol Promedio en el Departamento de Pasco .....	36
<b>Tabla 9</b> Velocidad del viento promedio en el Departamento de Pasco.....	37
<b>Tabla 10</b> Densidades típicas de la nieve .....	40
<b>Tabla 11</b> Cálculo de la densidad de la nieve promedio.....	41
<b>Tabla 12</b> Horas de tormenta de nieve en Pasco.....	43
<b>Tabla 13</b> Registro de datos hidrometeorológicos durante el mes de agosto – SENAMHI .....	52
<b>Tabla 14</b> Comparación de valores obtenidos .....	56
<b>Tabla 15</b> Ancho tributario por elemento .....	59
<b>Tabla 16</b> Carga de Nieve en las Armaduras Internas - Norma Peruana.....	61
<b>Tabla 17</b> Carga de Nieve en las Armaduras Externas - Norma Peruana.....	61
<b>Tabla 18</b> Carga de Nieve en las Armaduras Internas – Datos Históricos .....	62
<b>Tabla 19</b> Carga de Nieve en las Armaduras Externas – Datos Históricos .....	63
<b>Tabla 20</b> Carga de Nieve en las Armaduras Internas – Muestra de Nieve.....	65
<b>Tabla 21</b> Carga de Nieve en las Armaduras Externas – Muestra de Nieve .....	65
<b>Tabla 22</b> Presentación de resultados obtenidos del SAP 2000.....	66
<b>Tabla 23</b> Fuerzas internas en los elementos de las armaduras internas bajo las cargas de nieve .....	68
<b>Tabla 24</b> Fuerzas internas en los elementos más críticos de la Sección 1 .....	75
<b>Tabla 25</b> Valor de $K_i$ para el cálculo del índice de vulnerabilidad .....	81
<b>Tabla 26</b> Valor de $W_i$ para el cálculo del índice de vulnerabilidad .....	82
<b>Tabla 27</b> Índice de vulnerabilidad.....	82
<b>Tabla 28</b> Rangos del índice de vulnerabilidad .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Colapso del techo del patio de la Región Policial Pasco .....	4
<b>Figura 2</b> Estado actual del techo del patio de la Región Policial Pasco.....	4
<b>Figura 3</b> Colapso de cobertura en grass sintético.....	5
<b>Figura 4</b> Colapso del techo del Coliseo Municipal Pasco.....	5
<b>Figura 5</b> Ubicación del Proyecto - Pasco – Perú.....	9
<b>Figura 6</b> Imágenes ilustrativas de los tipos de cristales de nieve.....	17
<b>Figura 7</b> Clasificación internacional de nieve.....	18
<b>Figura 8</b> Transformación de gradiente térmico.....	21
<b>Figura 9</b> Transformación de isoterma.....	21
<b>Figura 10</b> Cordillera de los Andes y los picos más altos .....	23
<b>Figura 11</b> Gráfico días de nevadas promedio en el Departamento de Pasco .....	33
<b>Figura 12</b> Número de días nevados promedio .....	33
<b>Figura 13</b> Porcentaje de probabilidad de nevadas en el Departamento de Pasco .....	35
<b>Figura 14</b> Temperatura promedio en el Departamento de Pasco .....	36
<b>Figura 15</b> Velocidad del viento promedio en el Departamento de Pasco .....	37
<b>Figura 16</b> Esquema de la diagénesis de la nieve – hielo.....	40
<b>Figura 17</b> Toma de muestra para análisis de la nieve .....	49
<b>Figura 18</b> Peso de la muestra de nieve.....	50
<b>Figura 19</b> Altura de nieve alcanzada.....	51
<b>Figura 20</b> Gráfico de registro de temperatura durante el mes de agosto – SENAMHI .....	53
<b>Figura 21</b> Velocidad del viento 13/08/2023.....	54
<b>Figura 22</b> Elevación de la nave industrial del Mercado Virgen de Fátima.....	57
<b>Figura 23</b> Vista en planta del Mercado Virgen de Fátima .....	58
<b>Figura 24</b> Elevación de armadura de la nave industrial del Mercado Virgen de Fátima .....	58
<b>Figura 25</b> Distribución del ancho tributario del caso de estudio.....	59
<b>Figura 26</b> Cargas puntuales debido a la carga de nieve en las armaduras internas - Norma Peruana.....	62
<b>Figura 27</b> Cargas puntuales debido a la carga de nieve en las armaduras externas - Norma Peruana.....	62
<b>Figura 28</b> Cargas puntuales debido a la carga de nieve en las armaduras internas – Datos Históricos .....	64
<b>Figura 29</b> Cargas puntuales debido a la carga de nieve en las armaduras externas – Datos Históricos .....	64
<b>Figura 30</b> Cargas puntuales debido a la carga de nieve en las armaduras internas – Muestra de Nieve .....	66

<b>Figura 31</b> Cargas puntuales debido a la carga de nieve en las armaduras externas – Muestra de Nieve .....	66
<b>Figura 32</b> Modelamiento en SAP 2000 de armadura.....	67
<b>Figura 33</b> Vista real de la armadura de la cobertura del Mercado Virgen de Fátima .....	70
<b>Figura 34</b> Secciones de análisis de la armadura de estudio .....	70
<b>Figura 35</b> Sección 1 de análisis bajo cargas de nieve .....	71
<b>Figura 36</b> Fueras internas en los elementos de la Sección 1 de la armadura .....	71
<b>Figura 37</b> Sección 2 de análisis bajo cargas de nieve .....	72
<b>Figura 38</b> Fueras internas en los elementos de la Sección 2 de la armadura .....	72
<b>Figura 39</b> Sección 3 de análisis bajo cargas de nieve .....	73
<b>Figura 40</b> Fueras internas en los elementos de la Sección 3 de la armadura .....	73
<b>Figura 41</b> Comportamiento de la armadura bajo cargas de nieve - SAP 2000 .....	74
<b>Figura 42</b> Zona de mayor influencia de la carga de nieve según la norma - Sección 1 .....	77
<b>Figura 43</b> Zona de mayor influencia de la carga de nieve según datos históricos - Sección 1 .....	77
<b>Figura 44</b> Zona de mayor influencia de la carga de nieve según muestra real de nieve - Sección 1 .....	78
<b>Figura 45</b> Zona de mayor influencia de la carga de nieve - Sección 2 .....	78
<b>Figura 46</b> Zona de mayor influencia de la carga de nieve - Sección 3 .....	79
<b>Figura 47</b> Zona de mayor influencia de la carga de nieve según la norma .....	79
<b>Figura 48</b> Zona de mayor influencia de la carga de nieve según datos históricos .....	80
<b>Figura 49</b> Zona de mayor influencia de la carga de nieve según muestra real de nieve .....	80

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1</b> Tasa de acumulación de la nieve.....	42
<b>Ecuación 2</b> Altura de nieve .....	44
<b>Ecuación 3</b> Cálculo carga básica de nieve .....	47
<b>Ecuación 4</b> Densidad de la nieve .....	50
<b>Ecuación 5</b> Fórmula de cálculo de ángulo de inclinación de la armadura .....	60
<b>Ecuación 6</b> Carga de diseño (Qt) .....	60
<b>Ecuación 7</b> Índice de vulnerabilidad.....	81

## RESUMEN

El trabajo de investigación titulado “Influencia de la Carga de Nieve en la Cobertura a Dos Aguas del Mercado Virgen de Fátima del Distrito de Yanacancha, Provincia y Departamento de Pasco 2023”, se centró en determinar la influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima. Se empleó una metodología integrada para calcular la carga de nieve considerando factores meteorológicos y físicos en el caso de estudio mencionado. Los datos se compararon con datos históricos recopilados, una muestra de nieve tomada durante una tormenta en la región Pasco y el cálculo derivado de la Norma E. 020 “Cargas”.

El análisis reveló que la influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima superó las estimaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones. La carga de nieve durante una tormenta real en el departamento de Pasco fue aproximadamente el doble de lo que establece la norma actual. Esto sugiere que el reglamento proporciona valores que no reflejan con precisión la realidad, ya que no considera la diversidad geográfica del Perú.

**Palabras claves:** Carga de Nieve, Densidad de nieve, Altura de nieve, Tasa de acumulación de la nieve, Horas de tormenta, Coberturas.

## ABSTRACT

The research work titled “Influence of Snow Load on the Gable Coverage of the Virgen de Fátima Market in the District of Yanacancha, Province and Department of Pasco 2023”, focused on determining the influence of snow load on the coverage. gable of the Virgin of Fátima market. An integrated methodology was used to calculate snow load considering meteorological and physical factors in the aforementioned case study. The data was compared to collected historical data, a snow sample taken during a storm in the Pasco region, and the calculation derived from Standard E. 020 “Loads.”

The analysis revealed that the influence of snow load on the gable coverage of the Virgen de Fátima market exceeded the estimates of the National Building Regulations. The snow load during a real storm in the Pasco department was approximately double what the current norm establishes. This suggests that the regulation provides values that do not accurately reflect reality, since it does not consider the geographical diversity of Peru.

**Keywords:** Snow Load, Snow Density, Snow Height, Snow Accumulation Rate, Storm Hours, Coverage.

## INTRODUCCIÓN

El Perú se encuentra actualmente constituido por 26 regiones departamentales, junto con tres zonas naturales distintas: costa, sierra y selva. Los parámetros de construcción y edificación están regulados por el Reglamento Nacional de Edificaciones, que incluye la norma E. 0.20 sobre "Cargas". En esta norma, en el Artículo 11, se menciona que "La estructura y los elementos de techo que estén expuestos a la acción de carga de nieve serán diseñados para resistir las cargas producidas por la posible acumulación de la nieve en el techo" (RNE, 2004). Esta normativa estipula el proceso de diseño de las estructuras, que toma en consideración una carga de nieve en dos condiciones: sobre el terreno y sobre coberturas, en donde utiliza una carga mínima básica única.

El país cuenta con zonas geográficas destacadas: una de ellas la Sierra. Específicamente, se encuentra al sur del país, donde nueve de sus departamentos constituyen parte de la Cordillera de los Andes. Uno de estos departamentos es la Región Pasco, que es la zona Sierra la más afectada por eventos nevados que impactan en estructuras como los techos, coberturas y naves industriales. Surge, entonces, la pregunta: ¿Cuál será la influencia de la carga de nieve sobre las coberturas en el departamento de Pasco? Debido a la intensidad de las nevadas en Pasco, la influencia ejercida como carga de gravedad será mucho mayor que la establecida en la norma. A pesar de que este tipo de estructuras sean diseñadas según lo establecido en el reglamento, se han reportado casos en los que estas coberturas han colapsado debido a tormentas de nieve de larga duración, que ocasionan daños materiales considerables y representando un riesgo para sus habitantes.

Al comparar el valor de la carga de nieve con uno determinado, con parámetros específicos que alteran su comportamiento, es perceptible una diferencia en lo que refiere a la carga mínima de nieve. No se consideran condiciones climáticas, geográficas ni de temperatura, lo cual afectará la densidad de la nieve y la altura que esta tendrá. Junto con la duración de la tormenta, la carga básica de nieve se elevará y generará una mayor carga que la estimada por la Norma Peruana. Dado que el reglamento que se utiliza actualmente está en constante actualización y cambio de acuerdo a las necesidades del país, es importante evaluar si los parámetros que este brinda para el diseño son eficientes y garantizan la vida útil de las estructuras.

Con el fin de determinar si la hipótesis es veraz o no, se han realizado los cálculos para determinar la influencia de la carga de nieve sobre la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima, el cual es el caso de estudio. Con el propósito de ampliar los resultados obtenidos, se ha realizado el análisis con la Norma Técnica, datos históricos sobre nevadas en la región y una muestra de nieve real tomada durante una tormenta de nieve. La presente investigación se desarrolla en los siguientes capítulos:

- CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN
- CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO
- CAPÍTULO III: METODOLOGÍA
- CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN
- CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con estos capítulos, se determinará la veracidad de la hipótesis y se ofrecerá un estudio más completo sobre un problema que no ha sido abordado con la importancia que merece y que ya ha generado problemas en las regiones donde la incidencia de la carga de nieve es alta.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

En países con inviernos severo como Canadá, Rusia o Noruega, las normativas de construcción incluyen especificaciones detalladas sobre como diseñar edificaciones capaces de soportar cargas de nieve significativas. Estas regulaciones a menudo incluyen la selección de materiales resistentes, refuerzos estructurales adicionales y sistemas de drenaje eficientes para evitar el colapso bajo el peso de la nieve acumulada. En regiones montañosas de todo el mundo, como los Alpes en Europa, los Himalaya en Asia o las Montañas Rocosas en América del Norte, las estructuras deben enfrentarse a desafíos similares en términos de carga de nieve. Las normativas de construcción en estas áreas suelen ser más estrictas en cuanto a los requisitos de diseño y resistencia para garantizar la integridad de las edificaciones, así como la seguridad de las personas.

En el Perú, se rige a lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones, donde se indican los parámetros que se deben de considerar para el diseño de estructuras, en la Norma E. 020 “Cargas” en el Artículo 11 “Carga de Nieve”, se indica las cargas de gravedad que se deben de considerar en las coberturas o techos. Sin embargo, y a pesar de la normativa vigente, en el departamento de Pasco ubicado en la Cordillera de los Andes, en el centro del Perú, se han registrado diversos casos donde este tipo de estructuras han colapsado debido a la carga que produce la nieve acumulada sobre estas; tal y como ocurrió el 28 de diciembre del año 2022, cuando debido a una intensa nevada, de aproximadamente nueve horas, ocasionó el colapso del techo del patio de la Región Policial Pasco ubicado en el distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco - Perú, *Panel Fotográfico del estado actual de la cobertura en el Anexo 3:*



*Figura 1.* Colapso del techo del patio de la Región Policial Pasco. Fuente: Noticias Pasco (Andina Noticias, 2022)



*Figura 2.* Estado actual del techo del patio de la Región Policial Pasco. Elaboración Propia

Asimismo, el 17 de noviembre del 2017, producto de una fuerte e intensa granizada, el techo de un campo de grass sintético ubicado en la Av. Circunvalación Arenales en el distrito Chaupimarca, provincia y departamento de Pasco - Perú, colapsó, debido a que la cobertura no

soporto el peso de la granizada, debilitando la estructura pues se afectaron las columnas y paredes, razón por la cual se tuvo que declarar a la infraestructura como inhabitable.



*Figura 3.* Colapso de cobertura en grass sintético. Fuente: Noticias Pasco (Diario Correo, 2017)

Otro caso registrado es de la fecha 06 de octubre del año 2012, cuando debido a una fuerte granizada y nevada en el distrito de Chaupimarca, provincia y departamento de Pasco - Perú, provocó el colapso del techo del Coliseo Municipal ubicado en las coordenadas  $10^{\circ} 41'05''$  latitud sur y  $76^{\circ} 15'13''$  longitud oeste, siendo igualmente afectadas las coberturas de las tribunas del estadio Municipal.



*Figura 4.* Colapso del techo del Coliseo Municipal Pasco. Fuente: Noticias Pasco (Andina Noticias, 2012)

De estos antecedentes, podemos identificar que la estructura mayormente afectada durante las nevadas, la cual se comprende como un fenómeno meteorológico, en el que la precipitación cae en forma de copos de nieve que son cristales de hielo con forma de estrella. También, definidos como tormentas de nieve, suelen presentarse en la región son las naves industriales de estadios o coliseos deportivos, por lo cual se puede señalar que este problema se debe a que los parámetros que rigen el diseño de dichas estructuras en la norma vigente presentan deficiencias en el cálculo de la sobrecarga de nieve, pues no contempla las condiciones climáticas que se viven en los departamentos del Perú que forman parte de la Cordillera de los Andes, zonas donde las nevada o tormentas de nieves son intensas alcanzando una altura de acumulación de nieve de hasta 20 centímetros de altura.

Por ello, este estudio de investigación propone la determinación de la influencia de la Carga de Nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco.

## **1.1 Planteamiento y Formulación del Problema**

### 1.1.1 Problema General

¿Cuánto es la influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023?

### 1.1.2 Problemas Específicos

¿Cambiaría el elemento crítico según la influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023?

¿Cuál es el grado de vulnerabilidad que genera la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023?

## **1.2 Objetivos**

### 1.2.1 Objetivo General

Calcular la influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Analizar el elemento crítico que produce la influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023.

Determinar el grado de vulnerabilidad que genera la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023.

### **1.3 Justificación e Importancia**

#### **1.3.1 Justificación Teórica**

La investigación actual surge de la necesidad de examinar críticamente la adecuación de las normativas existentes en el ámbito de la construcción a las condiciones específicas de la región Pasco en Perú. Si bien el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) se basa en estándares internacionales, es fundamental reconocer que las características climáticas y geográficas únicas de Pasco pueden influir significativamente en la efectividad de estas normativas. La experiencia práctica y el conocimiento acumulado de los profesionales y constructores locales han permitido un refinamiento continuo de las normativas existentes. Sin embargo, es importante resaltar que esta adaptación se sustenta en la experiencia vivida en la región y puede no reflejar completamente las condiciones específicas de Pasco.

En este sentido, la presente investigación busca llenar esta brecha al comparar los valores de carga de nieve establecidos por la normativa peruana con datos reales recopilados en el Departamento de Pasco. Esta comparación es esencial para determinar la precisión de las normativas existentes y su capacidad para garantizar la seguridad, y la viabilidad de las estructuras en la región, especialmente, en el caso específico de la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima.

Los hallazgos de esta investigación no solo contribuirán al conocimiento académico en el campo de la construcción y la ingeniería civil, sino que, también, tendrán importantes implicaciones prácticas. Los resultados podrán informar la revisión y actualización de las normativas existentes en Perú, así como la práctica constructiva en Pasco y posiblemente en otras áreas con condiciones climáticas similares.

En resumen, esta investigación se enmarca en la necesidad de realizar estudios específicos a nivel local para comprender mejor las necesidades y desafíos únicos de la región, con el objetivo final de mejorar la seguridad y la calidad de las estructuras construidas en el Departamento de Pasco y más allá.

#### **1.3.2 Justificación Práctica**

La investigación propuesta se centra en analizar la influencia específica de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima, ubicado en el distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco. Este enfoque se justifica en base a la

necesidad urgente de abordar un aspecto crítico, pero a menudo subestimado en el diseño estructural. A pesar de que las estructuras siguen las pautas de diseño establecidas por las normativas, es evidente que existen errores y vulnerabilidades que pueden resultar en desastres catastróficos. Estos problemas se hacen aún más prominentes cuando se trata de un parámetro crucial como lo es la carga de nieve, el cual puede no estar adecuadamente considerado en el diseño inicial.

Por lo tanto, esta investigación busca ampliar el espectro de análisis, y se centra en la carga de nieve, a fin de corregir esta deficiencia y mejorar la viabilidad de la normativa existente. Al comprender más profundamente cómo la carga de nieve afecta específicamente a una estructura de cobertura a dos aguas como la del mercado Virgen de Fátima, se podrán identificar áreas de mejora en el diseño y la construcción que no se habrían considerado de otra manera.

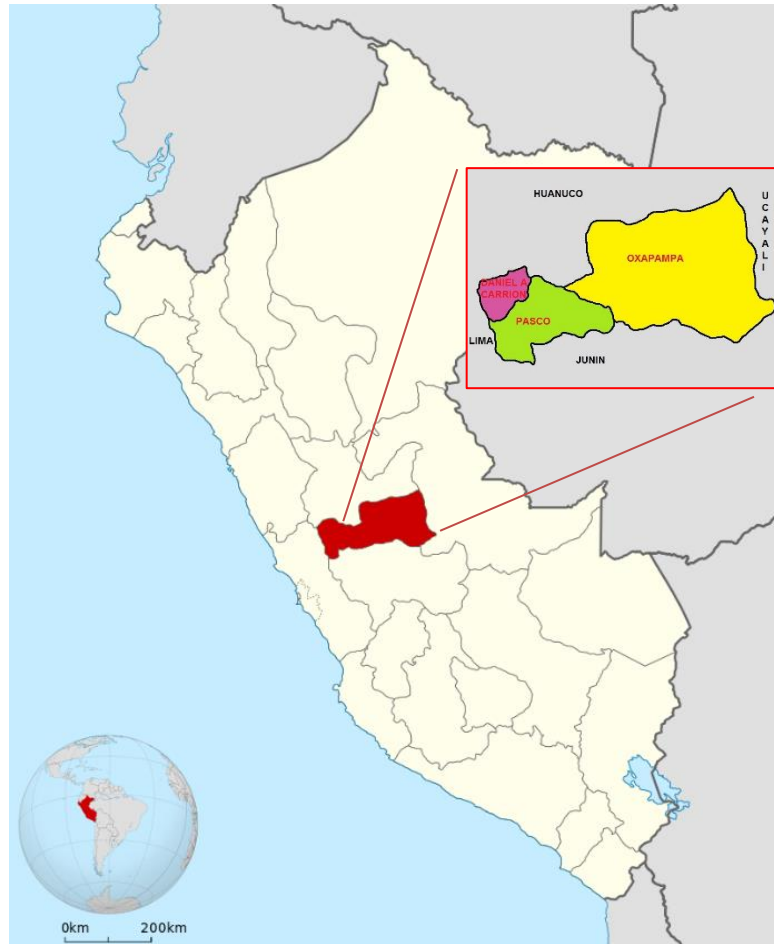
Además, al garantizar una consideración más completa de la carga de nieve en el diseño estructural, se puede incrementar la durabilidad y la resistencia de las estructuras ante condiciones climáticas externas, que salvaguarda así la seguridad de las personas y la inversión en infraestructuras críticas como el mercado mencionado. En última instancia, esta investigación tiene como meta contribuir al desarrollo de prácticas de diseño más robustas y adaptativas, que puedan hacer frente a los desafíos cambiantes del clima, así como garantizar la integridad y la seguridad de las estructuras a largo plazo.

## **1.4 Delimitación del Proyecto**

### **1.4.1 Delimitación Espacial**

La delimitación especial del proyecto comprende al área geográfica en la cual se va a desarrollar el trabajo de investigación, por lo que es el departamento de Pasco el lugar en donde se evaluará la norma de carga de nieve y se comparará con una muestra de nieve real tomada durante una tormenta en la región. La elección de este departamento se debe a la zona geográfica en la que está ubicada, además de formar parte de la Cordillera de los Andes, la altitud de la región y otros factores como el clima favorecen a la formación de tormentas de nieve, y la ocurrencia de estas es muy frecuente, que da mayor factibilidad al estudio.

El departamento de Pasco está compuesto por tres provincias y veinte ocho distritos, la capital tiene una altitud de 4,380.00 metros sobre el nivel del mar y está ubicado en una latitud sur de 9° 34'23" y longitud oeste comprendidos en meridianos 74° 36'32" y 76° 43'18". Comprende una parte amazónica al este y una parte andina al oeste, limitado al este con Ucayali, al norte con Huánuco, al oeste con Lima y al sur con Junín; Tiene una densidad de 11.1 hab/km<sup>2</sup> y se extiende a 25,230.00 km<sup>2</sup>.



*Figura 5. Ubicación del Proyecto - Pasco – Perú. Fuente: Departamento de Pasco (Wikipedia, 2023)*

#### 1.4.2 Delimitación Temporal

Si bien la presente investigación contará con datos referenciales de hasta 10 años de antigüedad, el periodo de tiempo en el cual se desarrollará será de 60 días calendarios, a fin de recabar la información completa para la recolección y verificación de datos para el análisis de la carga de nieve en la región de Pasco.

#### 1.4.3 Delimitación del Contenido

La investigación plantea la evaluación de la norma E. 020 “Cargas” en el Artículo 11 “Carga de Nieve”, mediante el análisis comparativo con un valor calculado con datos históricos recopilados y una muestra de nieve real, a fin de verificar la viabilidad de la norma actual en la formulación y construcción de estructuras bajo el análisis de cargas por gravedad.

## 1.5 Hipótesis y variables

### 1.5.1 Hipótesis General

La influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023 es 2 veces mayor de lo considerado por la norma.

### 1.5.2 Hipótesis Específicos

La influencia de la carga de nieve ocasionara que el elemento critico de la armadura en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023 sea diferente al determinado por la norma.

El grado de vulnerabilidad que genera la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023 es alta.

### 1.5.3 Variables y Operacionalización

Tabla 1. *Matriz de operacionalización de variables*

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala
<b>CARGA DE NIEVE</b>	La presión hacia abajo que el peso de la nieve y el hielo acumulados ejerce sobre el techo de una edificación. Si la carga de nieve supera la capacidad de peso para la que fue diseñada la construcción, el techo o toda la estructura podrían colapsar.	Considerando que todo diseño de estructuras debe estar regulado y reglamentado bajo los estándares presentes en el Reglamento Nacional de Edificaciones.	Norma Técnica	Carga Básica de nieve	Ficha de recolección de datos	Razón Intervalo
				Sobre carga de nieve		
				Densidad de la nieve		
			Datos históricos	Días nevados		
				Temperatura		
				Humedad		
			Muestra real	Velocidad del viento		
				Densidad de la nieve		
				Tasa de acumulación de nieve		
				Duración de tormenta		
<b>COBERTURA A DOS AGUAS DEL MERCADO</b>	Se refiere a un tipo de diseño arquitectónico de tejado o cubierta que	La estructura compuesta por dos pendientes opuestas que forman un	Geometría de la estructura	Armadura de la cobertura	Ficha de recolección de datos	Razón Intervalo

<b>VIRGEN DE FÁTIMA</b>	tiene dos pendientes o inclinaciones opuestas. Tipo de techo usado en la cobertura del mercado Virgen de Fátima.	ángulo y permiten el drenaje efectivo del agua de lluvia.		Distribución del ancho tributario		
				Luz libre		
			Calculo Estructural	Angulo de inclinación		
				Carga de diseño		
			Cálculo de la carga de nieve	Carga Puntual		
				Fuerzas internas en los elementos		
Diferencia entre cargas de nieve						

*Fuente:* Elaboración propia

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

El tema el cual es abordado en esta investigación no es tan estudiado en comparación a otros, si bien lo más recomendado es usar antecedentes con solo 5 años de antigüedad. En este caso, al ser un problema que no ha sido evaluado en gran cantidad, se tuvo que usar los siguientes, que, a pesar de tener una mayor antigüedad, abordan el problema de manera más exacta y profunda al grado que lo requiere esta investigación para cumplir como fundamento teórico para lograr los objetivos planteados:

- Vannia Aliaga Nestares et al. (2021), en el estudio titulado *Actualización del estudio de frecuencia de nevadas en el Perú*, cuyo objetivo es calcular la distribución espacial y la frecuencia mensual de nevadas en Perú mediante un estudio de la frecuencia de nevadas en todo el territorio nacional durante el período 1995-2018. Hace uso de una metodología práctica donde se reanalizaron los datos diarios de nieve del ERA 5 y datos tomados en las estaciones de la red hidrometeorológica convencionales de SENAMHI. Se concluye en que existe una mayor ocurrencia de nevadas en los andes del Perú durante el verano austral que comprende el periodo entre diciembre y marzo, y tiene sus valores máximos en la zona central, que llega a ser el doble de días nevados de la región sur.
- Marti Bomshoms Calcelo et al. (2018) en el estudio titulado *Estudio de la frecuencia de nevadas en el Perú*, cuyo objetivo es llevar a cabo un estudio de la frecuencia de nevadas en todo el territorio nacional durante el período 2004-2013. Hace uso de una metodología práctica donde se usaron 35 estaciones convencionales meteorológicas que fueron ubicados en la cordillera sur y central a partir de 3400 m.s.n.m., además, ya que para dicho factor no se cuenta con instrumentos de medición se contabilizaron los días con nieve para poder realizar un análisis de frecuencia mensual. En conclusión, las nevadas y/o tormentas de nieve en la cordillera de los andes tiene su mayor presencia en los meses de verano, entre 5 o 6 veces en promedio por mes, pero no es un factor unitario pues se presenta durante todo el año desde 3400 m.s.n.m. en la vertiente occidental central y oriental sur.

- Alexis Nicolás Ibáñez Blancas et al. (2020), en el artículo científico titulado *Cambios en las áreas nevadas y tendencias en la cobertura de nieve para el 2030 en el sur del Perú*, con el objetivo es describir la dinámica de las áreas nevadas en el sur del país durante el período comprendido entre 1980 y 2014, considerando los cambios climáticos y de temperatura en altitudes que van desde los 4800 hasta los 5400 metros. Se empleó una metodología práctica utilizando imágenes de ASTER y Landsat para modelar la variación de las áreas de nieve en relación con la altitud. En conclusión, se observó una rápida disminución de las áreas nevadas, especialmente entre 2002 y 2009. Utilizando los datos recopilados y el método de Markov, se proyectó la extensión de la nieve para el año 2030, mostrando una significativa reducción en comparación con épocas anteriores.
- Héctor Darío Ramírez Verdugo (2008) desarrolla en su trabajo de investigación titulado *Proposición de sobrecargas de nieve para la zona central de Chile*, cuyo objetivo es proponer nuevos valores de sobrecarga de nieve usado en los diseños de estructuras en el centro de Chile; se utilizó una metodología de análisis estadístico después de recopilar datos de nevadas obtenidos de diversas estaciones de medición de nieve en el área de estudio, los cuales fueron clasificados según su ubicación latitudinal. La conclusión se generó una curva de sobrecarga de nieve representativa relacionado a la altitud en la que se obtiene, y, con ello, se determinó un valor promedio de sobrecarga de nieve para diferentes rangos de altitud, que tiene como resultado final un conjunto de valores para la sobre carga de nieve que en algunos casos superaba a la propuesta por la norma NCh 431.
- Manuel I. Guerra Romero (2021) desarrolla en el artículo científico titulado *Influencia regional de la carga de nieve en el coste de pórticos de acero*, cuyo objetivo es determinar hasta cuanto se puede elevar el costo de la estructura de pórticos de acero como consecuencia de la nieve, mediante la metodología práctica en la cual se ha dimensionado un tipo de nave a base de pórticos metálicos, que toma en cuenta como variable la sobrecarga de nieve que se toma en 9 capitales de la comunidad de Castilla y León, y varía, a su vez, la altitud en un rango de 200 y 1,500 metros. En conclusión, se descubrió que el costo de este tipo de estructuras puede elevarse hasta en 59% más en comparación con otros pórticos. Además, se determinó que la ciudad de León es la más desfavorable por la sobrecarga de nieve.
- José Pedro Mery (2007), en el artículo de investigación con el título de *Alcances de la normativa en Chile para la determinación de la sobrecarga de nieve en edificios y estructuras*, cuyo objetivo fue generar un debate sobre el nivel de actualización de la norma chilena “NCh 431 Of. 77”. Se halló inconsistencias mediante comparaciones con

normas internacionales. Haciendo uso de una metodología, donde se comentan y exponen los principales conceptos de la normativa chilena sobre cargas de nieve. Se mencionan ciertos criterios internacionales relacionados con el tema, los cuales podrían servir como base para el debate sobre una futura actualización de la normativa chilena. Además, se destaca la necesidad de incluir en una normativa futura algunas recomendaciones constructivas para prevenir patologías y problemas comunes, que concluye, las investigaciones más recientes en el campo de las cargas que afectan a las estructuras han revelado que, en el caso de nieve, no es suficiente conocer únicamente la carga básica de nieve. También son importantes factores como el entorno, la geometría del techo, las características inherentes de la cubierta y la implementación o no del control de la nieve acumulada, ya que los diseños de los techos actuales no presentan unas medidas de control para la nieve depositada, ni para un adecuado deslizamiento de la nieve para poder garantizar un diseño racional con mayor grado de seguridad.

- Ana Morata, et al. (2014), en el artículo de investigación aplicada titulado *Sobrecarga de nieve máxima sobre una superficie horizontal: diferencias regionales en España*, con el objetivo de desarrollar mapas de sobrecarga de nieve que sirvan de ayuda en el diseño de infraestructuras. La metodología utilizada se basó en una base de datos construida a partir de información recopilada de más de 1,000 estaciones termo pluviométricas. Además, se valuó el valor esperado de carga de nieve para períodos de retorno de 50 años. La relación empírica entre los valores de carga de nieve y la altitud geográfica permitió identificar diferencias regionales en España. Se concluyó que se pueden distinguir claramente siete zonas comportamientos climáticos homogéneos, siguiendo criterios climáticos regionales. Además, las funciones desarrolladas para cada una de estas zonas se ajustan de manera realista al comportamiento empírico de la carga máxima de nieve esperada en una superficie horizontal para períodos de retorno de 50 años en relación con la altitud geográfica. Así, este estudio proporciona información crucial para la ingeniería civil que anteriormente no estaba disponible.
- Shengguan Qiang et al. (2017), en el artículo científico titulado *Investigación sobre la confiabilidad de las estructuras de techo de acero sometidas a cargas de nieve en sitios representativos en China*, que tiene como objetivo determinar si los techos están adecuadamente diseñados ante la carga de nieve en 4 estructuras representativas en China. La metodología llevada a cabo fue de manera aplicada donde se hallan las cargas máximas anuales de nieve en el suelo que se simulan mediante un modelo de deshielo para determinar un valor característico de nieve en el suelo. Luego, se compara con la confiabilidad de los miembros de estructuras de techo de acero sometidas a carga de nieve y así determinar si están bien diseñados o no. Estas concluyen en que los índices

de confiabilidad de los techos estudiados no son suficientes para alcanzar el valor objetivo 3.2., ya que el valor característico de las cargas de nieve en el suelo especificado en el código de carga chino no es tan conservador y el factor parcial 1.4 para las cargas de nieve en los techos no es suficiente para garantizar que los techos diseñados estén sujetos a cargas extremas de nieve.

- Ahmet Can Altunisik et al. (2016), en el artículo de investigación de postgrado titulado *Falla de pandeo lateral del techo de acero en voladizo de una tribuna debido a cargas de nieve*, con el objetivo de solucionar las fallas de pandeo lateral de un techo de acero en voladizo de una tribuna con una sección transversal delgada bajo carga de nieve. La metodología usada fue aplicada; esta estructura de techo de pendiente suave se construyó a partir de una viga I y con columnas de acero de 5,5 m de altura, área cerrada de 240 m<sup>2</sup>. Se tomaron en cuenta los registros meteorológicos y las observaciones de la población local para la intensidad que ocasiona la carga de nieve, se comparó con los valores especificados en la norma. Además, las relaciones ancho / espesor y altura / espesor para brida y cuerpo se evalúan de acuerdo a la norma de diseño. Se realizan dos análisis en el software ANSYS; se comparan los dos resultados y para determinar una carga final; se unen estos dos análisis. Se concluye en que, en el primer análisis, se generó un modelo tridimensional del techo de acero; se determinó que la carga de pandeo en la viga en voladizo es  $q = 22.236 \text{ kN/m}^2$ . Para validar la solución analítica del software, se modela una viga en voladizo por separado con la inclinación del techo indicada y se obtiene  $q = 22.440 \text{ kN/m}^2$ . Se concluye en que hay mucha similitud y la diferencia máxima se alcanza como 0.91%. Después del análisis de elementos finitos considerando el sistema completo, la carga de pandeo se obtiene como  $q = 31.00 \text{ kN/m}^2$ .
- Z. Sadovsky et al. (2013), en el artículo científico que lleva por título *Modelos de carga de nieve para la optimización probabilística de marcos de acero*, con el objetivo de proponer una nueva optimización de factores de seguridad variables para diferenciar el diseño de marcos con techos de peso ligero a pesado. Se hizo uso de la metodología donde se usan 3 modelos probabilísticos de carga de nieve basados en el proceso de punta de Poisson y el método de máximos de bloque. Para la comparación de los modelos, se obtienen las aproximaciones asintóticas de la cola superior de sus funciones de distribución de probabilidad acumulativa de máximos anuales. Se usan parámetros estadísticos de los máximos mensuales en Alemania. Luego, el modelo de Poisson se aplica a la optimización probabilística de los factores de seguridad para el diseño estandarizado de marcos. En conclusión, se muestra que esta diferenciación reduce significativamente la dispersión del nivel de confiabilidad alrededor del valor objetivo.

## 2.2 Bases Teóricas

### 2.2.1 Nieve

Cuando las precipitaciones de agua se presentan en estado sólido en forma de copos con estructura cristalina, suelen formarse en condiciones de temperatura ambiente muy baja, permitiendo que los cristales de hielo en las nubes conserven su forma hasta alcanzar la superficie. Las condiciones en las que suele presentarse la nieve es cuando la temperatura del aire es menor a  $2-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  y con precipitaciones, las cuales son conocidas como nevadas y/o tormentas de nieve. La diferencia entre estas definiciones radica en la intensidad y las condiciones meteorológicas asociadas con cada uno de estos eventos, pues mientras las nevadas se refieren a la caída de nieve del cielo que pueden ser ligeras o intensas y que estas pueden ocurrir en cualquier momento en que haya precipitaciones de nieve, ya sea en forma de copos ligeros o una lluvia de nieve suave, además de que no implica fuertes vientos ni condiciones de tormenta; mientras las tormentas de nieve son eventos meteorológicos más extremos y peligrosos, incluyen fuertes vientos, que provocan una disminución de la visibilidad debido a la nieve que sopla en el aire; las tormentas de nieve están acompañadas a menudo con condiciones climáticas adversas y pueden causar acumulaciones significativas de nieve.

#### 2.2.1.1 Tipos de cristales de nieve

Las propiedades mecánicas de la nieve al llegar a la superficie terrestre están determinadas por el tipo de cristales que se forman y su modo de deposición. Los cristales simples, como los granos de hielo en forma de agujas o columnas, y los cristales complejos fragmentados por el viento, tienden a unirse al caer sobre los techos, generando uniones y la formación de placas. Por otro lado, los cristales sin forma definida se deslizan fácilmente, evitando una acumulación significativa de nieve. En condiciones de baja temperatura y ausencia de viento, los cristales estelares y las dendritas espaciales forman depósitos con poca cohesión, los tipos más significativos de cristales de nieve son los siguientes:

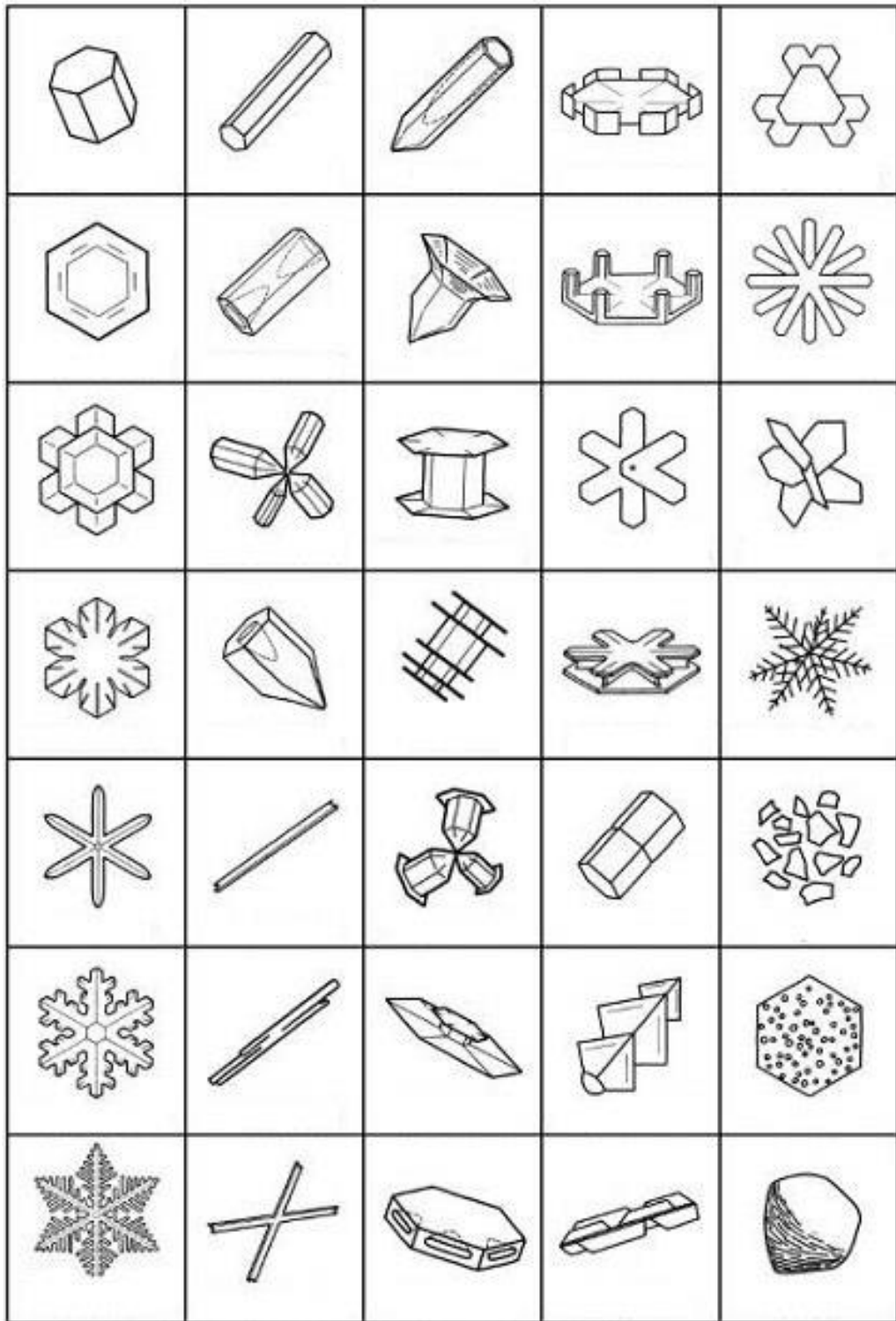


Figura 6. Imágenes ilustrativas de los tipos de cristales de nieve. Fuente: Rodrigo Luca (2007)


















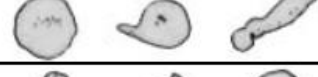

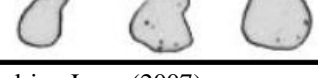
Tipo de Partícula	Símbolo	Símbolo Gráfico	Ejemplos
Placas	F1		
Estrellas	F2		
Columnas	F3		
Agujas	F4		
Dendritas Espaciales	F5		
Columnas Tapadas	F6		
Columnas Irregulares	F7		
Granizo Blando	F8		
Granizo de Hielo	F9		
Granizo	F0		

Figura 7. Clasificación internacional de nieve. Fuente: Rodrigo Luca (2007)

#### 2.2.1.2 Tipos de nieve

Martín (2021) menciona que “Podemos distinguir tres tipos de nieve según la cantidad de agua líquida que contine”, los cuales son las siguientes:

- **La nieve seca:** se distingue por su baja humedad y escasa presencia de agua, lo que le confiere una textura notablemente suave y ligera. Esta variante de nieve es extraordinariamente suelta y se comprime con gran facilidad. Suele originarse en condiciones de frío intenso y una humedad relativa baja, lo que favorece la formación de cristales individuales de tamaño diminuto.
- **La nieve húmeda:** en contraste con la nieve seca, exhibe una mayor densidad y viscosidad, lo que la hace más pegajosa al tacto. Por lo general, se desarrolla cuando las temperaturas rondan el punto de congelación. Esta variedad de nieve contiene una cantidad perceptible de agua líquida, que es más común en regiones llanas o de menor altitud.
- **Aguanieve:** está formada por una mezcla de agua parcialmente congelada, y se produce cuando la temperatura atmosférica es lo suficientemente baja como para

congelar parcialmente el agua, pero no lo suficiente para que se convierta completamente en nieve sólida antes de llegar al suelo.

Sin embargo, en el artículo publicado por Portillo (2023), se indica que debido a que este elemento suele variar debido a sus características y composición generando otros tipos de nieve, las cuales son:

- **Nieve en Polvo:** esta es la nieve recién caída que tiene una textura suave y ligera. Se forma en temperaturas muy frías y cuando la humedad es baja, ocasionando que los cristales se generen de forma individual.
- **Granizo:** aunque técnicamente no es nieve, está estrechamente relacionada con este fenómeno. Ocurre cuando las gotas de agua en las partes altas de la nube se congelan y luego descienden, volviéndose a congelar antes de llegar al suelo.
- **Nieve de ventisca:** se caracteriza por presentar una textura más rugosa y compacta, se forma en condiciones con vientos fuertes que vuelven a levantar la nieve caída.
- **Nieve de fusión o refusión:** la nieve se derrite durante el día bajo la luz solar y se vuelve a congelar por la noche, dando lugar al fenómeno conocido como nieve de fusión o refusión. Este fenómeno puede dar lugar a la formación de una capa de hielo en el suelo.
- **Nieve de grano:** aparece como pequeños granos de nieve redondeados que se forman cuando las gotas de agua se congelan rápidamente sobre la superficie de la nieve que ya está en el suelo.

#### 2.2.1.3 Asentamiento de la nieve

Ramírez (2008) define “El asentamiento de la nieve está directamente ligado a la velocidad con que la nieve se va densificando”, que argumento que cuando el asentamiento es mayor la resistencia de la nieve, también, se incrementara, esto se debe a la conexión entre la densidad y la resistencia de la nieve. Esto afecta a forma de acumularse de la nieve, pues cuando su resistencia y su densidad sean bajas su asentamiento será rápido, mientras que cuando estas sean altas se asentara de forma más lenta.

#### 2.2.1.4 Transformación en la nieve

También llamado metamorfismo, se refiere al proceso mediante el cual la nieve experimenta cambios en su estructura, textura y propiedades físicas debido a la compresión; el calentamiento y la redistribución de la mas de nieve a lo largo del tiempo. Este proceso transforma gradualmente la nieve recién caída en formas más densas y compactas, como la nieve granulada, la nieve compactada o el hielo glacial.

Durante este cambio, los cristales de nieve pueden fusionarse y recrystalizarse, que forma estructuras más grandes y sólidas. Además, la presión del peso de la nieve acumulada puede expulsar el aire atrapado entre los cristales, lo que contribuye a una mayor compactación. Factores como la humedad, la temperatura y la presencia de agua líquida influyen en la velocidad y el grado de metamorfismo que experimenta la nieve.

Este proceso es fundamental en la evolución y formación de los glaciares, así como en la transformación de la nieve en hielo a lo largo del tiempo. El estudio del metamorfismo en la nieve es importante para comprender los cambios en los paisajes de montaña, los patrones de precipitaciones y la dinámica de los glaciares, entre otros aspectos relacionados con el clima y el medio ambiente

#### 2.2.1.5 Tipos de transformación en la nieve

Por los factores que alteran su estructura y su composición, la nieve tiene diferentes tipos de transformación los cuales son las siguientes:

##### ➤ **Transformación Mecánica**

Hace alusión a los cambios en la textura y la estructura de la nieve debido a fuerzas físicas externas, como la compresión, la fractura, el deslizamiento y la deformación. Estas fuerzas pueden ser causadas por factores como el viento, la gravedad, la presión del agua o la actividad humana. La transformación mecánica de la nieve es un proceso dinámico que ocurre constantemente en la naturaleza y pueden tener importantes implicaciones en términos de seguridad, recreación al aire libre y gestión de riesgos de avalanchas.

##### ➤ **Transformación de Gradiente Térmico**

Aborda los cambios en la composición y la estructura de la nieve debido a variaciones de temperatura a lo largo de su perfil. Este proceso es crucial en la metamorfosis de la nieve y puede afectar su estabilidad, densidad y textura. Cuando hay variaciones en la temperatura en diferentes capas de nieve, se establece un gradiente térmico, lo que significa que hay una diferencia de temperatura entre las capas superficiales y las capas más profundas.

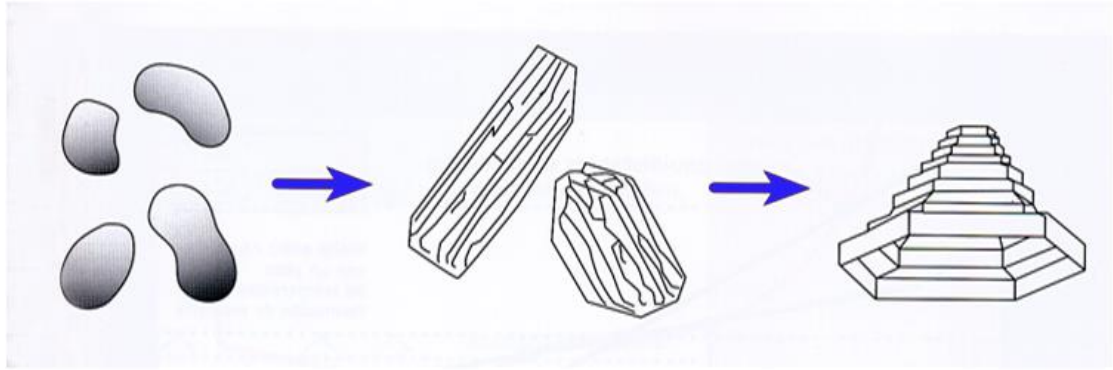


Figura 8. Transformación de gradiente térmico. Fuente: Luis Pantoja (2017)

#### ➤ Transformación de Isotermia

Se refiere a la situación en la que la temperatura de la nieve permanece uniforme en todas sus partes. Esto significa que no hay variaciones significativas de temperatura a lo largo del perfil vertical de la masa de la nieve. Este proceso se experimenta cuando la temperatura en la superficie y en las capas internas es prácticamente la misma. Esto puede ocurrir bajo ciertas condiciones climáticas como durante periodos de calma y estabilidad atmosférica, cuando la radiación solar y las pérdidas de calor de la superficie se equilibran con la ganancia de calor del entorno.

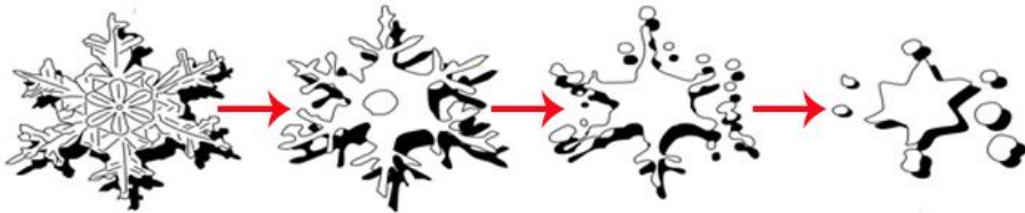


Figura 9. Transformación de isotermia. Fuente: Luis Pantoja (2017)

#### ➤ Transformación de Fusión

Se refiere al proceso mediante el cual la nieve pasa del estado sólido al líquido debido al aumento de la temperatura ambiental. Cuando la temperatura ambiente es lo suficientemente alta, la energía térmica se transfiere a la nieve, lo que provoca que los cristales de hielo se derritan y se conviertan en agua líquida. Este proceso de transformación es crucial en la hidrología de las áreas donde la nieve representa una fuente significativa de agua, ya que la fusión de la nieve contribuye al flujo de agua en ríos, arroyos y cuerpos de agua dulce durante la primavera y el verano.

### 2.2.2 Andes en Sudamérica

Salaverry (2006) indica que la cordillera de los Andes se extiende desde los 50°S de sur a norte a lo largo de la frontera entre Chile y Argentina. En el territorio peruano, a la

altura del paralelo 18°S hasta el paralelo 14°S, se desvía hacia el noreste. Luego, cambia su dirección hacia el nor-noreste hasta el paralelo 6°S y continúa en esta dirección hacia Colombia, Venezuela y Ecuador. Por su posición geográfica en términos de latitud, longitud, altitud y su cercanía al océano, los Andes influyen de manera notable en la circulación atmosférica. Esto da lugar a cambios tanto a nivel de áreas más pequeñas (de cientos de kilómetros) como a nivel de regiones más amplias (de miles de kilómetros), esto, a su vez, tiene un impacto en las condiciones climáticas a lo largo de las laderas de la montaña.

La cordillera de los andes abarca territorios de Colombia, Ecuador, Venezuela, Bolivia, Argentina y Perú, su cumbre en el Aconcagua es la más alta con 6,960.80 metros sobre el nivel del mar, con una altitud promedio de alrededor de 4,000.00 metros, que considera volcanes de mayor altura. Según Aldunate y otros (2019), en la actualidad, entendemos que la formación de la Cordillera de los Andes fue el resultado de la subducción, que ocurrió debido a la colisión entre las placas marinas Antártica, Cocos y Nazca con la placa sudamericana continental. Gracias al uso de tecnología avanzada, ahora podemos determinar con precisión los movimientos de esta cordillera. Sin embargo, esta historia comenzó hace aproximadamente doscientos millones de años, cuando el continente sudamericano empezó a separarse de África y se inició la formación del océano Atlántico. Desde entonces hasta el presente, la evolución de esta cordillera ha sido un proceso complejo, especialmente en áreas como los Andes de Chile, que representan uno de los tramos más extensos de esta cadena montañosa.

Tabla 2. Información de la cordillera de los andes

PAÍS	CORDILLERA DE LOS ANDES	PICO MÁS ALTO
<b>VENEZUELA</b>	Aunque representan solo el 7% de la superficie del país, esta región presenta una gran variedad de climas debido a las diferentes altitudinales, que van desde climas extremadamente húmedos a sub húmedos secos, y desde cálidos hasta gélidos (MARN, 2003).	Nevado Pico Bolívar (4978 m s.n.m.)
<b>COLOMBIA</b>	En Colombia, los Andes se dividen en tres ramas conocidas como la Cordillera Occidental, que tiene una extensión de 820 km, la Cordillera Central, con 850 km de longitud, y la Cordillera Oriental, que se extiende a lo largo de 1500 km (IGAC, 1989).	Nevado Pico Cristóbal Colón y Nevado Pico Simón Bolívar (5775 m s.n.m.)
<b>ECUADOR</b>	Los Andes en Ecuador separan el país en tres Zonas geográficas distintas: la región amazónica oriental, la costa occidental y la sierra central andina. La región andina ecuatoriana, que se encuentra a altitudes superiores a los 1,000 metros, abarca aproximadamente una cuarta parte del país, equivalente a unos 70,000 kilómetros. (De la Torre, L. et Al 2006).	Volcán El Chimborazo (6268 m s.n.m.)
<b>PERÚ</b>	En Perú los andes con una altitud promedio de 4,000 metros sobre el nivel del mar y su disposición geográfica, actúan como una barrera climática que obstaculiza el movimiento libre de masas de aire tanto desde el Pacífico	Nevado Huascarán (6768 m s.n.m.)

	sur al oeste de la cordillera, como desde la Amazonía y el Atlántico sur al este de los Andes (MINAM, 2007).	
<b>BOLIVIA</b>	Los Andes en Bolivia se dividen en dos ramales principales: la cordillera Occidental, conocida también como región volcánica, y la cordillera Oriental, que circunda el altiplano boliviano y se fusiona nuevamente hacia el sur formando un extenso macizo montañoso (Montes de Oca, 1989). El altiplano boliviano cubre una superficie de 178,662 km <sup>2</sup> , lo que representa el 16.4% del territorio nacional (Andressen, L. et AL. 2007).	Nevado Sajama (6548 m s.n.m.)
<b>CHILE</b>	En Chile, los Andes comienzan en el altiplano chileno con notables picos nevados. Esta cordillera es la segunda más alta del mundo y recorre todo el borde oriental de nuestro país, extendiéndose hacia el sur y sumergiéndose bajo el océano Pacífico antes de emerger nuevamente en la Antártica con el nombre de Antartandes.	Volcán Ojos del Salado (6891 m s.n.m.)
<b>ARGENTINA</b>	La cordillera de los Andes en Argentina se extiende de norte a sur a lo largo de toda la frontera occidental del país, desde la provincia de Jujuy hasta la Isla Grande de Tierra del Fuego. Sus paisajes van desde los áridos altiplanos del norte hasta los lagos y glaciares del sur (Tierra de vientos, 2011).	Monte Aconcagua (6962 m s.n.m.)

Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil (ALIAGA NESTARES, y otros, 2021)

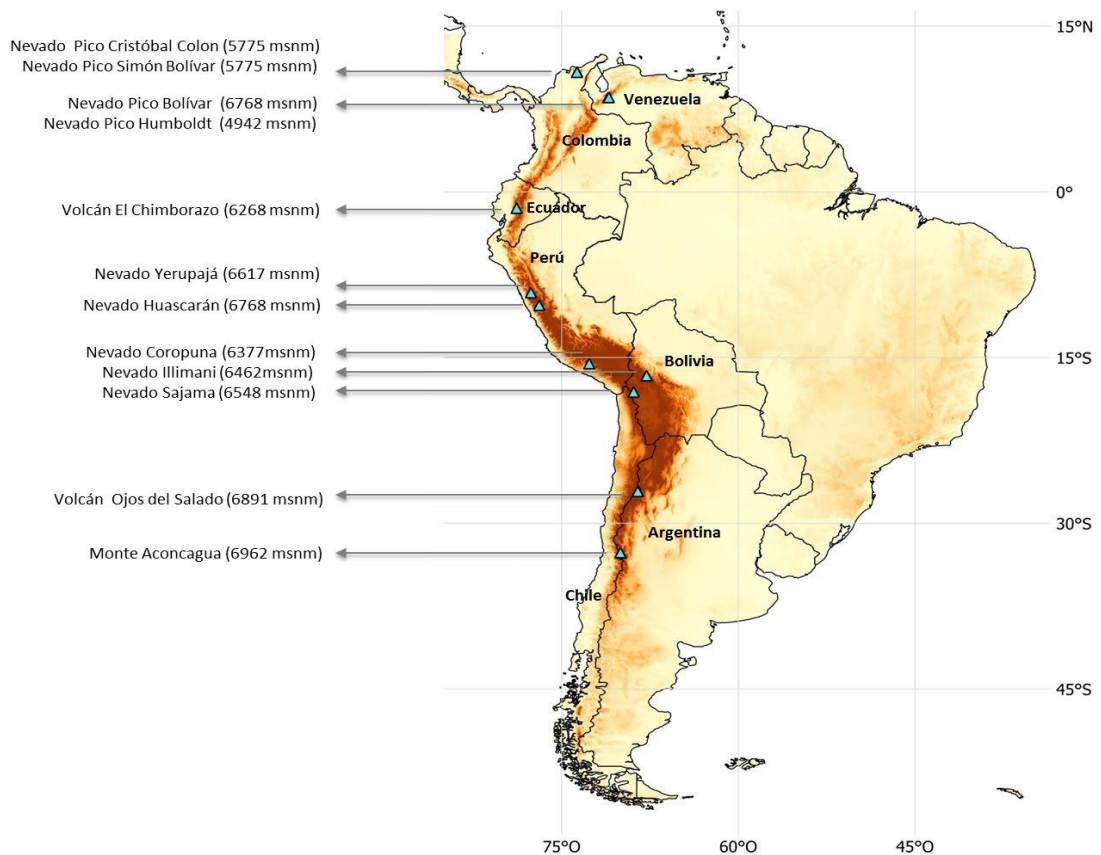


Figura 10. Cordillera de los Andes y los picos más altos. Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil (ALIAGA NESTARES, y otros, 2021)

En el Perú, existen 3 cordilleras paralelas, central, oriental y la occidental, las que se extienden desde el sureste en el lago Titicaca hasta el extremo norte. El clima es regulado por la cordillera marcando 3 regiones (Costa, Sierra y Selva).

### 2.2.3 Norma E. 020 “Cargas” – Reglamento Nacional de Edificaciones

La norma peruana plantea una serie de procesos para determinar la carga de nieve, que es el primer paso, el determinar la carga de nieve sobre el suelo.

Para determinar este valor, será necesario considerar las condiciones geográficas y climáticas de la región donde se construirá la estructura. La carga básica se calculará mediante un análisis estadístico de los datos disponibles en la zona, para un período medio de retorno de 50 años (con una probabilidad anual del 2% de ser superada). El valor mínimo de carga básica de nieve sobre el suelo ( $Q_s$ ) se establecerá en 0,40 kPa (40 kgf/m<sup>2</sup>) que corresponden a 0,40 metros de nieve fresca (con un peso específico de 1 kN/m<sup>3</sup> (100 kgf/m<sup>3</sup>)) o a 0,20 metros de nieve compactada (peso específico de 2 kN/m<sup>3</sup> (200 kgf/m<sup>3</sup>)). (RNE, E. 020 CARGAS, 2006, pág. 203)

Tras determinar el peso de la nieve sobre el suelo, se calcula la carga de nieve sobre el techo, la cual va a depender de la pendiente del mismo.

Tabla 3. Carga de nieve sobre los techos

CASO DE ANÁLISIS	CARGA DE DISEÑO ( $Q_t$ )
<b>Techos a una o dos aguas</b> con inclinaciones menores o iguales a 15° (pendiente 27%). <b>Techos curvos</b> con una relación fleca/luz 0.1 o ángulo vertical menor o igual a 10° (calculado desde el borde hasta e centro).	$Q_t=Q_s$
<b>Techos a una o dos aguas</b> con inclinaciones comprendidas entre 15° y 30°	$Q_t=0.080 Q_s$
<b>Techos a una o dos aguas</b> con inclinaciones ( $\theta^\circ$ ) mayores que 30°	$Q_t=C_s (0.80*Q_s)$ Dónde: $C_s=1-0.025(\theta^\circ - 30)$ $C_s$ es un factor adimensional

Fuente: Artículo 11 “Cargas de Nieve” (RNE, E. 020 CARGAS, 2006)

Tras este análisis y determinar la carga de diseño según la inclinación, se calcula la carga según el ancho tributario que soportara cada correa y viga en la armadura de la nave industrial.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Método y alcances de la investigación**

##### 3.1.1 Método de la investigación

La metodología empleada en esta investigación tiene la siguiente denominación “Metodología Integrada para el Cálculo de la Carga de Nieve Considerando Factores Meteorológicos y Físicos”, la cual consta de siete partes a fin de consignar un resultado eficaz para la investigación, los que son:

a) Recopilación de datos

Implica la recolección de datos históricos del área investigada, que incluye información sobre las precipitaciones de nieve, la temperatura y la velocidad del viento. Asimismo, incluyen datos de densidad de la nieve específicamente de la zona o valores promedios reportados en la literatura científica.

b) Análisis de datos meteorológicos

Se debe analizar los datos meteorológicos para identificar eventos de precipitación de nieve relevantes. Asimismo, se debe determinar la duración de los eventos de nevadas y la tasa de acumulación de nieve en función del tiempo transcurrido, con el fin de determinar la altura de la nieve.

c) Análisis y determinación de datos de calculo

Después de analizar los datos meteorológicos, se calcularán los valores precisos para determinar la carga real de nieve básica multiplicando la densidad de la nieve por la altura acumulada de nieve.

d) Consideración de la temperatura

Analizar como la temperatura puede influir en la densidad de la nieve. Si la temperatura es baja, la densidad de la nieve podría ser más baja y viceversa, consignando información sobre la temperatura durante los eventos de nevadas para ajustar la densidad de la nieve.

e) Efecto del viento

Se deberá considerar la dirección y la velocidad del viento durante los eventos de nevadas, ya que el viento puede afectar la distribución de la nieve y causar acumulaciones desiguales, con ello poder ajustar la estimación de ser necesario.

f) Cálculo de la carga básica de nieve

Con la densidad de la nieve calculada, con la tasa de acumulación y el tiempo de tormenta, se puede determinar la carga básica de nieve, y con ello sincerar el valor y determinar la sobrecarga de nieve real con los factores climáticos del lugar de estudio.

g) Muestra real de nieve

Para poder validar los resultados obtenidos se realizan mediciones directas de carga de nieve cuando sea posible, comparándolos con el modelo matemático planteado, ya que, si existen discrepancias significativas, se pueda ajustar los cálculos y considerar otros factores relevantes que puedan haber influido en la acumulación y distribución de la nieve.

h) Cálculo de la sobrecarga de nieve

Con la carga básica de nieve calculada y sincerada, la densidad de la nieve ajustada, y otros factores como la inclinación del techo y la geometría de la estructura, se puede calcular la sobrecarga de nieve utilizando formulas o modelos específicos proporcionados por códigos de construcción o guías especializadas para determinar la sobrecarga de nieve en función de estos parámetros, a fin de realizar un análisis comparativo en la carga que se genera por la norma técnica, datos históricos y muestra real de nieve para determinar la influencia que esta genera en un caso de estudio específico..

### 3.1.2 Alcances de la investigación

a) Tipo de investigación

Según Ander (1995 pág. 16) la investigación aplicada se entiende como un tipo de investigación que ésta estrechamente vinculado a la investigación básica, ya que depende de descubrimientos y avances anteriores para fortalecer sus principios y metodologías. Este tipo de investigación se distingue por su enfoque en la aplicación, utilización y repercusiones prácticas.

La investigación aplicada utiliza conocimientos prácticos para determinar la carga de nieve según parámetros específicos en la zona de estudio. Esto implica analizar el valor estipulado por la normativa actual, utilizando los conocimientos previos sobre cargas de gravedad como base teórica para fundamentar la investigación. Además, se destaca que este trabajo aborda un aspecto de la ingeniería civil que tradicionalmente no se considera relevante en el diseño de estructuras, minimizando su importancia debido a

que en áreas donde este factor tiene un impacto significativo, solo se aplican los valores establecidos por la normativa vigente, la cual proporciona la base teórica sobre la cual se fundamentará el estudio.

Según la teoría revisada, esta investigación se clasifica como aplicada, ya que emplea estudios previos y conocimientos de diseño de mezclas de manera práctica para analizar el material específico con un propósito definido.

#### b) Nivel de investigación

Según Tamayo (2004 pág. 46), el nivel descriptivo implica la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición y proceso de los fenómenos. Se centra en las conclusiones predominantes o en cómo una persona, grupo o cosa opera en el presente. La investigación descriptiva se centra en realidades observables y su principal característica es ofrecer una interpretación precisa de estos hechos.

En el nivel de investigación descriptiva se detallan las propiedades, características o perfiles significativos de los objetos de estudio. Esto se logra mediante el uso de estudios comparativos, longitudinales, transversales y de encuesta. Se analizan los valores de la carga de nieve establecidos por la normativa vigente, considerando parámetros específicos y las particularidades climáticas y geográficas de la zona. El objetivo es determinar el valor más preciso para utilizar en el diseño estructural bajo cargas de gravedad.

En este análisis, la investigación se clasifica como descriptiva, ya que se presentarán los parámetros relacionados con la carga de nieve en el estudio. Se describirán estos parámetros y como responden al problema planteado, con el fin de plantear una posible solución alternativa a este problema.

### **3.2 Diseño de la investigación**

Según Ander (1995 pág. 48), la investigación experimental se refiere a cualquier estudio científico en el cual un grupo de variables se mantiene consistentemente mientras otro conjunto de variables se observa y se mide como parte del experimento.

En la investigación experimental se destaca la manipulación de variables independientes para estudiar cómo afectan a las variables dependientes. Dado que el estudio implica analizar los parámetros de la normativa de carga de nieve usando datos históricos recopilados en una muestra real, es evidente que se realizará una manipulación de variables con el fin de alcanzar

un objetivo cuantitativo. Además, esta investigación se adentra en el estudio experimental puro, un diseño en el cual los sujetos de muestra son seleccionados al azar de una población, lo cual será utilizando como método de análisis para el estudio propuesto.

Por lo tanto, el diseño utilizado en este trabajo de investigación será un diseño experimental puro, dado los procedimientos que se llevarán a cabo en el análisis y desarrollo de esta investigación.

### **3.3 Población y muestra**

#### 3.3.1 Población

Según Graus (2017 pág. 63), la población se define como un grupo de elementos sobre los cuales se busca obtener conclusiones o inferencias que guíen la toma de decisiones. Estos elementos pueden incluir personas, animales, plantas u otros objetos.

En la investigación, se ha determinado como a la población a la carga de nieve calculada con una muestra de nieve real y datos históricos recopilados en cada departamento del país.

#### 3.3.2 Muestra

Según Graus (2017 pág. 63) Usualmente, la población es tan extensa que resulta impracticable abarcarla completamente para realizar una investigación específica. Por este motivo, se opta por trabajar con una muestra más reducida pero representativa de la población completa. Esta muestra es un subgrupo accesible de la población y debe reflejar fielmente sus características, ya que sobre ella se realizan las mediciones y análisis pertinentes.

La muestra será de tipo finita, y considerará lo anteriormente mencionado en el problema. La muestra en esta investigación será el departamento de Pasco, donde se determinará el valor de la carga de nieve real que se presentan en las diferentes zonas del país.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### 3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

Según Díaz (2011) cuando el investigador observa directamente el hecho o fenómeno que está investigando a través del contacto personal, se denomina observación directa.

A través de la observación, la recolección de datos se convierte en un proceso más preciso y concreto, ya que permite identificar el comportamiento de la muestra en estudio. Según lo expuesto y debido a su aplicación en este trabajo, se empleará la técnica de observación directa.

### 3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

En el proceso de investigación científica, es crucial contar con documentación adecuada, sin importar el tipo de investigación. Para recopilar y gestionar la información relevante, es necesario utilizar diversos instrumentos, como las fichas (pág. 63).

El instrumento usado para esta investigación será mediante fichas de recolección de los factores que influyen en la carga de nieve como la temperatura, la humedad relativa, entre otros, pero en los valores de las fuerzas internas que se generan en la estructura analizada como caso de estudio, la cual será validada por un ingeniero perito registrado.

### **3.5 Matriz de Consistencia**

Tabla 4. *Matriz de consistencia*

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>CARGA DE NIEVE</b>	Norma Técnica	Carga Básica de nieve	Ficha de recolección de datos	Razón Intervalo
¿Cuánto es la influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023?	Calcular la influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023.	La influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023 es 2 veces mayor de lo considerado por la Norma.			Sobre carga de nieve		
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivo Especifico</b>	<b>Hipótesis Específicos</b>			Densidad de la nieve		
¿Cambiaría el elemento crítico según la influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023?	Analizar el elemento crítico que produce la influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y	La influencia de la carga de nieve ocasionara que el elemento crítico de la armadura en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023 sea diferente al		Datos históricos	Días nevados		
				Temperatura			
			Humedad				
			Velocidad del viento				
Muestra real	Densidad de la nieve						
Tasa de acumulación de nieve							

¿Cuál es el grado de vulnerabilidad que genera la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023?	departamento de Pasco 2023.	determinado por la norma.			Duración de tormenta		
	Determinar el grado de vulnerabilidad que genera la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023.	El grado de vulnerabilidad que genera la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023 es alta.	<b>COBERTURA A DOS AGUAS DEL MERCADO VIRGEN DE FÁTIMA</b>	Geometría de la estructura	Armadura de la cobertura	Ficha de recolección de datos	Razón Intervalo
					Distribución del ancho tributario		
					Luz libre		
				Calculo Estructural	Angulo de inclinación		
					Carga de diseño		
					Angulo de inclinación		
				Cálculo de la carga de nieve	Carga Puntual		
					Fuerzas internas en los elementos		
					Diferencia entre cargas de nieve		

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Haciendo uso de la metodología planteada para la elaboración de este trabajo de investigación, se han obtenido los siguientes resultados, según los puntos considerados para cumplir con el objetivo general planteado:

#### 4.1 Recopilación de datos

La zona de estudio considerada y de donde se obtendrán los datos históricos para el análisis de la carga de nieve, será en el Departamento de Pasco, del cual se obtendrán datos acerca de las precipitaciones de nevadas, duración y frecuencia de la nieve, complementado con datos técnicos como la densidad de la nieve, datos recopilados de portales climatológicos oficiales que brinden información veraz y exacta, se pasa a detallar los datos encontrados:

Tabla 5. *Días de nevadas promedio en el Departamento de Pasco*

Mes	N° de Eventos Promedio	
	Mínimo	Máximo
ENERO	5	6
FEBRERO	6	8
MARZO	5	6
ABRIL	5	6
MAYO	1	2
JUNIO	1	2
JULIO	1	2
AGOSTO	1	2
SETIEMBRE	1	2
OCTUBRE	3	4
NOVIEMBRE	3	4
DICIEMBRE	5	6

*Fuente:* Instituto Nacional de Defensa Civil (BOMSHOMS CALVELO, y otros, 2018)

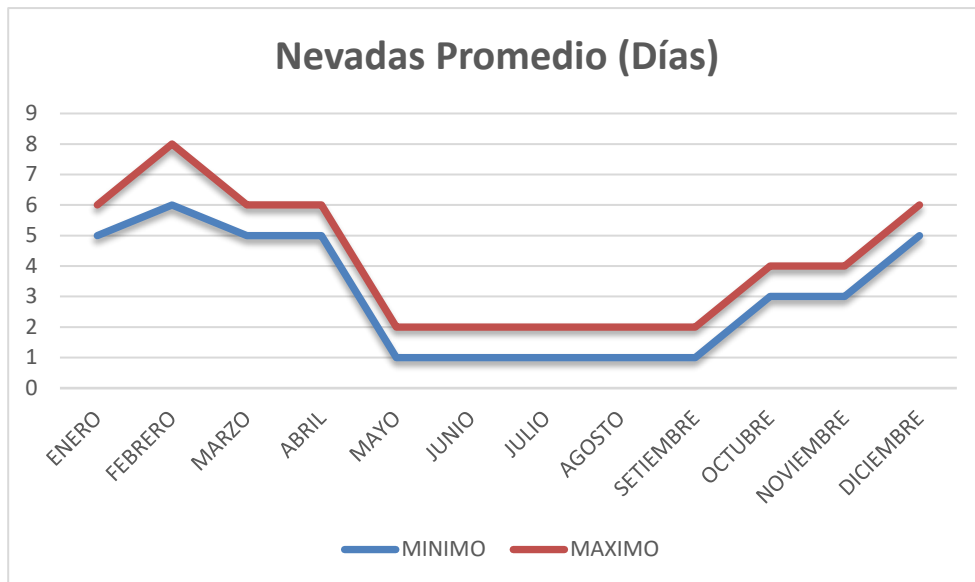


Figura 11. Gráfico días de nevadas promedio en el Departamento de Pasco.  
Fuente: Elaboración Propia

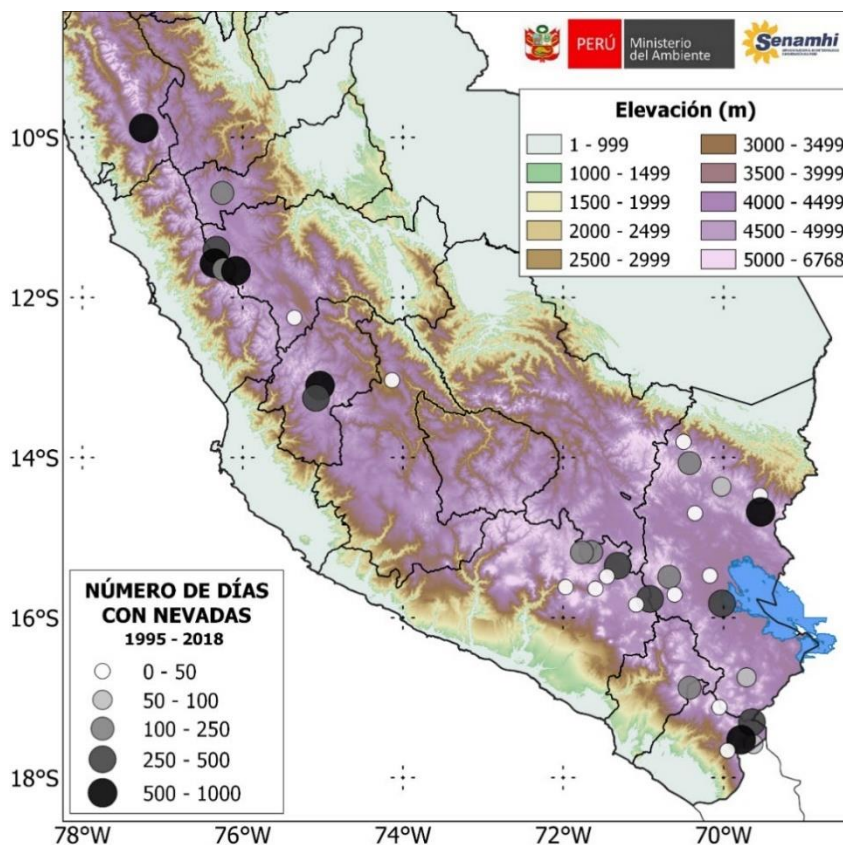


Figura 12. Número de días nevados promedio. Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil (2021)

Los datos presentados en la Figura 11 se derivan de la Tabla 5, la cual representa los días de nieve promedio por cada mes de datos obtenidos en el periodo comprendido entre 2004 y el 2013 recopilado en el “Estudio de la frecuencia de nevadas en el Perú” realizado por la SENAMHI, en la estación de control ubicada en Cerro de Pasco, del cual se observa que en los meses con mayor probabilidad de días nevados son en enero, febrero, marzo, abril y diciembre, en los cuales pueden presentarse hasta 8 días nevados por mes.

En la Figura 12, se muestra el total de precipitaciones que ocurren por año en promedio en los distintos Departamentos que componen la Cordillera de los Andes, en la cual está considerada la zona sierra de la Región Pasco. De ello se puede observar que, del Departamento de Pasco, las provincias más afectadas por la nieve con un promedio de ocurrencia comprendido entre 51 y 150 días del año, son Pasco y Daniel Alcides Carrión, en los cuales se han reportado colapsos de techos debido a la acumulación de la nieve en sus coberturas.

Tabla 6. *Porcentaje de probabilidad de nevadas en el Departamento de Pasco*

Mes	% De Nevadas Mensuales	
	Mínimo	Máximo
ENERO	11	20
FEBRERO	11	20
MARZO	11	20
ABRIL	1	10
MAYO	1	10
JUNIO	1	10
JULIO	1	10
AGOSTO	1	10
SETIEMBRE	1	10
OCTUBRE	1	10
NOVIEMBRE	1	10
DICIEMBRE	11	20

*Fuente.* Instituto Nacional de Defensa Civil (BOMSHOMS CALVELO, y otros, 2018)

De la Table 6 podemos identificar que los meses con mayor porcentaje de probabilidad comprenden a enero, febrero, marzo y diciembre, en donde son estos los meses con mayor cantidad de días que suelen presentarse nevadas en la Región de Pasco.

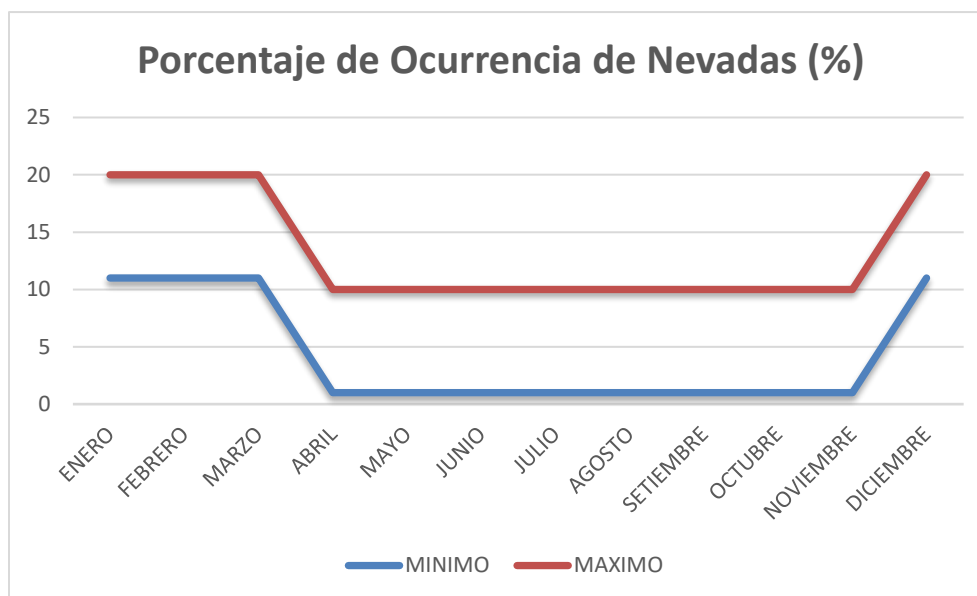


Figura 13. Porcentaje de probabilidad de nevadas en el Departamento de Pasco. Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 13, podemos verificar la constancia en la presencia de nevadas durante todo el año, lo que da a entender que durante todos los meses suele nevar en el Departamento de Pasco, lo cual nos confirma que la carga de nieve es muy incidente pues está presente en gran parte del año y las estructuras que no contemplen este factor van a tener un riesgo alto de colapsar debido a la fuerza de gravedad que ejerce la acumulación de la nieve sobre el techo.

Tabla 7. Temperatura, precipitaciones y humedad promedio en el Departamento de Pasco

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Temperatura media (°C)	4.7	4.8	4.7	4.3	3.8	2.9	2.4	2.9	3.6	4.3	4.8	4.8
Temperatura min. (°C)	0.7	1.2	1.2	0.2	-0.8	-2.1	-2.8	-2.4	-1.3	-0.3	0.1	0.7
Temperatura máx. (°C)	10.1	9.9	9.8	9.6	9.3	8.7	8.5	9.2	9.4	10	10.7	10.2
Precipitación (mm)	188	190	176	102	64	36	30	44	79	123	134	181
Humedad (%)	82%	83%	84%	81%	79%	75%	72%	71%	76%	78%	77%	81%

Fuente: Pasco: Tiempo y Clima (Climate Data, 2022)

Los datos presentes, en la Tabla 7, representan en promedio el valor de la temperatura, precipitaciones y humedad, según los datos recopilados entre el periodo 1991 y el año 2021,

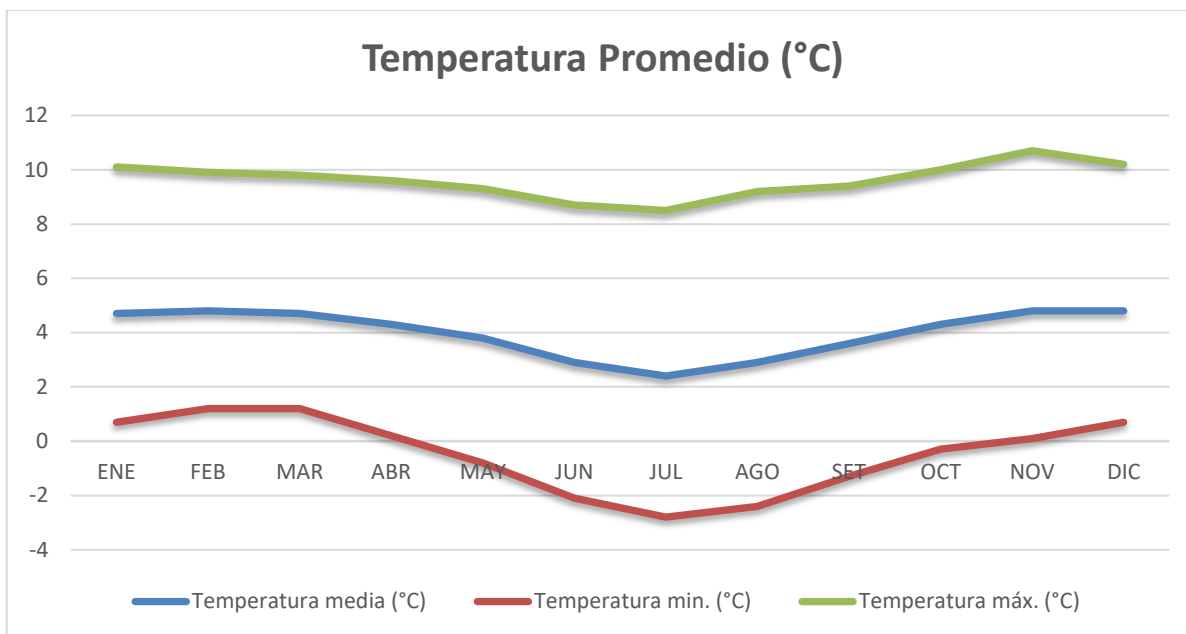


Figura 14. Temperatura promedio en el Departamento de Pasco. Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 14, se puede identificar que el punto más bajo en la temperatura promedio presente es en el mes de Julio, y alcanzó temperaturas más altas en los meses de enero, noviembre y diciembre.

Tabla 8. Datos de Lluvias y Horas de Sol Promedio en el Departamento de Pasco

Mes	Días lluviosos (Días)	Horas de sol (Horas)
ENERO	20	4.5
FEBRERO	19	4.2
MARZO	21	3.8
ABRIL	17	4.5
MAYO	13	5.1
JUNIO	8	5.6
JULIO	7	6.0
AGOSTO	10	6.1
SETIEMBRE	16	5.4
OCTUBRE	19	5.1
NOVIEMBRE	18	5.3
DICIEMBRE	20	4.6

Fuente: Pasco: Tiempo y Clima (Climate Data, 2022)

La Tabla 8 contiene el valor promedio de días de lluvia en todos los meses del año y horas de sol diarias en relación con los datos recopilados en el periodo de 1991 al 2019. De ello, se evidencia que hay una gran presencia de lluvias en comparación a las horas de sol que se han identificado en el Departamento de Pasco. Esto nos muestra la gran tendencia de las lluvias en la región, las cuales suelen ser las predecesoras a las nevadas en Pasco.

Tabla 9. *Velocidad del viento promedio en el Departamento de Pasco*

Mes	Vel. Del Viento (kph)
ENERO	9.6
FEBRERO	9.9
MARZO	9.8
ABRIL	9.7
MAYO	9.1
JUNIO	9.4
JULIO	10.3
AGOSTO	11.6
SETIEMBRE	11.7
OCTUBRE	11.1
NOVIEMBRE	9.9
DICIEMBRE	9.4

Fuente: El clima y el Tiempo en Todo el Año en Cerro de Pasco (Weather Spark, 2023)

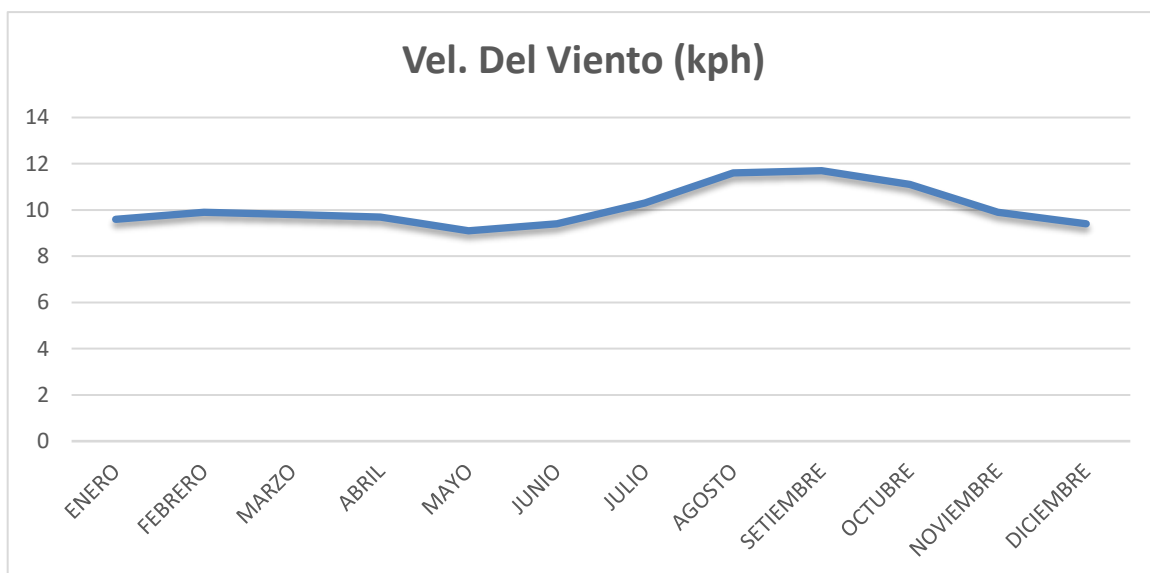


Figura 15. *Velocidad del viento promedio en el Departamento de Pasco.* Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 15, se puede identificar que los meses con mayor presencia del viento en promedio son agosto y setiembre donde la velocidad del viento alcanza hasta 11.7 kph, mientras que en los otros meses la velocidad del viento se mantiene constante entre 9.4 hasta 10.3 kph.

#### **4.2 Análisis de datos meteorológicos**

De los valores obtenidos en la recolección de datos meteorológicos se puede determinar los meses en los cuales las probabilidades de un evento de nevada en la región de Pasco, son más probables y aunque está presente en todo el año, su impacto es diferente en cada uno de ellos.

Como ya se ha mencionado anteriormente de la Figura 11 se puede observar que los meses con mayor cantidad de días en el cual suelen presentarse nevadas en el departamento de Pasco son los meses de enero, febrero, marzo, abril y diciembre; que comparado con la Figura 13 la probabilidad que se presenten nevadas en estos meses es una constante que se ha presentado en los 10 años en los cuales se realizó la recopilación de datos meteorológicos. Por ello, se puede afirmar que la nieve suele presentarse con mayor frecuencia en estos meses, lo que indica que la carga de nieve no va a ser constante durante todo el año y, por ende, la fuerza que esta ejerce sobre los techos como carga de gravedad va a tener un impacto distinto en cada mes que se presente el evento, lo que muestra que la carga de nieve va a tender a ser mayormente crítica entre los meses de enero, febrero y marzo.

Según la Figura 14, los meses en los cuales la temperatura promedio en el Departamento de Pasco es baja son desde el mes de Mayo hasta Octubre teniendo su pico más bajo en el mes de Julio; sin embargo, en este periodo de meses, no se han identificado una gran probabilidad de nevadas como se muestra en la Figura 13, por ello, se deduce que estos meses sea considerados días de sol. Esto nos indica que las bajas temperaturas suelen presentarse debido a las noches donde caen heladas sin necesariamente ocasionarse nevadas, lo cual muestra que no es un factor determinante que la temperatura descienda sobre los 0 °C para presentarse días con nieve.

De la Tabla 8, se puede identificar que las horas de lluvia suelen ser mayores que las horas de sol; sin embargo, en los meses donde suelen presentarse y tener una mayor probabilidad de nevadas; según la Figura 11 suelen tener mayores horas de lluvia, lo que indica que las nevadas suelen presentarse posteriormente a precipitaciones y continúan después de las nevadas. En otros casos, también, suele presentarse sol cuando las nevadas suelen terminar.

Como se muestra en la Figura 15, la velocidad del viento suele elevarse en los meses de agosto y setiembre, meses donde la temperatura promedio no es tan baja, además de ser meses donde la probabilidad de presentarse nieve es baja, por lo cual es posible afirmar que la velocidad del viento no es un factor relevante para presentarse nieve en la Región de Pasco.

De los datos evaluados, podemos determinar que los meses con mayor probabilidad de presentarse nevadas son los meses de enero, febrero, marzo, abril y diciembre, pero ello no significa que en los otros meses no se presente días con nieve, si no que por los factores que se pueden identificar, son menores los días en que nevadas se presentan en Pasco; lo que indica que la nieve no tiene un comportamiento constante, pero que sí es relevante pues en los meses donde su ocurrencia es mayor la carga de nieve va a tender a elevarse y, por ende, la fuerza que esta va a ejercer sobre las coberturas será mayor en los meses ya mencionados. Además, factores como el viento y la temperatura no van a ser un indicador relevante para la presencia de la nieve, pero que sí puede afectar su comportamiento y la duración en horas que puede tener las nevadas en el Departamento de Pasco.

#### **4.3 Análisis y determinación de datos de cálculo**

Para poder calcular la altura de la nieve de manera más precisa, se requieren varios datos climatológicos que describan las condiciones durante la tormenta y después de ella. Los datos necesarios para poder determinar con mayor precisión este valor son los siguientes, que consideran los valores presentes en los meses donde se presentan mayor cantidad de días nevados y con condiciones óptimas para la presencia de este:

##### **4.3.1 Densidad de la nieve**

La densidad de la nieve es un factor muy importante para poder determinar su altura. Esta suele variar dependiendo de la temperatura y otros factores, usualmente, expresada en kilogramos por metro cubico. La nieve no suele presentar una sola forma y es de acuerdo con los factores externos en que esta puede variar en su tipo y densidad, como ya se ha mencionado en el Capítulo II, existen distintos tipos de nieve y cada uno de ellos tendrán una densidad diferente. Rivera y otros (2017) asignan los siguientes valores de densidad para los distintos tipos de nieve:

Tabla 10. Densidades típicas de la nieve

DENOMINACIÓN	DENSIDAD (KG/M3)
Nieve nueva (caída recientemente)	50 - 70
Nieve nueva húmeda	100 - 200
Nieve granular	200 - 250
Nieve perenne	250 - 300
Escarcha de profundidad	100 - 300
Costra de nieve por viento	350 - 400
Neviza	400 - 830
Nieve y neviza muy húmeda	700 - 800
Hielo glaciár	830 - 923

Fuente: Andrés Rivera (2017)

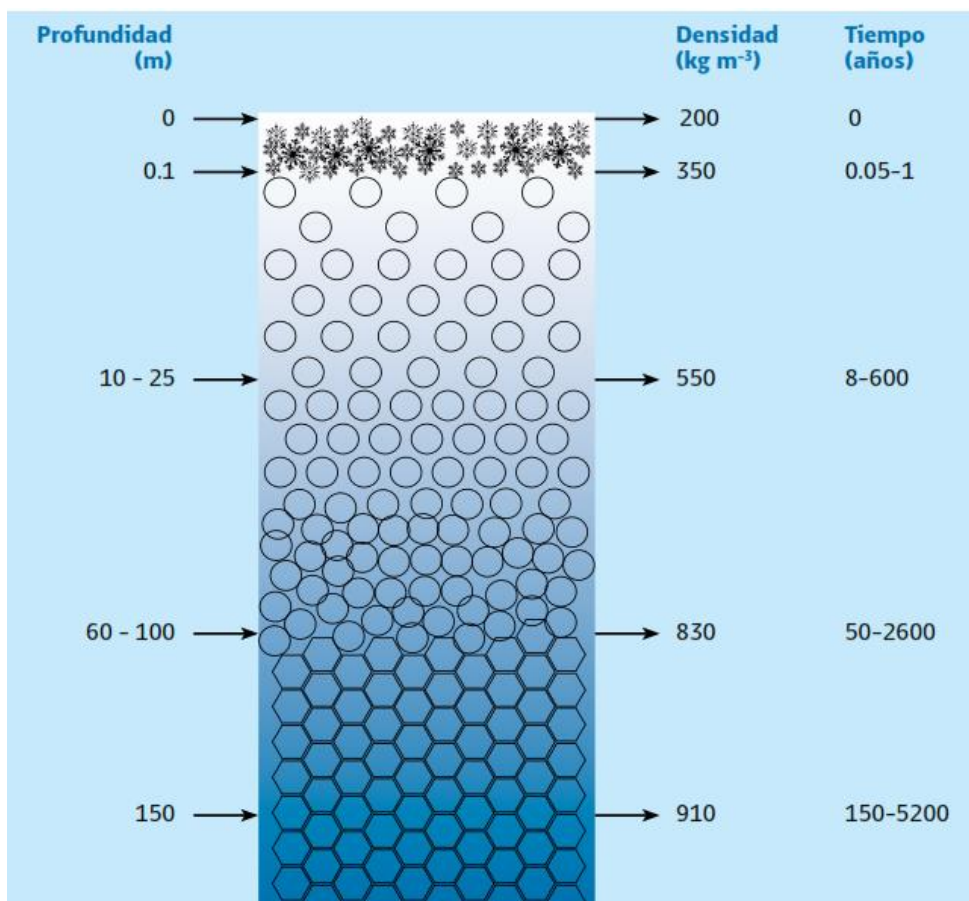


Figura 16. Esquema de la diagénesis de la nieve – hielo. Fuente: Andrés Rivera (2017)

Como se puede apreciar, existen diversos valores de densidad según el tipo de nieve; sin embargo, para poder determinar la carga de nieve que esta produce sobre las estructuras se

toma con el valor que tiene la nieve recién caída la cual toma diferentes valores en cada país, las cuales determinan un valor para esta de acuerdo con los parámetros que se consideran en cada uno. “... Los valores de la densidad varían tanto en distintos lugares como en la misma zona, ya que están relacionados con las características meteorológicas y el tipo de cristal que constituya la nieve que esté precipitando. Los valores de densidad de la nieve recién caída varían entre los 40 y los 100 kg/m<sup>3</sup>, mientras que los valores de la densidad de la nieve más antigua varían entre los 400 y los 450 kg/m<sup>3</sup>. Esta gran variación de la nieve nueva y la nieve antigua se debe a la comparación de ésta última” (pág. 14).

Según el Instituto Chileno del Acero (2000), la densidad de aguas de forma de nieve fresca es de 125 kg/m<sup>3</sup> y el agua en forma de hielo 900 kg/m<sup>3</sup>, mientras la Universidad Tecnológica Nacional de Rosario en la Catedra Tecnología de los Materiales menciona que la nieve suelta tiene una densidad de 150 kg/m<sup>3</sup> y en la nieve congelada 500 kg/m<sup>3</sup>, a su vez en el CIRSOC 104 (2005) asigna a la densidad de la nieve el valor de 300 kg/m<sup>3</sup>. en tanto Germán Portillo (2022) menciona “...en el caso de nieve normal (lo más habitual) Hasta 180 kg/m<sup>3</sup> en condiciones de frío”.

Considerando todo ello, podemos deducir que la densidad de la nieve fluctúa considerablemente, dependiendo de las características de cada país, si bien existe una densidad dada por la norma peruana, para este apartado se calculara un valor promedio determinado con la bibliografía mencionada anteriormente, ya que, actualmente, no existe una base de datos exacta tomada en el Perú que mida este parámetro, lo cual, a su vez, demuestra el poco interés que se tiene ante este factor.

Tabla 11. *Cálculo de la densidad de la nieve promedio*

<b>FUENTE</b>	<b>DENSIDAD (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>PROMEDIO (Kg/m<sup>3</sup>)</b>
Ramírez (2008)	100 - 400	250
Instituto Chileno del Acero (2000)	125	125
Universidad Tecnológica Nacional de Rosario	150 - 500	325
CIRSOC 104 (2005)	300	300
Germán Portillo (2022)	180	180
<b>Valor promedio de la densidad</b>		<b>236.00</b>

*Fuente:* Elaboración Propia

#### 4.3.2 Altura de la nieve

Andina (2018) reporta que el día 20 de diciembre del 2018 durante la noche comenzó a nevar en la ciudad de Cerro de Pasco, “La capa de nieve alcanzo una altura de 10 centímetros aproximadamente. El temporal de nieve se inició la noche del jueves 20, hasta las 8:00 horas de hoy (21 de diciembre del 2018). Es decir, nevó más de diez horas en forma intermitente, lo que hizo que los techos de las viviendas se cubrieran de nieve, que hace que la temperatura descienda a 5 grados bajo cero”. Como se menciona, la nieve alcanzó una altura de 10 centímetros cuando la temperatura fue de  $-5^{\circ}\text{C}$ ; Según SENAMHI (2023) la humedad relativa fue entre 86.0% – 81.7% y en la estación localizada en el centro de la ciudad se registraron temperaturas mínimas de entre  $0.2^{\circ}\text{C}$  –  $1.2^{\circ}\text{C}$ , entre los días 20 y 21 de diciembre del 2018 cuando se generó la tormenta de nieve.

Del análisis de los datos meteorológicos realizado en el ítem 4.2 de la presente investigación, se determinó que los meses con mayor frecuencia de nevadas en la región son enero, febrero, marzo, abril y diciembre. Según la Tabla 7, durante esos meses, la temperatura mínima promedio es de  $0.8^{\circ}\text{C}$  y la humedad relativa promedio es de 82.2 %, estos datos se encuentran dentro del rango de parámetros meteorológicos registrados durante la tormenta del 20 de diciembre del 2018, lo que demuestra que estas son las condiciones en la cual las tormentas de nieve se presentan en la región de Pasco frecuentemente; sin embargo, la altura de nieve que esta puede alcanzar dependerá del tiempo de tormenta, pero que cuando se originen y debido a los datos que se presentan en la nota de prensa mantendrá una relación entre el tiempo de tormenta y la altura de la nieve que se definirá como tasa de acumulación de la nieve definido por la siguiente ecuación:

##### *Ecuación 1 Tasa de acumulación de la nieve*

$$\textit{Tasa de acumulacion de la nieve} = \frac{\textit{Altura de nieve (cm)}}{\textit{Tiempo de tormenta (horas)}}$$

Con los datos que se registraron en la nota de prensa, se puede calcular este factor a fin de ser usado para poder determinar la altura de la nieve en otras nevadas que se ocasionan en la zona de estudio, la cual sería:

$$\textit{Tasa de acumulacion de la nieve} = \frac{10\text{ cm}}{10\text{ horas}}$$
$$\textit{Tasa de acumulacion de la nieve} = 1\text{ cm/hora}$$

Sin embargo, en un reportaje hecho por el canal Panamericana en el programa 24 Horas (2016), se menciona que en una tormenta de nieve que duro alrededor de 8 horas de tormenta la nieve alcanzo una altura de 15 centímetros, por lo que haciendo uso de la Ecuación 1, se obtiene la siguiente tasa de acumulación de la nieve.

$$\text{Tasa de acumulacion de la nieve} = \frac{15 \text{ cm}}{8 \text{ horas}}$$

$$\text{Tasa de acumulacion de la nieve} = 1.875 \text{ cm/hora}$$

Teniendo en cuenta estos valores podemos determinar un valor promedio para la tasa de acumulación, ya que no podremos conocer con exactitud cuál es la tasa de acumulación de la nieve, pero si determinará una cantidad aproximada muy cercana a la realidad y que servirá en diversos casos de nevadas, por ello, y sacando el valor promedio, tenemos que la tasa de acumulación de la nieve será de 1.4375 cm/ hora.

Conociendo cuál es la tasa de acumulación para la nieve en la región de Pasco, solo se debe tener el tiempo que las tormentas de nieve suelen durar en la zona para determinar la altura de nieve que usualmente se genera. Si bien no existen datos exactos sobre los tiempos de tormenta en SENAMHI, este se puede encontrar en artículos periodísticos con los cuales se saca un promedio y se obtendrá el tiempo de tormenta de nieve que se genera usualmente en Pasco.

Tabla 12. Horas de tormenta de nieve en Pasco

FUENTE	TITULO	FECHA	HORAS DE TORMENTA
RPP Noticias	Región Pasco afectada por nevadas y fuertes lluvias en sus provincias	15/12/2016	7
Andina Noticias	Pasco: lluvias y nevada causan daños en casas locales públicos y genera corte de energía	28/12/2022	9
Andina Noticias	Nieve cae sobre Cerro de Pasco y lluvias con granizo en Huamanga	21/12/2018	10
Andina Noticias	Pasco: lluvias, nevada y vientos originan colapso de colegios y viviendas	17/02/2022	8
El Comercio	Pasco soportó más de 8 horas de intensa nevada	07/12/2017	8
24 horas	Intensa nevada alcanzo 15 centímetros de espesor	16/12/2016	8
24 horas	Intensa nevada de cuatro horas sumió en el caos a la ciudad de Pasco	05/07/2013	4
El Comercio	Cerro de Pasco tuvo más de siete horas de intensa nevada	17/09/2014	7

RPP Noticias	Nieve cubre toda la ciudad de Cerro de Pasco	25/12/2011	16
<b>Promedio de horas de tormenta de nieve en Pasco</b>			<b>8.556</b>

*Fuente:* Elaboración Propia

Teniendo un tiempo de tormenta en la región de Pasco de alrededor de 8.56 horas y despejando la Ecuación 1, se puede determinar la altura de nieve que se llega a generar durante este tipo de eventos, la cual se desarrolla de la siguiente forma:

*Ecuación 2 Altura de nieve*

$$\text{Altura de nieve (cm)} = \text{Tasa de acumulacion de la nieve (cm/h)} \times \text{Tiempo de tormenta (h)}$$

$$\text{Altura de nieve} = 1,4375 \frac{\text{cm}}{\text{h}} \times 8.56 \text{ h}$$

$$\text{Altura de nieve} = 12.305 \text{ cm}$$

#### 4.4 Consideraciones climatológicas

La densidad de la nieve suele cambiar de acuerdo con los factores externos que pueden afectar su composición en los cristales de nieve, y parámetros como la temperatura. El tipo de precipitación y la radiación solar son variables que influirán en el comportamiento de la nieve y el tipo en la que esta se presentara, con el fin de validar los datos de cálculo determinados se evalúa junto con los datos recopilados a fin de que cuadre con el tipo de nieve que se presenta y las características que estos tienen según las fuentes y la bibliografía de esta investigación.

##### 4.4.1 Temperatura

La temperatura ambiente afecta la densidad de la nieve y, también, puede influir en la tasa de acumulación de esta. Por ello, se requieren registros de temperatura durante la tormenta y después de ella, de los datos históricos recopilados, considerando que se está planteando un caso en el mes de febrero y según lo reunido en la Tabla 7 acerca de las temperaturas promedio, mínima y máxima en todo el año. Se tiene que la temperatura que se ha registrado durante las tormentas de nieve registradas en la Región de Pasco en el mes de febrero, que es el mes donde se presentan eventos de nevadas con mayor frecuencia, es de 1.2 °C que representa la temperatura mínima en promedio registrada en el departamento durante ese mes. Ibáñez et al. (2020), en su artículo de investigación, concluyen que desde el año 2003, que las temperaturas en las áreas nevadas en el sur del Perú alcanza un valor cercano a 1 °C, por lo que se puede validar la temperatura tomada DE 1.2 °C, pues si bien se

han registrado temperaturas menores a los 0 °C en los meses de junio, julio y agosto, estos son meses donde no suelen ocurrir nevadas, lo que indica que este factor no determina si va a nevar pues incluso en estos meses la frecuencia de eventos suele disminuir tal y como se indica en la Figura 13.

En la Tabla 11, la densidad promedio calculada para este caso con datos históricos es de 236.00 kg/m<sup>3</sup>, según Rivera (2017), en la Tabla 10, esta densidad representa a un tipo de nieve granular (200 kg/m<sup>3</sup> – 250 kg/m<sup>3</sup>), que considera lo descrito por Martín (2021) la nieve granular o de grano se caracteriza por tener una mayor densidad, que se genera cuando la temperatura en la atmosfera debe estar cerca del punto de congelación. Considerando que la temperatura mínima captada durante el mes de febrero es de 1.2 °C, por ello, se valida que el tipo de nieve es de grano o granular, ya que la densidad con la que se va a trabajar se encuentra dentro de los rangos de ese tipo de nieve.

#### 4.4.2 Tipo de precipitación

Es importante conocer si la precipitación fue en forma de nieve desde el principio o si cambió durante la tormenta (Por ejemplo, de nieve a lluvia y luego nuevamente a nieve), ya que por los factores esto podría variar la acumulación y la densidad.

Este factor como se menciona puede cambiar la altura de nieve, debido a que, si se presenta lluvia esta afectara la altura debido a que la nieve compactada perderá su composición debido a las gotas de agua; sin embargo, el tipo de precipitación que suele presentarse en el lugar de estudio es primero lluvia luego nieve hasta que esta cesa dejando a la nieve compacta sin ningún cambio, que si bien no ocurre siempre, en la gran mayoría de los casos, se presenta, por ello, la densidad que se presentara no se verá afectada por este factor, ya que influirá en la composición de la nieve.

#### 4.4.3 Radiación solar

La radiación solar puede influir en la fusión de la nieve después de la tormenta. Esto es especialmente relevante si las condiciones cambian rápidamente después de la tormenta, es decir que, si la nevada concluye, la radiación solar puede acelerar el proceso de deshielo, y provoca que la nieve que se acumula en los techos y coberturas se derrita en menor tiempo.

En la Región de Pasco, las tormentas de nieve suelen presentarse en mayores ocasiones por las tardes y se alargan hasta las noches donde cesan, por lo cual el proceso de deshielo se genera durante toda la noche demorando hasta horas para que gran parte de la nieve

acumulada se derrita, por lo cual podemos definir que este parámetro no influye representativamente en el cálculo de la carga de nieve básica, pues ya que las tormentas cesan por la noche ya no se altera la composición de los cristales de nieve, debido a que se mantienen las temperaturas que se generan durante la nevada hasta el amanecer.

#### 4.4.4 Velocidad y dirección del viento

Los datos de velocidad y dirección del viento son útiles para tener una estimación precisa, ya que esta afectará la distribución durante la tormenta usualmente es medida en kilómetros por horas.

En la región de Pasco, la velocidad del viento varía entre 9 y 11 kilómetros por hora, luego del análisis de datos meteorológicos recopilados, se determinó que el mes de febrero es cuando ocurren con mayor frecuencia las nevadas en la región Pasco, como se muestra en la Tabla 5, según la Tabla 9, en el mes de febrero, se registra una velocidad del viento promedio de 9.9 km/h. Esto se considera una velocidad del viento moderada, con estas condiciones es posible que se genere una mezcla de copos de nieve suaves y ligeros, así como algunos copos más compactados, pero para poder determinar un tipo específico de nieve se necesita de un factor más que es la humedad relativa.

#### 4.4.5 Humedad relativa

La humedad puede afectar la densidad de la nieve y cómo se acumula. Cuando la humedad relativa del aire es alta, significa que el aire contiene una gran cantidad de vapor de agua, la nieve tiende a ser más húmeda y pegajosa, lo cual indica que esta se adhiere más fácilmente a distintas superficies. En menor humedad relativa el aire contiene menor vapor de agua y es más seco, por ello, la nieve es más liviana en términos de peso por volumen; sin embargo, puede acumularse en grandes cantidades debido a su volumen. Cabe mencionar que, durante las tormentas de nieve, la humedad relativa, también, puede variar durante está provocando que la nieve se vuelva más pesada conforme la humedad se acrecienta con el paso de las horas de nevada.

Otros de los factores al que la humedad suele afectar en la nieve es en el factor de comprensión o la tasa de acumulación, ya que, en condiciones de humedad relativa alta, la nieve tiende a compactarse más fácilmente, lo que aumenta su densidad y, a la vez, su peso.

Tomando en cuenta lo mencionado por Portillo (2022), acerca de la nieve de tipo grano o granular que se forma cuando la humedad es alta y la temperatura de la superficie de la nieve

es ligeramente superior al punto de congelación, en la región de Pasco, la humedad relativa suele llegar hasta 84%, según se indica en la Tabla 7. Si bien existe meses con mayor registro de humedad en el departamento de Pasco, para este caso se considerará el 82.2%, ya que este es el valor promedio de los registrados en los meses con mayor frecuencia de nevadas en la zona de estudio.

Teniendo eso en cuenta podemos definir que la humedad relativa (82.2 %) combinado con la velocidad del viento (9.9 km/h) y la temperatura (1.2 °C), se genera según Portillo (2022) un tipo de nieve de grano o granular. En la Tabla 10, se muestra que la densidad en este tipo de nieve se encuentra en un rango de 200 kg/m<sup>3</sup> - 250 kg/m<sup>3</sup> según Rivera (2017), en el ítem 4.3.1, se calculó una densidad de la nieve de 236.00 kg/m<sup>3</sup>, lo que demuestra que el tipo de nieve coincide con lo determinado por los factores meteorológicos, y que valida así el tipo de nieve y la densidad considerada para poder determinar la carga básica de la nieve con datos históricos recopilados.

#### 4.5 Cálculo de la carga básica de la nieve

Como indica Mery (2007), que, para calcular la carga básica de nieve, se trata de determinar los niveles de espesor de nieve caída y luego multiplicar este espesor por la densidad de la nieve acumulada, en merito a ello, se determinó la carga básica de nieve teniendo la densidad de la nieve y la altura de la misma haciendo uso de la siguiente ecuación:

##### *Ecuación 3 Cálculo carga básica de nieve*

$$\text{Carga básica de nieve} = \text{Densidad de nieve compactada} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \times \text{Altura de nieve (m)}$$

Sin embargo, se debe considerar que para poder determinar la carga básica de la nieve en la Norma E. 020 “Cargas” (2004) en el Artículo 11 “Carga de nieve” se indica que la nieve fresca tiene una densidad de 100 kg/m<sup>3</sup> y la nieve compactada 200 kg/m<sup>3</sup>, que es el doble de la densidad de la nieve fresca. Usando este factor para la nieve compactada tenemos que la densidad de la nieve compactada será el doble de la densidad de la nieve fresca. Por ello, los datos con que se usarán en la Ecuación 3 serán los siguientes:

$$\text{Densidad de la nieve fresca} = 236.00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Densidad de la nieve compactada} = 472.00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Altura de nieve} = 12.305 \text{ cm} = 0.12305 \text{ m}$$

Remplazando los datos:

$$\text{Carga básica de nieve} = 472 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.12305 \text{ m}$$

$$\text{Carga básica de nieve} = 58.08 \text{ kg/m}^2$$

Luego del cálculo de la carga básica de nieve con los datos históricos recopilados, a fin de poder validar y comprobar que el resultado obtenido es el correcto o el más cercano a la realidad, se tiene que realizar un análisis comparativo con una muestra de nieve real y, a su vez, con la norma técnica peruana, con el fin de determinar la diferencia que existe entre las tres, pues si bien se ha estructurado este apartado con el fin de asemejarse a la realidad de la región, no existen los suficientes datos históricos que puedan mostrar el tipo de nieve y la forma en la cual esta se genera en Pasco.

#### **4.6 Muestra real de nieve**

El día 13 de agosto del 2023, ocurrió una nevada en el distrito de Yanacancha de la Provincia y Departamento de Pasco, en el cual se constataron los datos obtenidos durante dicha tormenta a fin de validar los valores calculados mediante la metodología aplicada en esta investigación, de lo cual se obtuvieron los siguientes datos de una muestra tomada durante la tormenta:



*Figura 17.* Toma de muestra para análisis de la nieve.

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.6.1 Muestra real - Densidad de la nieve

Para poder determinar la densidad de la nieve recién caída, se toma una muestra en un recipiente de plástico; para poder manipular de mejor manera la muestra y que esta tenga el menor contacto con la piel posible, a fin de mantener sus características físicas lo más naturales posible, se procederá a pesar la muestra con el recipiente tareado a 0 gramos a fin de que el peso solo refleje la masa de la nieve. Posteriormente, se determinará el volumen del recipiente que contiene la muestra y así poder calcular el valor de la densidad de la nieve recién caída.



*Figura 18.* Peso de la muestra de nieve. Fuente: Elaboración Propia

Densidad de la nieve:

$$\text{Masa} = 172.00 \text{ gr}$$

$$\text{Volumen} = 345.00 \text{ ml}$$

El volumen del recipiente de la muestra es calculado según el contenido de agua que este puede contener, siendo medido en mililitros, y, por esta razón, se debe señalar que la muestra tomada fue compactada para que las moléculas de aire que existen en la muestra no alteren el valor medido y solo se considere el volumen de la nieve en el recipiente.

Considerando que la densidad de la nieve se mide en kg/ m<sup>3</sup>, con los datos obtenidos en la muestra, se puede determinar el valor del peso específico de la nieve y su valor real:

*Ecuación 4 Densidad de la nieve*

$$\text{Densidad de la Nieve Compactada} = \frac{\text{Masa (kg)}}{\text{Volumen (m}^3\text{)}}$$

Remplazando los datos obtenidos en la Ecuación 5, el valor de la densidad de la nieve es el siguiente:

$$\text{Densidad de la Nieve Compactada} = \frac{172.00 \text{ gr}}{345.00 \text{ ml}}$$

$$\text{Densidad de la Nieve Compactada} = \frac{0.172 \text{ kg}}{0.000345 \text{ m}^3}$$

$$\text{Densidad de la Nieve Compactada} = 498.55 \text{ kg/m}^3$$

#### 4.6.2 Muestra real – Altura de la nieve

Considerando que la tormenta inicio a las 07:42 p.m. y culminó a las 8:01 p.m. El tiempo de tormenta fue:

$$\text{Tiempo de tormenta} = 19 \text{ minutos}$$

Teniendo ello y luego de medir la altura que alcanzo la nieve durante esa tormenta:



Figura 19. Altura de nieve alcanzada. Fuente: Elaboración Propia

$$\text{Altura de nieve alcanzada} = 0.5 \text{ cm}$$

Podemos hacer uso de la Ecuación 1 para determinar la tasa de acumulación en este tipo de nieve y así poder conocer cuánto es la altura de la nieve, en tormentas más prolongadas que se generan en la región.

$$\text{Tasa de acumulación de nieve} = \frac{0.5 \text{ cm}}{19 \text{ minutos}}$$

$$\text{Tasa de acumulación de nieve} = \frac{0.5 \text{ cm}}{0.31667 \text{ h}}$$

$$\text{Tasa de acumulación de nieve} = 1.5789 \text{ cm/h}$$

Con ello, podemos determinar cuánto puede llegar la altura de nieve en 8.56 horas según lo determinado en la Tabla 12, esto con el fin de asemejar la altura de nieve de la muestra real con la determinada por datos históricos, por lo cual haciendo uso de la Ecuación 2 se tiene la siguiente altura de nieve:

$$\text{Altura de nieve} = 1,5789 \frac{\text{cm}}{\text{h}} \times 8.56 \text{ h}$$

$$\text{Altura de nieve} = 13.515 \text{ cm}$$

#### 4.6.3 Muestra real – Consideraciones de temperatura

Según los datos hidrometeorológicos registrados del SENAMHI durante el mes de agosto del 2023 fueron los siguientes:

Tabla 13. Registro de datos hidrometeorológicos durante el mes de agosto – SENAMHI

Estación: CERRO DE PASCO				
<b>Departamento:</b> PASCO		<b>Provincia:</b> PASCO		<b>Distrito:</b> CHAUPIMARCA
<b>Latitud:</b> 10°41'36.15" CO –		<b>Longitud:</b> 76°15'51.1"		<b>Altitud:</b> 4357 msnm.
<b>Tipo:</b> Meteorológica		<b>Código:</b> 110037		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
01/08/2023	12.5	-6.8	75.1	0
02/08/2023	13	-3.6	75	0
03/08/2023	13.2	-3	73.2	0
04/08/2023	9	-2.8	82	0
05/08/2023	11.5	0	78.9	0
06/08/2023	12	0.2	76.7	0
07/08/2023	13	0	76.5	0
08/08/2023	11.5	1	78.4	0
09/08/2023	13.6	-0.8	73.5	0
10/08/2023	13	-0.6	72.4	0
11/08/2023	13.5	0	76.9	0
12/08/2023	13	-1.2	76.8	1
13/08/2023	10	0.4	76.1	7
14/08/2023	12.7	-2	75.1	0
15/08/2023	13.4	1	78.8	5.2
16/08/2023	14	-4.6	75.4	0
17/08/2023	15	-1.4	74.2	0

18/08/2023	16	-3	67.1	0
19/08/2023	16.2	-2.4	71.2	0
20/08/2023	15.5	-1.6	69.2	0
21/08/2023	14.5	-4.4	73.2	0
22/08/2023	13.5	-3.4	73.7	0
23/08/2023	14.2	-2.6	73.5	0
24/08/2023	15	-2.8	72.4	0
25/08/2023	13.5	-1	75.3	0
26/08/2023	11.5	1.2	75.6	0
27/08/2023	11	-0.6	79	0
28/08/2023	12.5	1.6	76.2	0
29/08/2023	14.5	-2.4	71.1	0
30/08/2023	15	-3.4	73.7	0
31/08/2023	16	1.4	72.1	0

Fuente: Datos hidrometeorológicos a nivel nacional (SENAMHI, 2023)

a) Temperatura

Según lo indicado en la Tabla 13, en el SENAMHI se registró una temperatura máxima de 10 °C y una temperatura mínima de 0.4 °C, con una precipitación promedio de 7 mm:

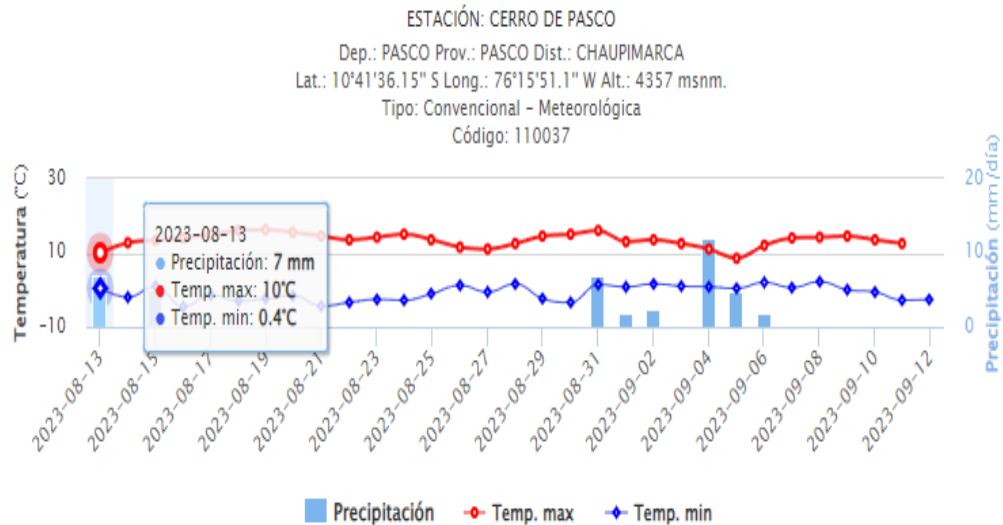


Figura 20. Gráfico de registro de temperatura durante el mes de agosto – SENAMHI. Fuente: Datos hidrometeorológicos a nivel nacional (SENAMHI, 2023)

En consecuencia, a ello y sabiendo que la temperatura está cerca del punto de congelación el tipo de nieve que se generó es húmeda o granulada pues puede contener más agua líquida.

### b) Tipo de precipitación

En esta ocasión, el tipo de precipitación ocurrida el 13 de agosto del 2023 tuvo un comportamiento habitual a lo que suele presentarse en la región de Pasco, primero, con presencia de lluvia y posteriormente la tormenta de nieve que al culminar seso la precipitación en su totalidad, sin verse afectado por lluvias después de la tormenta u otro factor climático que pueda afectar su densidad.

### c) Radiación solar

La radiación solar que estará presente en cada hora del día afectara la acumulación de la nieve, acelerando su paso a estado líquido, que afecta directamente a su densidad, sin embargo, la nevada ocurrió a las 07:42 p.m. donde la radiación solar baja considerablemente, lo que se puede comprobar pues para que la capa de nieve se derrita completamente tomo un tiempo de aproximadamente 12 horas. Por ello, será un factor que no va afectar las características físicas de la nieve de muestra.

## 4.6.4 Muestra de nieve – Factores Externos

### a) Dirección y velocidad del viento

El día 13 de agosto se registró una velocidad de viento promedio durante el día de aproximadamente 11 km/h, según datos recopilados:

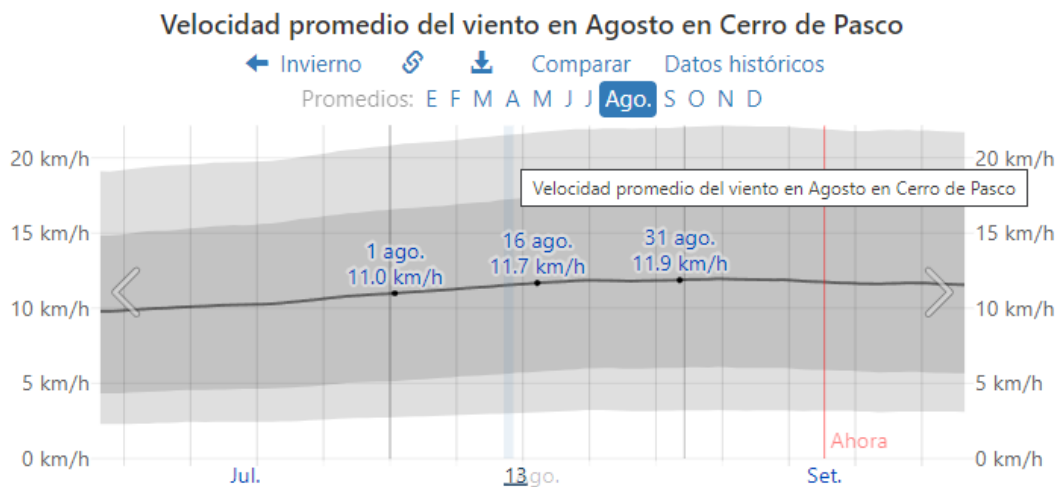


Figura 21. Velocidad del viento 13/08/2023. Fuente: El clima y el Tiempo en Todo el Año en Cerro de Pasco (Wheather Spark, 2023)

Si bien la velocidad del viento de 11 km/h sea considerada una velocidad de viento moderada, es posible que haya una cierta compactación de la nieve, especialmente, en áreas expuestas donde el viento puede soplar con más fuerza. Esto puede resultar en una nieve más densa y compacta en comparación con áreas protegidas del viento.

#### b) Humedad Relativa

La humedad relativa registrada durante la tormenta fue de 76.10 %, según lo indicado en la Tabla 12, es valor indica que la humedad relativa es alta, lo que representa que la nieve es densa y tiene un peso mayor, además de tener una alta adherencia. Ello demuestra que el tipo de nieve que se puede llegar a generar durante la nevada es de tipo húmeda o granulada.

#### 4.6.5 Validación de la muestra real

Evaluando la temperatura mínima registrada en la Tabla 12 el día de la tormenta de 1.2 °C, la humedad relativa de 76.10% y la velocidad del viento de 11 km/h, según lo descrito por Portillo (2023) la nieve corresponde a un tipo de nieve granular, además Rivera (2017) indica que el rango para la nieve granular está comprendido entre 200 kg/m<sup>3</sup> – 250 kg/m<sup>3</sup>, que considera que la densidad de la muestra de la nieve compacta es de 498.55 kg/m<sup>3</sup> y toma en cuenta que en la Norma E. 020 (2004) la densidad de la nieve compactada es el doble que la densidad de la nieve fresca, tenemos que la densidad de la nieve fresca en la muestra real es 249.275 kg/m<sup>3</sup>, que se encuentra dentro del rango para nieve granular, por lo que considerando estos factores meteorológicos y según la bibliografía antes mencionada, se valida los datos de cálculo para determinar la carga básica de nieve debido a que corresponden al tipo de nieve en sus características físicas.

#### 4.6.6 Calculo de la carga básica de nieve con la muestra real

Con los valores de densidad de nieve y la altura de nieve, además de considerar otros factores meteorológicos; se determina el valor de la carga básica de la nieve a fin de validar el valor anteriormente hallado con los datos históricos, para poder determinar la carga básica de la nieve más cercana a la realidad:

Por ello y haciendo uso de la **Ecuación 3**, se determina la carga básica de la nieve como sigue:

$$\text{Densidad de la nieve compactada} = 498.55 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Altura de nieve} = 13.515 \text{ cm} = 0.13515 \text{ m}$$

Remplazando los datos se obtiene:

$$\text{Carga básica de nieve} = 498.55 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.13515 \text{ m}$$

$$\text{Carga básica de nieve} = 67.38 \text{ kg/m}^2$$

Con los datos obtenidos en la tormenta, se obtuvo una carga básica de nieve de 67.38 kg/m<sup>2</sup>, que equivale al 168.45 % del valor considerado por la Norma E. 020.

#### 4.6.7 Análisis de datos obtenidos

El valor calculado de la carga básica de nieve con los datos de la muestra tomada durante la tormenta del 13 de agosto del 2023 difiere significativamente del valor obtenido a partir de datos históricos y de fuentes meteorológicas. Al comparar estos valores con las especificaciones de la norma técnica peruana, se identifican notables diferencias adicionales.

Tabla 14. Comparación de valores obtenidos

DATOS CALCULADOS	DATOS HISTÓRICOS	MUESTRA 13/08/2023	NORMA E. 020 "CARGAS"
<b>CARGA BÁSICA DE NIEVE</b>	<b>58.08 kg/m<sup>2</sup></b> (Según lo calculado en el Numeral 4.5)	<b>67.38 kg/m<sup>2</sup></b> (Según lo determinado en el Numeral 4.6.7)	<b>40.00 kg/m<sup>2</sup></b> (Según lo que se indica en la Norma E. 020 – Artículo 11)
<b>ALTURA DE LA NIEVE</b>	<b>12.305 cm</b> (Según lo calculado en el Numeral 4.3.2)	<b>13.515 cm</b> (Según lo determinado en el numeral 4.6.2)	<b>40 cm (Nieve fresca)</b> <b>20 cm (Nieve compacta)</b> (Según lo que se indica en la Norma E. 020 – Artículo 11)
<b>DENSIDAD DE LA NIEVE</b>	<b>236.00 kg/m<sup>3</sup> (Nieve fresca)</b> <b>472.00 kg/m<sup>3</sup> (Nieve compacta)</b> (Según lo calculado en el Numeral 4.3.1)	<b>249.28 kg/m<sup>3</sup> (Nieve fresca)</b> <b>498.55 kg/m<sup>3</sup> (Nieve compacta)</b> (Según lo calculado en el Numeral 4.6.1)	<b>100.00 kg/m<sup>3</sup> (Nieve fresca)</b> <b>200.00 kg/m<sup>3</sup> (Nieve compacta)</b> (Según lo que se indica en la Norma E. 020 – Artículo 11)

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con los datos analizados, se observa que el valor de la carga básica de nieve es inferior al determinado mediante la muestra de nieve real. Sin embargo, en ambos casos, la carga es superior a la estipulada por la Norma E. 020 (2004), esta discrepancia se debe principalmente a la notable diferencia en la densidad de la nieve entre los casos analizados. Según los datos históricos, la densidad de la nieve es de 236.00 kg/m<sup>3</sup>, mientras que en la muestra tomada se registra una densidad de 249.28 kg/m<sup>3</sup>, correspondiente a la nieve fresca o recién caída; no obstante, la normativa solo considera una densidad de 100 kg/m<sup>3</sup>, lo que evidencia claramente la diferencia entre las densidades. Al considerar, además, la altura de la

nieve se demuestra que la carga básica de la nieve dada por la normativa técnica peruana no se ajusta adecuadamente a la realidad, lo que señala una deficiencia en este parámetro. Para explorar con mayor profundidad esta diferencia, se aplicarán estas cargas de nieve a un caso de estudio, con el fin de analizar su efecto en las estructuras.

#### 4.7 Caso de Estudio

Guerra y otros (2021) para poder determinar la influencia de la carga de nieve hace uso de una metodología práctica mediante el diseño de una nave agroindustrial, esto con el fin de poder cuantificar la influencia que tendrá la carga de nieve a diversas altitudes, en mérito a ello se analizará un caso de estudio de una estructura existente en la zona de estudio para poder cuantificar la influencia de las cargas de nieve encontradas y definidas anteriormente.

El caso real donde se aplicarán las diferentes cargas de nieve es en la nave industrial del Mercado “Virgen de Fátima” ubicado en el distrito de Yanacancha, provincia Pasco del departamento Pasco, que sostiene la cobertura del mercado y, a su vez, las cargas por gravedad que se generan en la zona. La razón de la elección de este caso de estudio en particular es por la accesibilidad a la nave industrial, pues, de esta forma, se puede identificar las medidas y la distribución que tiene, además del tipo de material y las secciones por la cual está concebida esta armadura.

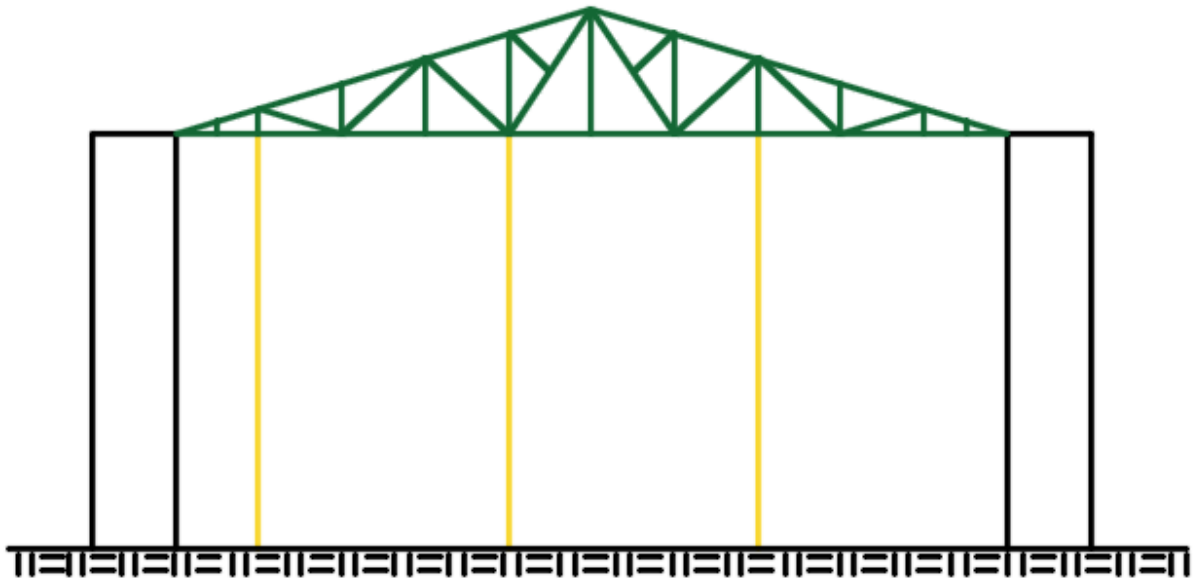


Figura 22. Elevación de la nave industrial del Mercado Virgen de Fátima. Fuente: Elaboración Propia

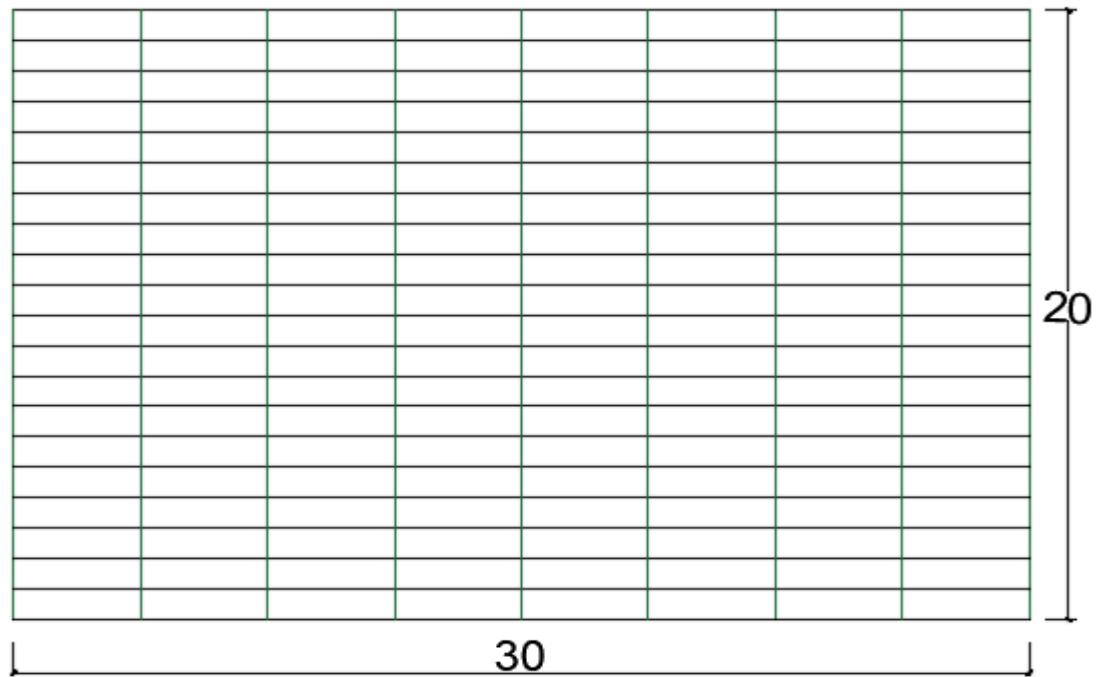


Figura 23. Vista en planta del Mercado Virgen de Fátima. Fuente: Elaboración Propia

El análisis con cada una de las normas se desarrolló según la secuencia explicada en el campo anterior, que considera que el ancho tributario de cada elemento que compone la armadura del techo:

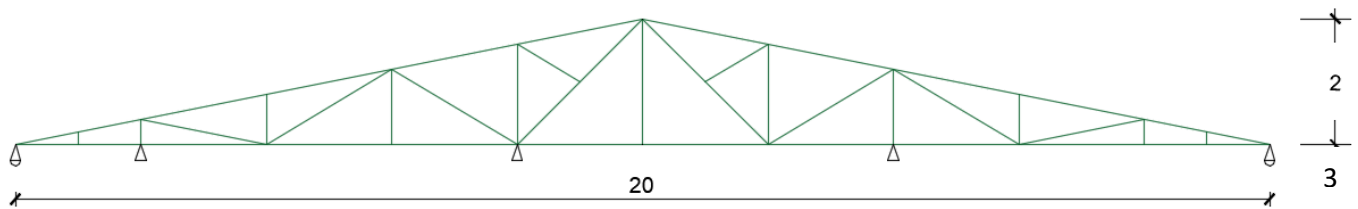


Figura 24. Elevación de armadura de la nave industrial del Mercado Virgen de Fátima. Fuente: Elaboración Propia

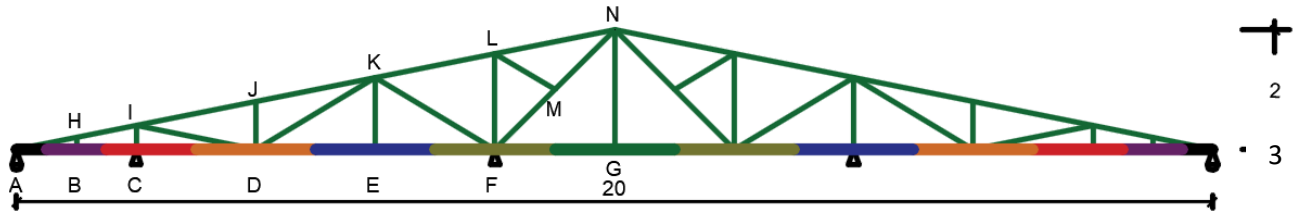


Figura 25. Distribución del ancho tributario del caso de estudio. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15. Ancho tributario por elemento

EJE	ELEMENTO	ANCHO TRIBUTARIO
A	Viga	0.50 m
B	Correa Interna	1.00 m
C	Correa Interna	1.50 m
D	Correa Interna	2.00 m
E	Correa Interna	2.00 m
F	Correa Central	2.00 m

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.8 Cálculo de la sobrecarga de nieve

Utilizando la carga básica de nieve calculada a partir de los tres métodos de recolección de datos, junto con la densidad de la nieve y otros factores como la inclinación del techo y la geometría de la estructura, es posible determinar la sobrecarga de nieve mediante fórmulas o modelos específicos proporcionados por códigos de construcción o guías especializadas. Para esta investigación, se aplicará la metodología establecida en la Norma E. 020 “Cargas” (2006), la cual ofrece pautas para calcular la carga de nieve en función de estos parámetros. El análisis estructural de cada tramo y ancho tributario de la armadura, tomada como caso de estudio, se llevará a cabo utilizando el software SAP 2000. Con el objetivo de realizar un análisis comparativo, se realizarán cálculos en tres escenarios diferentes: uno utilizando la carga propuesta por la normativa, otro utilizando la carga determinada mediante los datos históricos y, por último, utilizando la muestra recolectada durante la tormenta del 13 de agosto de 2023.

#### 4.8.1 Norma Peruana E. 0.20 “Cargas”

El valor de la carga de nieve sobre el suelo ( $Q_s$ ), según lo especifica la norma peruana, es de 40 kgf/m<sup>2</sup>, así para determinar la carga ultima ( $Q_t$ ), que tiene en cuenta que el ángulo de inclinación de la armadura según la Figura 24:

**Ecuación 5** Formula de cálculo de ángulo de inclinación de la armadura

$$\mathbf{Tan}(\theta) = \frac{\mathbf{Cateto\ Opuesto\ (m)}}{\mathbf{Cateto\ Adyacente\ (m)}}$$

Como se muestra en la Figura 24, los valores para ambos catetos, a fin de determinar el ángulo de inclinación serán los siguientes:

$$\mathbf{Cateto\ Opuesto} = 3\text{ m}$$

$$\mathbf{Cateto\ Adyacente} = 10\text{ m}$$

Remplazando estos valores en la Ecuación 6, el valor del ángulo de inclinación será:

$$\mathbf{Tan}(\theta) = \frac{3}{10}$$

$$\theta = 16^{\circ}41'57.28''$$

$$\therefore \theta < 30^{\circ}$$

La norma indica que “Techos a una o dos aguas con inclinaciones comprendidas entre 15° y 30°” (RNE, 2006 pág. 203), se usara:

**Ecuación 6** Carga de diseño ( $Q_t$ )

$$Q_t = 0.80 \times Q_s$$

Considerando lo antes mencionado, donde:

$$Q_s = 40.00\text{ kgf/m}^2$$

Aplicando la Ecuación 7:

$$Q_t = 0.80 \times \left(40.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}\right)$$

$$Q_t = 32.00\text{ kgf/m}^2$$

Por ello, el valor de la carga de nieve para cada elemento será de:

Tabla 16. *Carga de Nieve en las Armaduras Internas - Norma Peruana*

<b>Eje</b>	<b>Ancho Tributario</b>	<b>Qt (kgf/m)</b>	<b>Anch. Trib. X Qt (kgf/m)</b>	<b>Luz Libre (m)</b>	<b>Carga Puntual (kg)</b>
<b>A</b>	0.50 m	32	16	3.75	60
<b>B</b>	1.00 m	32	32	3.75	120
<b>C</b>	1.50 m	32	48	3.75	180
<b>D</b>	2.00 m	32	64	3.75	240
<b>E</b>	2.00 m	32	64	3.75	240
<b>F</b>	2.00 m	32	64	3.75	240

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17. *Carga de Nieve en las Armaduras Externas - Norma Peruana*

<b>Eje</b>	<b>Ancho Tributario</b>	<b>Qt (kgf/m)</b>	<b>Anch. Trib. X Qt (kgf/m)</b>	<b>Luz Libre (m)</b>	<b>Carga Puntual (kg)</b>
<b>A</b>	0.50 m	32	16	1.875	30
<b>B</b>	1.00 m	32	32	1.875	60
<b>C</b>	1.50 m	32	48	1.875	90
<b>D</b>	2.00 m	32	64	1.875	120
<b>E</b>	2.00 m	32	64	1.875	120
<b>F</b>	2.00 m	32	64	1.875	120

Fuente: Elaboración Propia

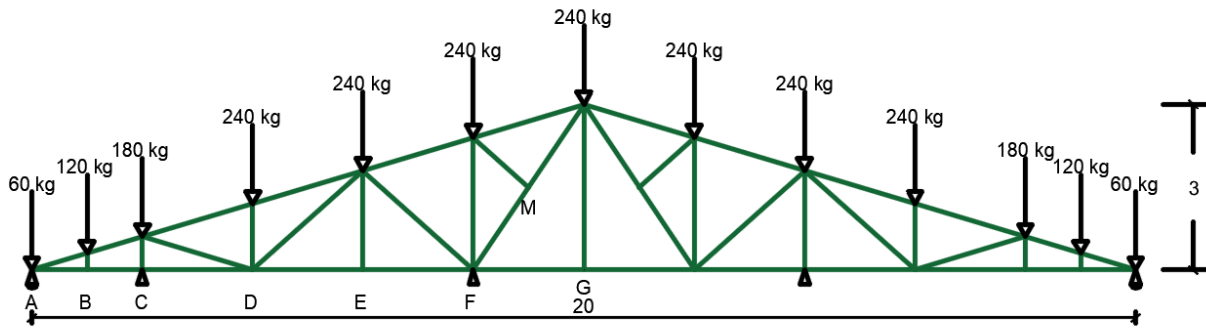


Figura 26. Cargas puntuales debido a la carga de nieve en las armaduras internas - Norma Peruana. Fuente: Elaboración Propia

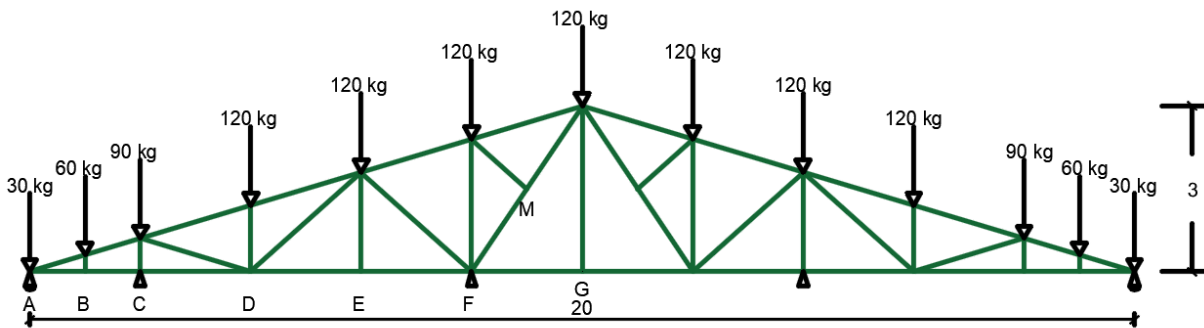


Figura 27. Cargas puntuales debido a la carga de nieve en las armaduras externas - Norma Peruana. Fuente: Elaboración Propia

#### 4.8.2 Sobre carga de nieve con datos históricos

Según lo determinado previamente y tomando en cuenta lo que indica la Tabla 14, para el cálculo con datos históricos, el valor de la carga básica de la nieve es de:

$$Q_s = 58.08 \text{ kgf/m}^2$$

Aplicando la **Ecuación 5**:

$$Q_t = 0.80 \times \left( 58.08 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \right)$$

$$Q_t = 46.46 \text{ kgf/m}^2$$

Por ello, el valor de la carga de nieve para cada elemento será de:

Tabla 18. Carga de Nieve en las Armaduras Internas – Datos Históricos

Eje	Ancho Tributario	Qt (kgf/m)	Anch. Trib. X Qt (kgf/m)	Luz Libre (m)	Carga Puntual (kg)
<b>A</b>	0.50 m	46.46	23.23	3.75	87.11
<b>B</b>	1.00 m	46.46	46.46	3.75	174.23
<b>C</b>	1.50 m	46.46	69.69	3.75	261.34
<b>D</b>	2.00 m	46.46	92.92	3.75	348.45
<b>E</b>	2.00 m	46.46	92.92	3.75	348.45
<b>F</b>	2.00 m	46.46	92.92	3.75	348.45

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19. *Carga de Nieve en las Armaduras Externas – Datos Históricos*

Eje	Ancho Tributario	Qt (kgf/m)	Anch. Trib. X Qt (kgf/m)	Luz Libre (m)	Carga Puntual (kg)
<b>A</b>	0.50 m	46.46	23.23	1.875	43.56
<b>B</b>	1.00 m	46.46	46.46	1.875	87.11
<b>C</b>	1.50 m	46.46	69.69	1.875	130.67
<b>D</b>	2.00 m	46.46	92.92	1.875	174.23
<b>E</b>	2.00 m	46.46	92.92	1.875	174.23
<b>F</b>	2.00 m	46.46	92.92	1.875	174.23

Fuente. Elaboración Propia

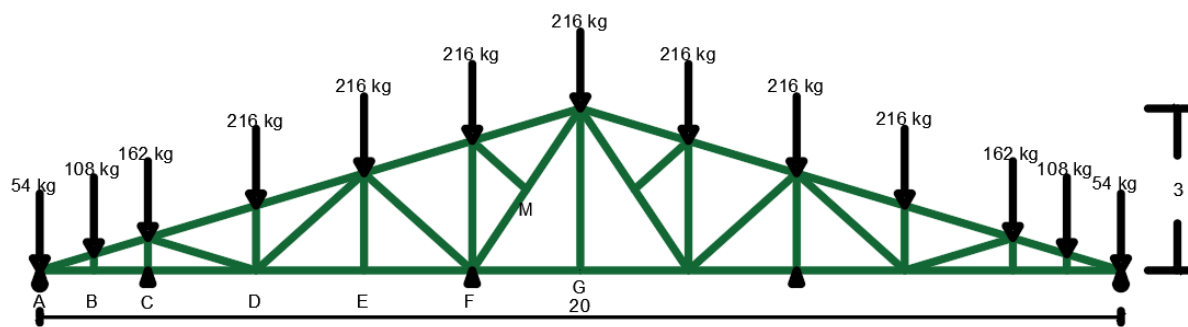


Figura 28. Cargas puntuales debido a la carga de nieve en las armaduras internas – Datos Históricos. Fuente: Elaboración Propia

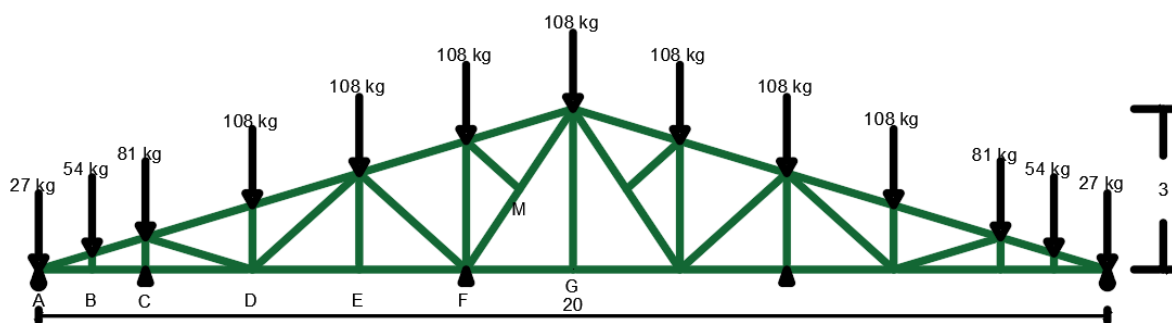


Figura 29. Cargas puntuales debido a la carga de nieve en las armaduras externas – Datos Históricos. Fuente: Elaboración Propia

#### 4.8.3 Sobre carga de nieve con muestra de nieve

De la misma forma, en la cual se trabajó previamente con los datos calculados con datos históricos se tomará la carga calculada por la muestra tomada en la nevada del 13 de agosto del 2023, lo cual se indica en la Tabla 12, siendo el valor de la carga básica de la nieve:

$$Q_s = 67.38 \text{ kgf/m}^2$$

Aplicando la **Ecuación 5**:

$$Q_t = 0.80 \times \left(67.38 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}\right)$$

$$Q_t = 53.90 \text{ kgf/m}^2$$

Siendo el valor de la carga de nieve para cada elemento de:

Tabla 20. *Carga de Nieve en las Armaduras Internas – Muestra de Nieve*

<b>Eje</b>	<b>Ancho Tributario</b>	<b>Qt (kgf/m)</b>	<b>Anch. Trib. X Qt (kgf/m)</b>	<b>Luz Libre (m)</b>	<b>Carga Puntual (kg)</b>
<b>A</b>	0.50 m	53.90	26.95	3.75	101.06
<b>B</b>	1.00 m	53.90	53.90	3.75	202.13
<b>C</b>	1.50 m	53.90	80.85	3.75	303.19
<b>D</b>	2.00 m	53.90	107.80	3.75	404.25
<b>E</b>	2.00 m	53.90	107.80	3.75	404.25
<b>F</b>	2.00 m	53.90	107.80	3.75	404.25

*Fuente:* Elaboración Propia

Tabla 21. *Carga de Nieve en las Armaduras Externas – Muestra de Nieve*

<b>Eje</b>	<b>Ancho Tributario</b>	<b>Qt (kgf/m)</b>	<b>Anch. Trib. X Qt (kgf/m)</b>	<b>Luz Libre (m)</b>	<b>Carga Puntual (kg)</b>
<b>A</b>	0.50 m	53.90	26.95	1.875	50.53
<b>B</b>	1.00 m	53.90	53.90	1.875	101.06
<b>C</b>	1.50 m	53.90	80.85	1.875	151.59
<b>D</b>	2.00 m	53.90	107.80	1.875	202.13
<b>E</b>	2.00 m	53.90	107.80	1.875	202.13
<b>F</b>	2.00 m	53.90	107.80	1.875	202.13

*Fuente:* Elaboración Propia

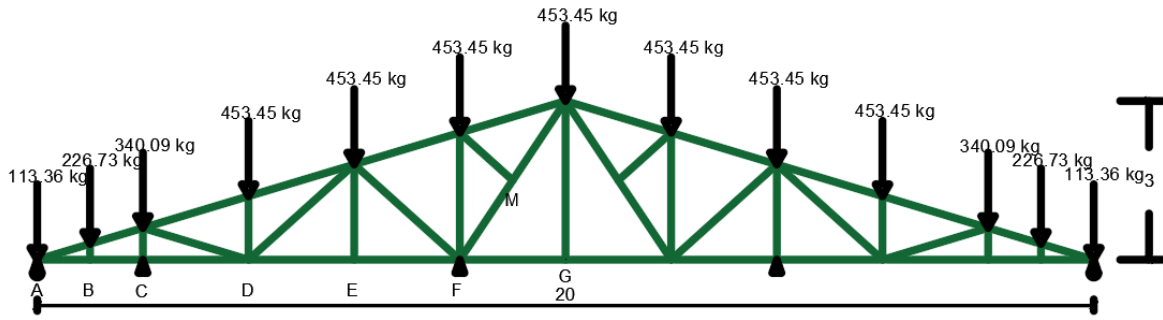


Figura 30. Cargas puntuales debido a la carga de nieve en las armaduras internas – Muestra de Nieve. Fuente: Elaboración Propia

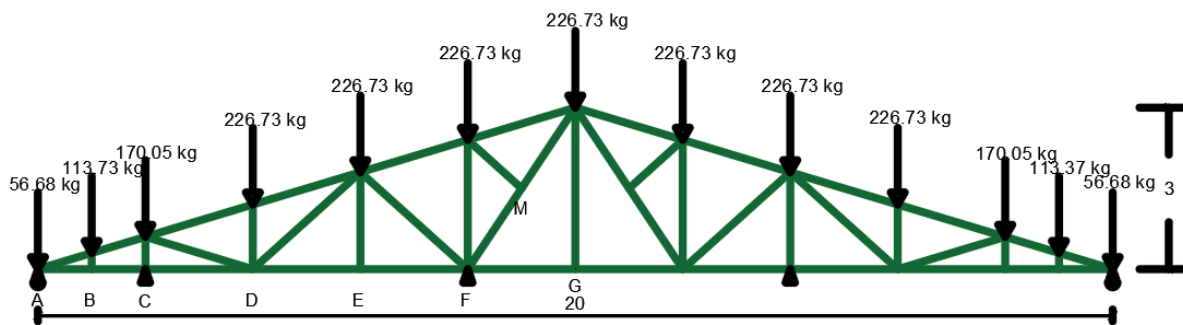


Figura 31. Cargas puntuales debido a la carga de nieve en las armaduras externas – Muestra de Nieve. Fuente: Elaboración Propia

#### 4.9 Presentación de Resultados

De los valores encontrados previamente, se puede identificar la gran diferencia que hay entre estos, que hace una comparativa entre estos y el valor dado por la norma, en las armaduras internas, será la siguiente:

Tabla 22. Presentación de resultados obtenidos del SAP 2000

Eje	Norma Peruana	Datos Históricos	Muestra de Nieve	Variación Norma Perú – Datos Históricos	Variación Norma Perú – Muestra de Nieve
A	60	87.11	101.06	1.452	1.684
B	120	174.23	202.13	1.452	1.684
C	180	261.34	303.19	1.452	1.684

<b>D</b>	240	348.45	404.25	1.452	1.684
<b>E</b>	240	348.45	404.25	1.452	1.684
<b>F</b>	240	348.45	404.25	1.452	1.684
<b>G</b>	240	348.45	404.25	1.452	1.684
<b>F'</b>	240	348.45	404.25	1.452	1.684
<b>E'</b>	240	348.45	404.25	1.452	1.684
<b>D'</b>	240	348.45	404.25	1.452	1.684
<b>C'</b>	180	261.34	303.19	1.452	1.684
<b>B'</b>	120	174.23	202.13	1.452	1.684
<b>A'</b>	60	87.11	101.06	1.452	1.684

Fuente: Elaboración Propia

Luego de aplicar las cargas a la armadura de análisis, se hace uso del software SAP 2000:

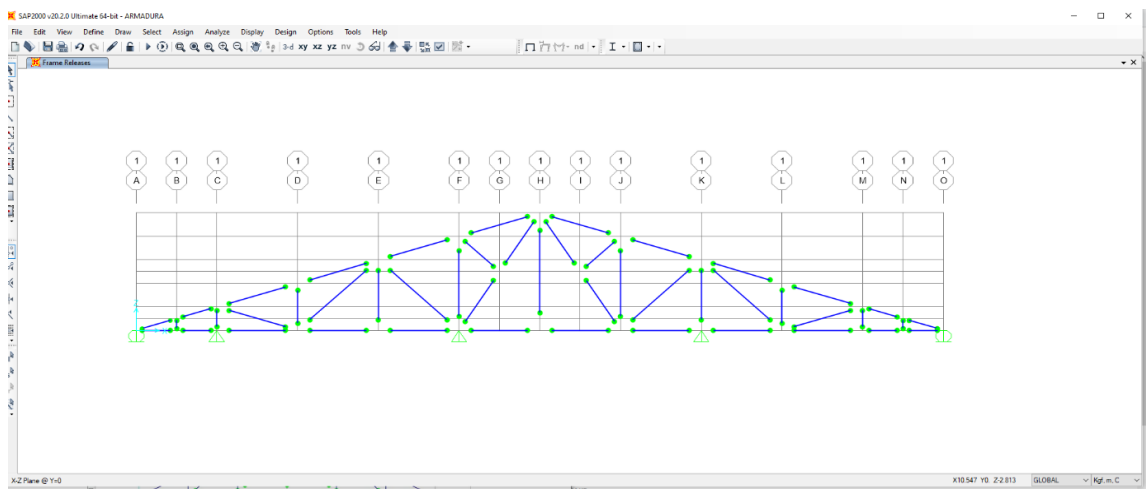


Figura 32. Modelamiento en SAP 2000 de armadura. Fuente: Elaboración Propia

Este modelamiento se realiza con el fin de obtener una mayor precisión y exactitud en el cálculo de las fuerzas a compresión y tracción de los elementos que componen la armadura, y las cargas puntuales a las que fueron sometidas, y resultaron los siguientes valores.

Tabla 23. Fuerzas internas en los elementos de las armaduras internas bajo las cargas de nieve

Elementos de la Armadura	Cálculo con la Norma Peruana		Cálculo con los Datos Históricos		Cálculo con la Muestra de Nieve	
	Reacción	Fuerza Interna (TN)	Reacción	Fuerza Interna (TN)	Reacción	Fuerza Interna (TN)
A – B	Compresión	250.781	Compresión	829.498	Compresión	1030.031
B – C	Compresión	598.331	Compresión	868.727	Compresión	1007.839
C – D	Tracción	163.396	Tracción	237.237	Tracción	275.227
D – E	Compresión	81.698	Compresión	118.619	Compresión	137.613
E – F	Compresión	81.698	Compresión	118.619	Compresión	137.613
F – G	Compresión	69.384	Compresión	100.739	Compresión	116.871
A – H	Compresión	128.360	Tracción	393.921	Tracción	82.319
B – H	-	0	-	0	-	0
H – I	Tracción	239.063	Compresión	660.148	Compresión	453.291
C – I	Tracción	60.818	Tracción	88.303	Tracción	102.443
D – I	Compresión	191.705	Compresión	278.340	Compresión	322.912
I – J	Compresión	208.360	Compresión	302.521	Compresión	350.965
D – J	Compresión	0.240	Compresión	0.348	Compresión	0.404
D – K	Tracción	82.704	Tracción	120.080	Tracción	139.308
J – K	Compresión	208.360	Compresión	302.521	Compresión	350.965
E – K	-	0	-	0	-	0
F – K	Compresión	41.621	Compresión	60.430	Compresión	70.107
K – L	Compresión	111.881	Compresión	162.442	Compresión	188.454
F – L	Compresión	0.240	Compresión	0.348	Compresión	0.404
F – M	Compresión	29.776	Compresión	43.232	Compresión	50.155
M – N	Compresión	29.776	Compresión	43.232	Compresión	50.155
L – M	-	0	-	0	-	0

L – N	Compresión	111.881	Compresión	162.442	Compresión	188.454
G – N	-	0	-	0	-	0
A' – B'	Compresión	138.158	Compresión	517.397	Compresión	587.747
B' – C'	Compresión	539.753	Compresión	783.676	Compresión	909.169
C' – D'	Compresión	539.753	Compresión	783.676	Compresión	909.169
D' – E'	Compresión	649.695	Compresión	943.302	Compresión	1094.356
E' – F'	Tracción	138.767	Tracción	201.478	Tracción	233.742
F' – G	Compresión	69.384	Compresión	100.739	Compresión	116.871
A' – H'	Tracción	123.479	Tracción	192.079	Tracción	1209.202
B' – H'	-	0	-	0	-	0
H' – I'	Compresión	85.510	Compresión	427.597	Compresión	1718.70
C' – I'	-	0	-	0	-	0
D' – I'	Compresión	85.878	Compresión	124.688	Compresión	144.654
I' – J'	Compresión	375.345	Compresión	544.970	Compresión	632.238
D' – J'	Compresión	0.240	Compresión	0.348	Compresión	0.404
D' – K'	Tracción	37.246	Tracción	54.079	Tracción	62.739
J' – K'	Compresión	375.345	Compresión	544.970	Compresión	632.238
E' – K'	Tracción	139.142	Tracción	202.022	Tracción	234.373
F' – K'	Compresión	174.889	Compresión	253.925	Compresión	294.586
K' – L'	Compresión	210.723	Compresión	305.952	Compresión	354.944
F' – L'	Compresión	0.240	Compresión	0.348	Compresión	0.404
F' – M'	Tracción	140.899	Tracción	204.573	Tracción	237.332
M' – N	Tracción	140.899	Tracción	204.573	Tracción	237.332
L' – M'	-	0	-	0	-	0
L' – N	Compresión	210.723	Compresión	305.952	Compresión	354.945

*Fuente: Elaboración Propia*

Con los datos encontrados se realiza el análisis en la armadura, la cual para efectos prácticos y tener más claro la interpretación de los resultados se va a descomponer en tres secciones:



Figura 33. Vista real de la armadura de la cobertura del Mercado Virgen de Fátima. Fuente: Elaboración Propia

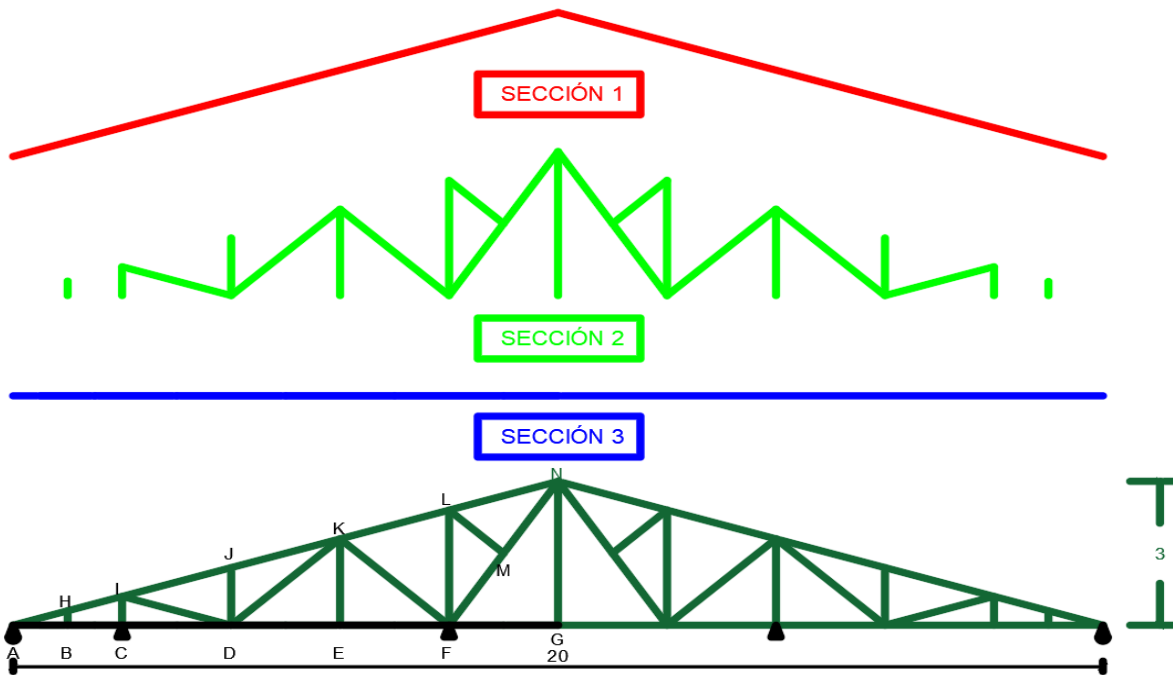


Figura 34. Secciones de análisis de la armadura de estudio. Fuente: Elaboración Propia

En la Sección 1, serán los elementos compuestos que componen la parte superior de la armadura, en la cual se han generado las siguientes reacciones en sus elementos:

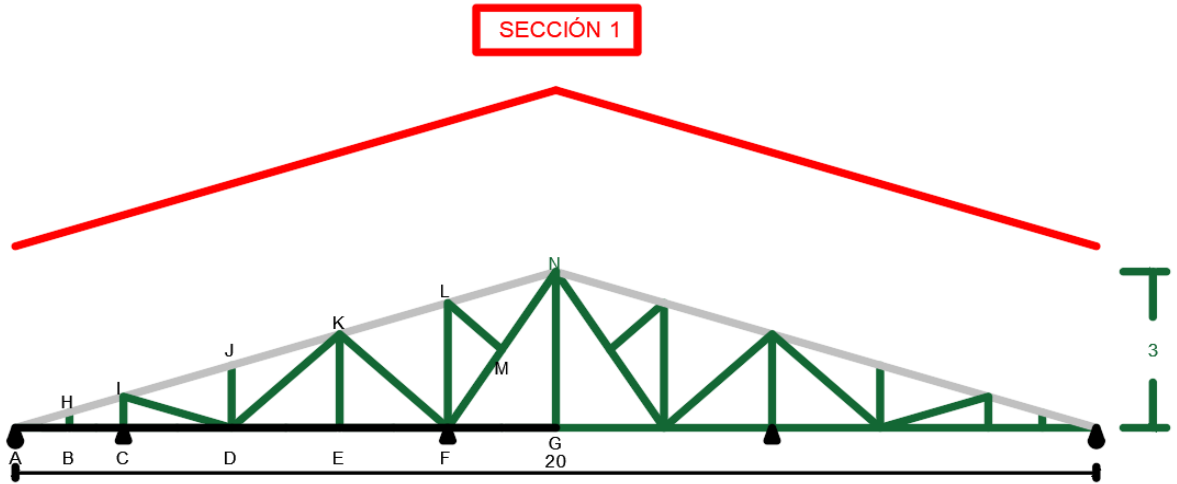


Figura 35. Sección 1 de análisis bajo cargas de nieve. Fuente: Elaboración Propia

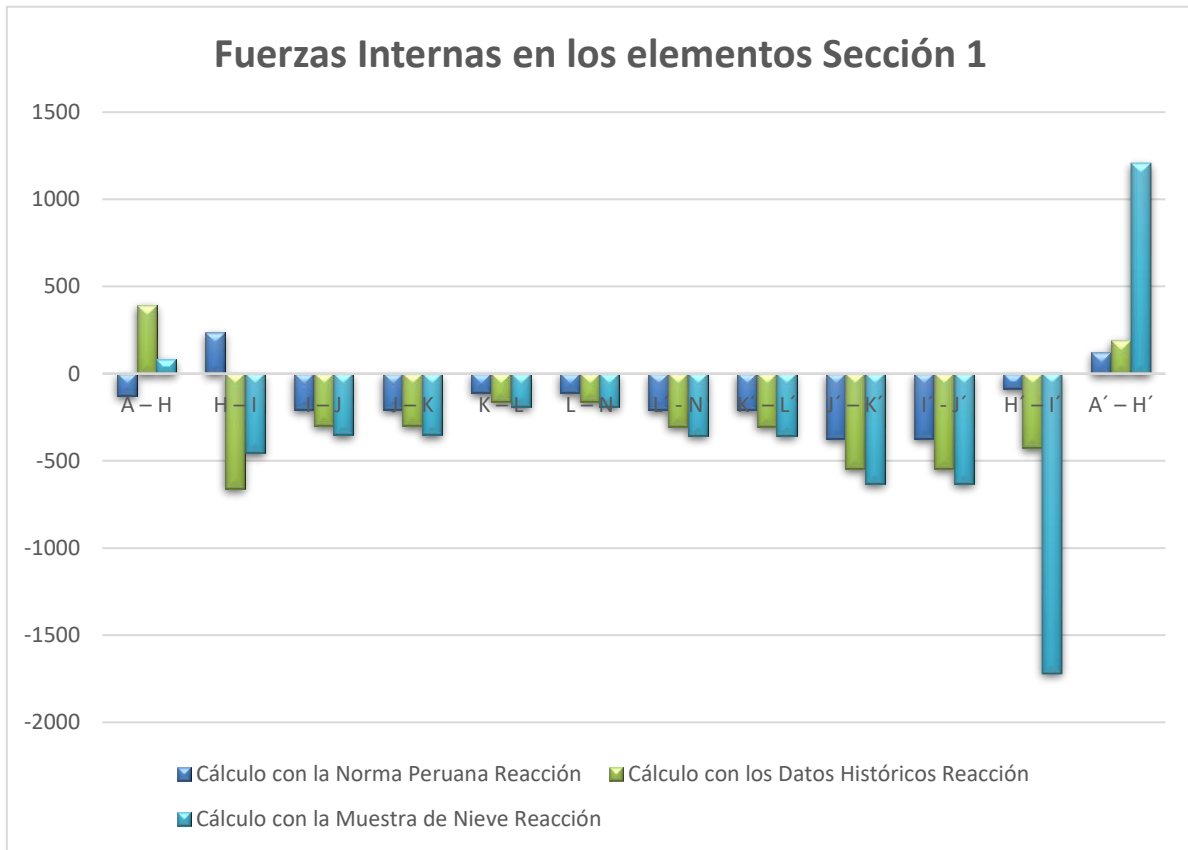


Figura 36. Fuerzas internas en los elementos de la Sección 1 de la armadura. Fuente: Elaboración Propia

La Sección 2, compuesta por los elementos internos de la armadura, tiene los siguientes valores calculados con la carga de nieve dada en los tres casos de diferentes por los cuales se evalúa dicho valor:

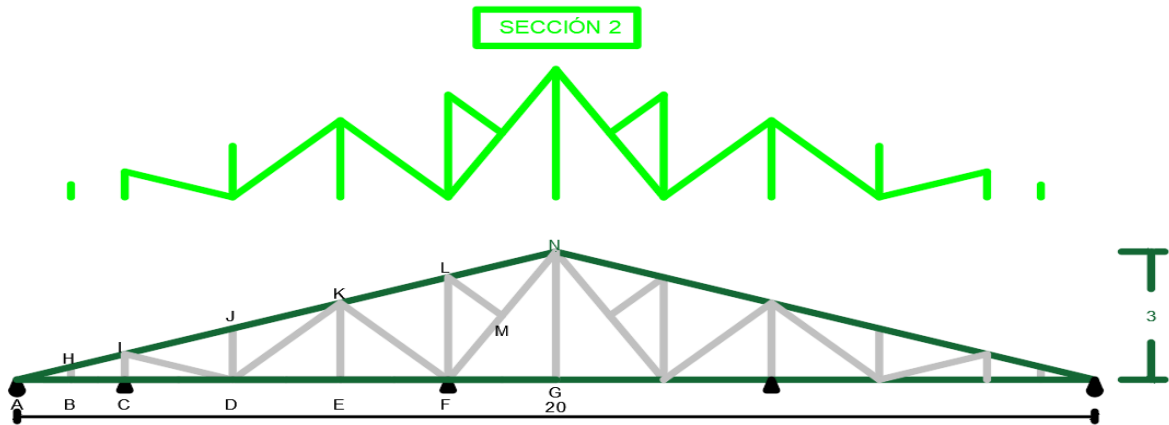


Figura 37. Sección 2 de análisis bajo cargas de nieve. Fuente: Elaboración Propia

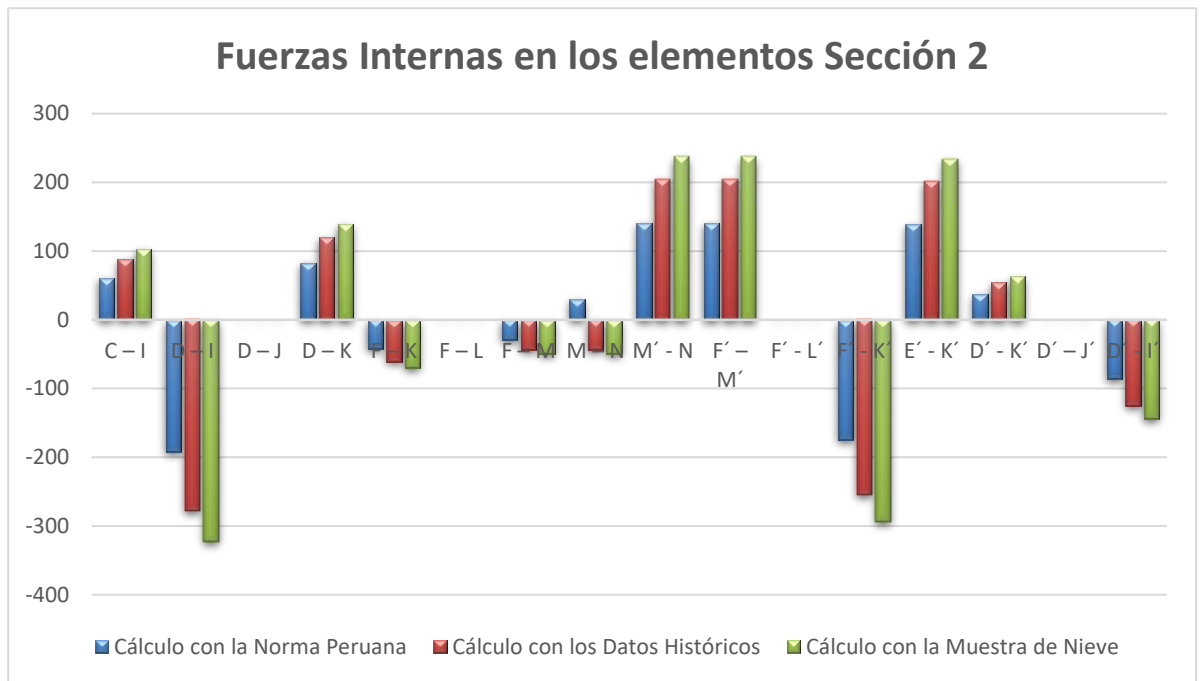


Figura 38. Fuerzas internas en los elementos de la Sección 2 de la armadura. Fuente: Elaboración Propia

Los elementos inferiores de la armadura componen la Sección 3, las cuales tuvieron los siguientes valores:

### SECCIÓN 3

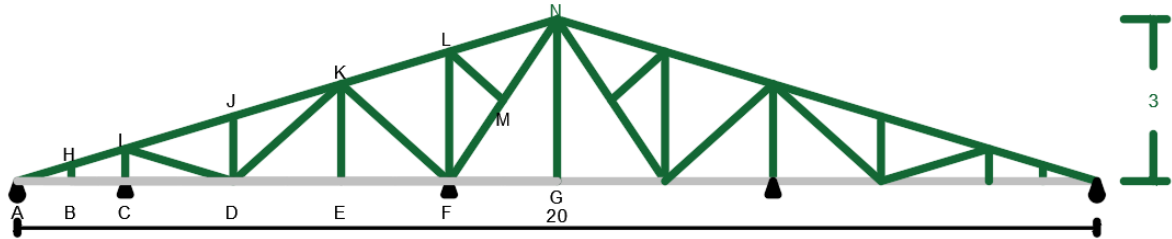


Figura 39. Sección 3 de análisis bajo cargas de nieve. Fuente: Elaboración Propia

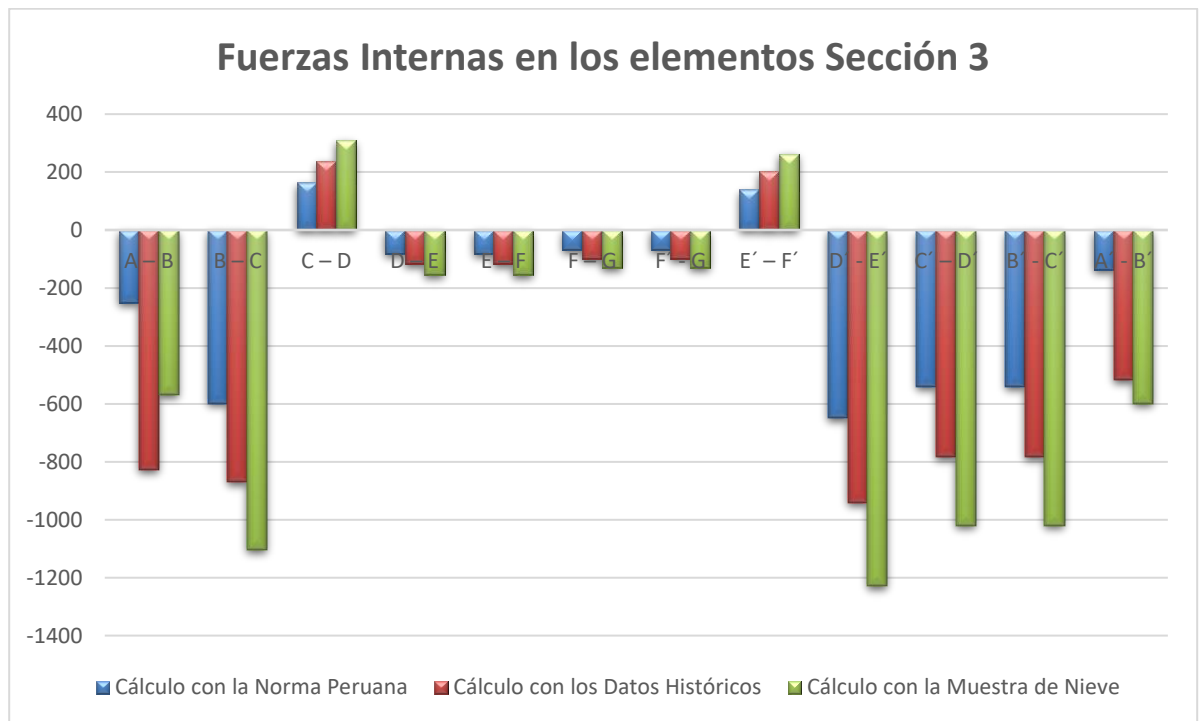


Figura 40. Fuerzas internas en los elementos de la Sección 3 de la armadura. Fuente: Elaboración Propia

#### 4.10 Discusión de Resultados

En la Norma E. 020 “Cargas”, como ya se ha mencionado, se estipula la forma en la cual se va a determinar la sobrecarga de nieve y aplicando dicha metodología con los valores brindados por el reglamento se observa cual es el comportamiento de la armadura en este tipo de eventos, tal como se muestra en la Figura 41:

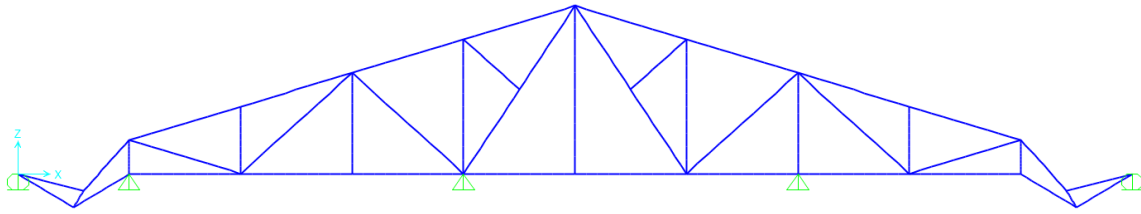


Figura 41. Comportamiento de la armadura bajo cargas de nieve - SAP 2000. Fuente: Elaboración Propia

Es evidente que la armadura tiende a experimentar fallos en sus extremos, lo que lleva a la deformación de los elementos que constituyen esta parte de la estructura. Al aplicar los parámetros establecidos por la Norma Peruana en los cálculos, se obtienen los valores detallados en la Tabla 23, los cuales deben ser considerados conforme al reglamento para el diseño de estas estructuras. Sin embargo, al comparar dichos resultados con los obtenidos a partir de datos históricos y de la nevada ocurrida el 13 de agosto de 2023, se evidencia una discrepancia significativa entre ellos. Para comprender mejor esta discrepancia, se examinan los puntos más críticos en cada sección de la armadura.

#### 4.10.1 Calculo de la influencia de la carga de nieve

La hipótesis general del presente trabajo de investigación menciona: “La influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023 es 2 veces mayor de lo considerado por la Norma”, para poder determinar la validez de esta, se realizó el cálculo de las fuerzas internas que se generan en la armadura que compone la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima bajo tres cargas de nieve distintas. La carga de nieve que indica el Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma E. 020 “Cargas” en el artículo 11; La determinada por datos históricos mediante la multiplicación de la densidad de la nieve con la altura de la misma, según los registros históricos del lugar; Y la carga de nieve generada del análisis de una muestra real tomada durante una tormenta en la zona de estudio. Usando lo mencionado por Mata et al. (2006), la razón “Es la comparación, a través de una división, de dos grupos de individuos con atributos de diferente naturaleza. Es la forma más simple de mostrar desigualdades entre grupos”, por ello y haciendo uso de esta herramienta estadística para determinar la diferencia entre dos grupos se calculará la razón que existe entre las fuerzas internas que se generan por la carga de nieve según la norma peruana y los datos históricos,

así mismo, la razón entre las fuerzas por la norma técnica peruana con la carga generada por la muestra real de nieve y así se podrá determinar en cuanto es la influencia de la carga de nieve en esta estructura (los datos presentados fueron verificados por un ingeniero civil perito en señal de conformidad, visualizar Anexo 5):

Tabla 24. *Fuerzas internas en los elementos más críticos de la Sección 1*

Elementos de la Armadura	Cálculo con la Norma Peruana Fuerza Interna (TN) A	Cálculo con los Datos Históricos Fuerza Interna (TN) B	Cálculo con la Muestra de Nieve Fuerza Interna (TN) C	Razón entre Norma Perú – Datos Históricos B/A	Razón entre Norma Perú – Muestra de Nieve C/A
A – H	-128.36	393.921	82.319	-3.069	-0.641
H – I	239.063	-660.148	-453.291	-2.761	-1.896
I – J	-208.36	-302.521	-350.965	1.452	1.684
J – K	-208.36	-302.521	-350.965	1.452	1.684
K – L	-111.881	-162.442	-188.454	1.452	1.684
L – N	-111.881	-162.442	-188.454	1.452	1.684
L' - N	-210.723	-305.952	-354.945	1.452	1.684
K' - L'	-210.723	-305.952	-354.944	1.452	1.684
J' - K'	-375.345	-544.97	-632.238	1.452	1.684
I' - J'	-375.345	-544.97	-632.238	1.452	1.684
H' - I'	-85.51	-427.597	-1718.7	5.001	20.099
A' - H'	123.479	192.079	1209.202	1.556	9.793
A – B	-250.781	-829.498	-567.729	3.308	2.264
B – C	-598.331	-868.727	-1103.495	1.452	1.844
C – D	163.396	237.237	308.718	1.452	1.889
D – E	-81.698	-118.619	-154.359	1.452	1.889
E – F	-81.698	-118.619	-154.359	1.452	1.889
F – G	-69.384	-100.739	-131.089	1.452	1.889
F' - G	-69.384	-100.739	-131.089	1.452	1.889
E' - F'	138.767	201.478	262.179	1.452	1.889
D' - E'	-649.695	-943.302	-1227.556	1.452	1.889
C' - D'	-539.753	-783.676	-1019.83	1.452	1.889
B' - C'	-539.753	-783.397	-1019.83	1.451	1.889
A' - B'	-138.158	-517.397	-599.007	3.745	4.336
C – I	60.818	88.303	102.443	1.452	1.684
D – I	-191.705	-278.34	-322.912	1.452	1.684
D – J	-0.24	-0.348	-0.404	1.450	1.683

<b>D – K</b>	82.704	120.08	139.308	1.452	1.684
<b>F – K</b>	-41.621	-60.43	-70.107	1.452	1.684
<b>F – L</b>	-0.24	-0.348	-0.404	1.450	1.683
<b>F – M</b>	-29.776	-43.232	-50.155	1.452	1.684
<b>M – N</b>	29.776	-43.232	-50.155	-1.452	-1.684
<b>M' - N</b>	140.899	204.573	237.332	1.452	1.684
<b>F' – M'</b>	140.899	204.573	237.332	1.452	1.684
<b>F' - L'</b>	-0.24	-0.348	-0.404	1.450	1.683
<b>F' - K'</b>	-174.889	-253.925	-294.586	1.452	1.684
<b>E' - K'</b>	139.142	202.022	234.373	1.452	1.684
<b>D' - K'</b>	37.246	54.079	62.739	1.452	1.684
<b>D' – J'</b>	-0.24	-0.348	-0.404	1.450	1.683
<b>D' - I'</b>	-85.878	-124.688	-144.654	1.452	1.684

*Fuente:* Elaboración Propia

Promediando el valor de la razón se obtuvo que de la relación entre la fuerza que genera la carga de nieve según la Norma E. 020 “Cargas” y la carga de nieve obtenida de los datos históricos de la región de Pasco, la influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023 es 1.356 veces mayor de lo considerado por la norma. Mientras que la razón determinada entre la norma peruana y la muestra de nieve tomada durante una tormenta de nieve se obtuvo que, la influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023 es 2.246 veces mayor de lo considerado por la norma. De ello, podemos indicar que en ambos casos la norma considera valores menores de lo que se deberían considerar en una zona donde la carga de nieve tiene gran influencia en el análisis estructural de techos y coberturas, que suelen ceder ante tormentas de nieve que se presentan en la región, en merito a ello y al análisis anteriormente realizado se otorga la validez a la hipótesis general planteada, pues si bien la influencia de la carga de nieve no será exactamente 2 veces mayor que la considerada por la norma, si será mayor a la que brinda la norma para el diseño de este tipo de estructuras. Además, menciona Sadovsky et al. (2013) “La carga de nieve tiene un patrón de ocurrencia estacional de nevadas”, lo que demuestra que si bien existirán ocasiones donde la carga de nieve pueda incrementarse o disminuirse, el valor de la misma, generalmente, será constante según las condiciones en las que se presenta, lo cual respalda el resultado obtenido.

#### 4.10.2 Efecto de la influencia de la carga de nieve

De los gráficos de resultados presentados anteriormente, en la Figura 36 se observa que el punto más crítico o donde se generara una mayor fuerza en el elemento de la armadura en la sección 1 (Figura 35), difiere en cada caso de acuerdo con la carga de nieve con la que se va a calcular las fuerzas internas, pues mientras que la carga de nieve dada por la norma peruana genera una mayor fuerza en los elementos I' - J' y J' - K' teniendo que soportar una fuerza de compresión de -375.345 toneladas:

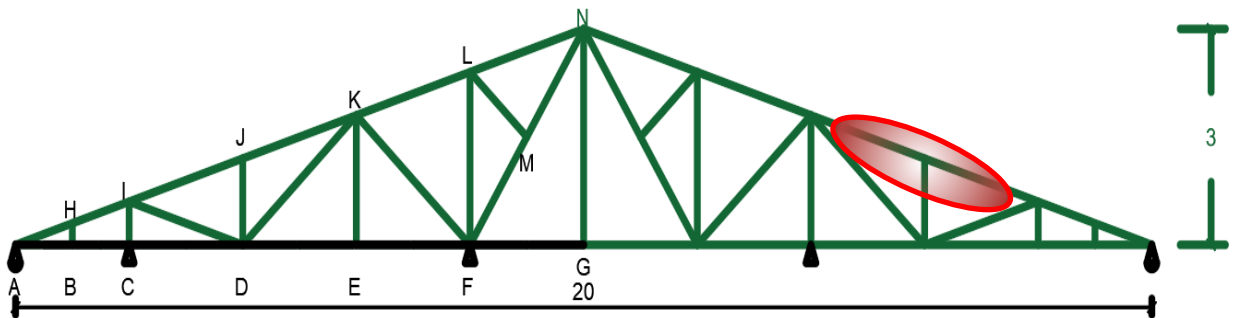


Figura 42. Zona de mayor influencia de la carga de nieve según la norma - Sección 1. Fuente: Elaboración Propia

Mientras que la mayor fuerza generada por la carga de nieve determinada con datos históricos se presentara en el elemento H - I, se ocasiona una fuerza a la compresión de 660.148 toneladas:

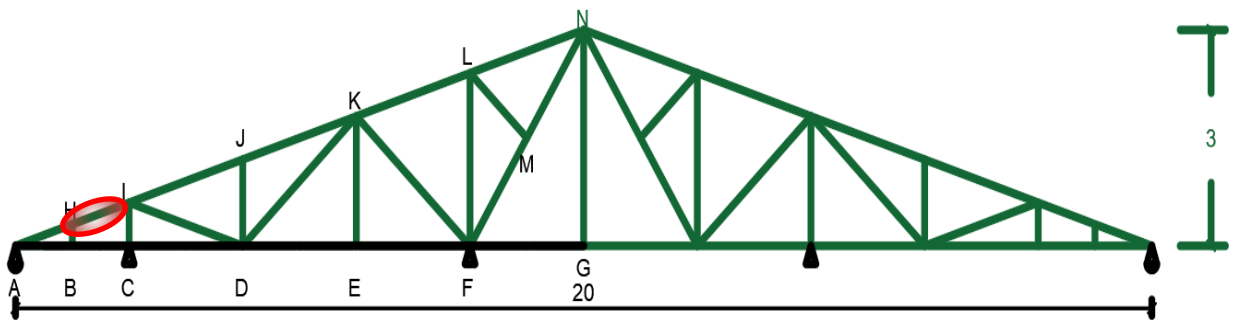


Figura 43. Zona de mayor influencia de la carga de nieve según datos históricos - Sección 1. Fuente: Elaboración Propia

A su vez, según la muestra real de nieve tomada en la región, simulando una tormenta donde la nieve alcanzaría una altura de 13.515 cm, la mayor fuerza interna en los elementos que componen la armadura en la Sección 1 se presentara en el elemento H' - I', que llega a soportar una fuerza a la compresión de 1718.70 toneladas:

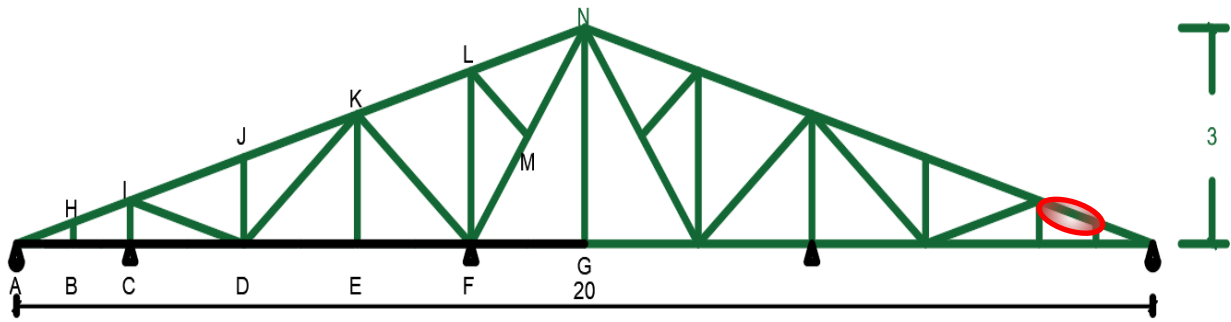


Figura 44. Zona de mayor influencia de la carga de nieve según muestra real de nieve - Sección 1. Fuente: Elaboración Propia

Esta diferencia entre los elementos críticos donde se genera mayor fuerza se debe a la distribución de los apoyos de la armadura y su comportamiento varía debido a la carga que se genera por el peso de la nieve a cierta altura, que, a su vez, difiere de acuerdo con la densidad de la misma.

En la sección 2 (Figura 37) de la armadura el elemento crítico, bajo la carga de nieve estipulada por el reglamento nacional de edificaciones, es según la Figura 38, el elemento D – I, que soporta una fuerza a la compresión de 191.705 toneladas; A la vez, la fuerza interna de mayor influencia que se genera con la carga de nieve determinada con datos históricos es el mismo elemento D – I, que soporta una fuerza de compresión de 278.340 toneladas; en el análisis de las fuerzas internas dadas por la carga de nieve según la muestra real de nieve, se determina que el elemento que donde está la mayor fuerza es el mismo D – I, con un valor de 322.912 toneladas. En merito a ello, podemos afirmar que de los elementos internos de la armadura la mayor fuerza interna se generara en el mismo elemento indiferentemente el valor de la fuerza ejercida sobre la misma.

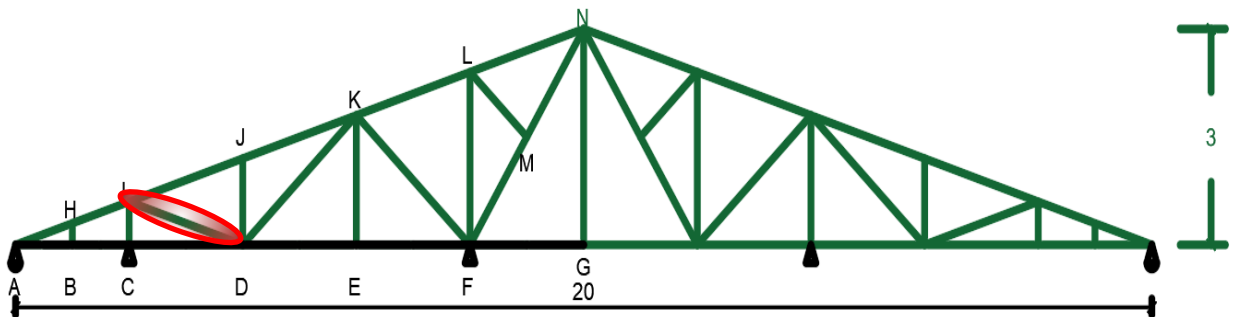


Figura 45. Zona de mayor influencia de la carga de nieve - Sección 2. Fuente: Elaboración Propia

La sección 3 (Figura 39) de la armadura, se repetirá el comportamiento observado en la sección 2, pues indiferentemente el valor de la fuerza ejercida en la armadura debido a la carga de nieve presentado en la Figura 40, el elemento crítico donde se generara la mayor fuerza interna será la misma, en este caso el elemento D´- E´, el valor que asumirá dicho elemento cuando la carga de nieve es la considerada por la norma peruana será de 649.695 toneladas, mientras que la generada por la carga de nieve según datos históricos será de 943.302 toneladas, a su vez, la fuerza interna que provoca la carga de nieve de la muestra de nieve tomada será de 1227.556 toneladas, en todos los casos, que es una fuerza a la compresión.

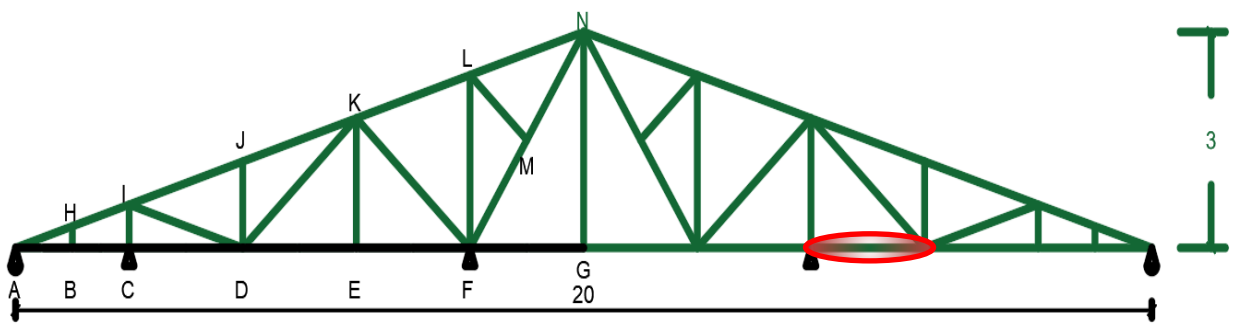


Figura 46. Zona de mayor influencia de la carga de nieve - Sección 3. Fuente: Elaboración Propia

Sin embargo, se debe entender que este tipo de estructuras funcionan en conjunto como una sola, por ello, y considerando únicamente los máximos valores para las fuerzas internas generados en los elementos de la armadura por las distintas cargas de nieve, ocasionará que los elementos donde se genera una mayor fuerza sean:

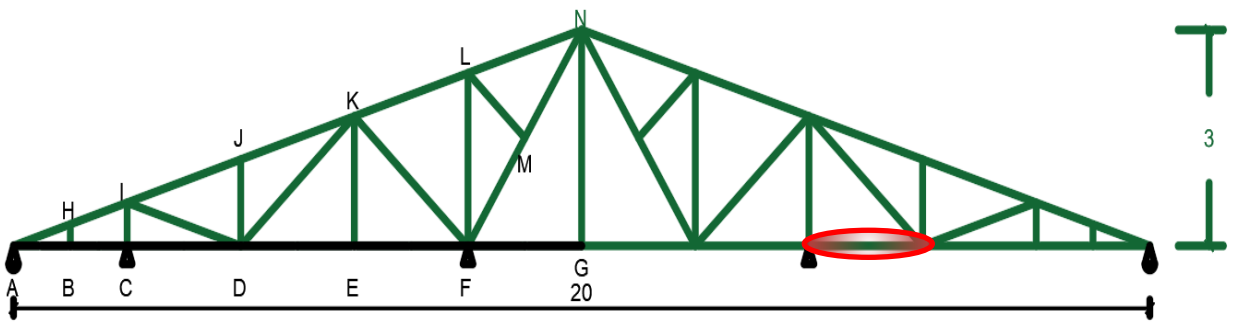


Figura 47. Zona de mayor influencia de la carga de nieve según la norma. Fuente: Elaboración Propia

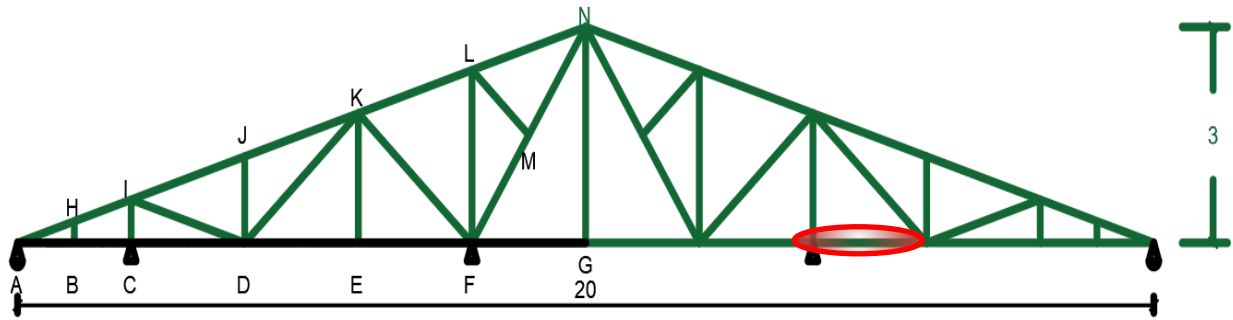


Figura 48. Zona de mayor influencia de la carga de nieve según datos históricos. Fuente: Elaboración Propia

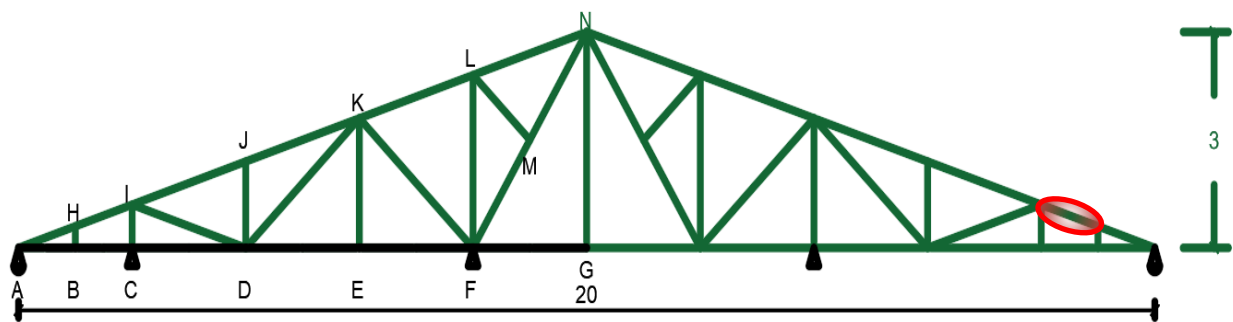


Figura 49. Zona de mayor influencia de la carga de nieve según muestra real de nieve. Fuente: Elaboración Propia

Como se puede visualizar en la Figura 47 y la Figura 48, el elemento donde se generará la mayor fuerza interna a la compresión será el mismo; sin embargo, cuando se usa la carga de nieve producida por la muestra real de nieve, Figura 49, ocasionará que el elemento cambie, y que es el que mayor fuerza soporte el ubicado en una zona más externa de la armadura. Esto se debe como ya se ha mencionado a la distribución de los apoyos, pero, también, del valor de la fuerza que se ejerza en la estructura, pues se debe recordar que la diferencia entre la norma peruana y la muestra de nieve real es de 2.246 veces su valor, debido a ello se puede afirmar que el elemento más crítico de la armadura será diferente solo cuando la diferencia de la fuerza que se ejerza sobre la estructura sea significativamente alta.

En la hipótesis específica de la presente investigación, se menciona que “La influencia de la carga de nieve ocasionara que el elemento crítico de la armadura en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023 sea diferente al determinado por la norma”, que considera el análisis descrito anteriormente. Se otorga la validez a la hipótesis planteada, pues los elementos de la armadura se comportarán de forma distintas en relación al valor de la fuerza que se ejerza sobre esta,

lo que ocasionará que el elemento donde se genere mayor fuerza sea diferente y dependa de la carga.

#### 4.10.3 Grado de vulnerabilidad que genera la carga de nieve

Para poder obtener el grado de vulnerabilidad que se va a generar debido a la carga de nieve, se usara el método del índice de vulnerabilidad que según Orderique (2019): El método de índices de vulnerabilidad se considera subjetivo porque implica una evaluación subjetiva de los edificios basada en cálculos simplificados de estructuras, con el objetivo de identificar los parámetros más significativos que determinan al daño estructural. La evaluación de los edificios se realiza utilizando un coeficiente conocido como índice de vulnerabilidad, que está directamente relacionado con la vulnerabilidad o el nivel de daño de la estructura a través de funciones específicas de vulnerabilidad. Por ello, para poder identificar el índice de vulnerabilidad, se determinará usando la ecuación propuesta por Orderique (2019):

***Ecuación 7 Índice de vulnerabilidad***

$$IV = \sum_{i=1}^3 K_i x W_i$$

Donde Ki se determina según la siguiente tabla propuesta por Orderique (2019):

Tabla 25. Valor de Ki para el cálculo del índice de vulnerabilidad

PARÁMETROS	CLASE Ki			
	A	B	C	D
1. Tipo y organización del sistema resistente	0	5	20	45
2. Calidad del Sistema Resistente	0	5	25	45
3. Resistencia Convencional	0	5	25	45
4. Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45
5. Diafragma Horizontales	0	5	15	45
6. Configuración en planta	0	5	25	45
7. Configuración en elevación	0	5	25	45
8. Distancia máxima entre los muros o columnas	0	5	25	45
9. Tipo de Cubierta	0	15	25	45
10. Elementos no Estructurales.	0	0	25	45
11. Estado de Conservación.	0	5	25	45

Fuente: Carlos Orderique (2019)

En este caso, se evaluará el parámetro 9 Tipo de cubierta, en donde la clase se definirá según lo siguiente:

- A) Edificación con el tipo de cubierta plana donde la misma tiene conexiones adecuadas debidamente amarrados a los muros, hecho de material liviano
- B) Cubierta en buenas condiciones, pero inestable de material liviano
- C) Cubierta en malas condiciones e inestable de material liviano.
- D) Cubierta en malas condiciones inestable y con desnivel

Para poder definir el tipo de cubierta según estos parámetros, en evaluación del caso de estudio, según los conceptos y el tipo de cobertura, se considerada entre el tipo B y C, según la carga de nieve que se ejerce, son las fuerzas que se generan en la armadura de tipo B para la carga de nieve según los datos históricos y la muestra real de nieve, mientras que la generada por la norma peruana se encuentra en el tipo C.

A su vez, el valor de  $W_i$  será definido por la razón promedio que existe entre los elementos de la armadura sometida a las distintas cargas de nieve respecto a la norma:

Tabla 26. Valor de  $W_i$  para el cálculo del índice de vulnerabilidad

CARGA DE NIEVE	$W_i$
Según la Norma E. 020	1.000
Según Datos Históricos	1.356
Según Muestra de Nieve Real	2.246

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo el tipo de cubierta definido y sabiendo cual será el valor de  $K_i$  y  $W_i$ , se puede determinar el índice de vulnerabilidad mediante la Ecuación 7:

Tabla 27. Índice de vulnerabilidad

CARGA DE NIEVE	$W_i$	$K_i$	IV
Según la Norma E. 020	1.000	25.00	25.00
Según Datos Históricos	1.356	15.00	20.34
Según Muestra de Nieve Real	2.246	15.00	33.69
<b>Índice de Vulnerabilidad de la cobertura</b>			<b>79.03</b>

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo el valor determinado del índice de vulnerabilidad para la cobertura, para poder establecer el grado de vulnerabilidad que este representa, se tiene los siguientes rangos de valores del índice de vulnerabilidad:

Tabla 28. Rangos del índice de vulnerabilidad

<b>VULNERABILIDAD</b>	<b>RANGO</b>
Vulnerabilidad baja	0 - 95.63
Vulnerabilidad intermedia	95.63 - 191.30
Vulnerabilidad alta	191.30 - 286.30
Vulnerabilidad muy alta	286.30 - 382.50

*Fuente:* Carlos Orderique (2019)

En la hipótesis específica del presente trabajo de investigación, se menciona que “El grado de vulnerabilidad que genera la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023 es alta”; sin embargo, luego del análisis realizado se finaliza indicando que la hipótesis específica planteada no es válida, pues según lo calculado con el índice de vulnerabilidad, se ha determinado que la carga de nieve genera una vulnerabilidad baja.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- Después de analizar la influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima en el distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco durante el año 2023, se llega a la conclusión de que la carga de nieve es significativamente mayor, que es 2.246 veces superior a la estipulada por la normativa vigente. Este hallazgo surge tras examinar la relación entre la carga real de nieve y la establecida por la normativa peruana, que evidencia que la fuerza interna generada en los elementos estructurales estudiados es, en promedio, 2.246 veces mayor. Además, al comparar la carga de nieve determinada con datos históricos de la zona de estudio con la especificada por la normativa, se observa una diferencia de 1.356 veces, y subraya la discrepancia entre la realidad climática de Pasco y las normas de diseño vigentes. Estos resultados enfatizan la importancia de revisar y ajustar las regulaciones para adecuarlas a las condiciones climáticas reales, especialmente en zonas como Pasco, donde la carga de nieve ejerce una influencia significativa en este tipo de estructuras.
- Basándonos en el análisis del caso de estudio, podemos concluir que el elemento crítico en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima en el distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco durante el año 2023, variará en función de la influencia de la carga de nieve. Esta variación se produce únicamente cuando la fuerza ejercida sobre la armadura alcanza un valor significativamente alto. Ello se debe a que la fuerza generada por la carga de nieve, según la muestra real de nieve, provoca un cambio en el elemento crítico en comparación con el determinado por la normativa peruana; por otro lado, la carga de nieve calculada con datos históricos mantiene el mismo elemento crítico que se presenta en el análisis conforme a lo estipulado en el reglamento. Esto resalta la importancia de considerar tanto la normativa vigente como

las condiciones climáticas reales al evaluar la estabilidad de estructuras sujetas a cargas de nieve, con el objetivo de garantizar su seguridad y funcionalidad óptimas.

- Tras analizar exhaustivamente la influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima en el distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco durante el año 2023, se llega a la conclusión de que el grado de vulnerabilidad asociado es generalmente bajo. Este resultado se fundamenta en la aplicación del método del índice de vulnerabilidad, el cual indica que la influencia de la carga de nieve se sitúa dentro de los rangos de vulnerabilidad baja. Esta conclusión implica que, en condiciones normales, la carga de nieve no tendría un impacto significativo en las estructuras del tipo analizado en el caso de estudio. Sin embargo, es importante destacar que la vulnerabilidad puede aumentar en situaciones excepcionales, como tormentas de gran magnitud en la región, o en áreas donde la carga de nieve es más elevada que la que se registra típicamente en Pasco. Por lo tanto, si bien el riesgo general es bajo, es fundamental mantener una vigilancia constante y estar preparados para enfrentar eventualidades climáticas extremas que puedan incrementar la vulnerabilidad de las estructuras ante la carga de nieve.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Considerando lo anteriormente mencionado, podemos indicar que la Norma E. 020 “Cargas” en el caso de la carga de Nieve, ha tomado valores generales y promedio en este tipo de eventos, lo cual se demuestra con el cálculo realizado con datos históricos recopilados en la Región, y ocasiona que lo que se usa actualmente para el diseño de coberturas o naves industriales sea insuficiente ante nevadas intensas, pues ya se han reportado colapsos y daños en estas estructuras durante tormentas de nieve que suelen durar de 6 a 9 horas, algo constante en la temporada de invierno en la Región, suponiendo un riesgo a los habitantes de estas estructuras. Por ello, se recomienda, actualizar la Norma E. 020 “Cargas”, en el Artículo 11 “Cargas de Nieve”, a fin de que esta pueda considerar parámetros específicos de la zona donde se plantea ejecutar coberturas, naves industriales, entre otros, que vayan a soportar cargas de nieve, a fin de garantizar la durabilidad y la seguridad de los habitantes de estas estructuras; complementando la recomendación se propone que la carga básica de nieve en el caso de la Región de Pasco sea de 80 kgf/m<sup>2</sup>, que representa al doble del valor presente en

la norma, para el diseño de estructuras por cargas de gravedad, esto en base a lo analizado en la presente investigación.

- A su vez, y complementando lo anteriormente mencionado, se recomienda zonificar los departamentos y regiones del País, que indican los lugares donde la nieve tiene mayor incidencia en el Perú, pues si bien es necesario ampliar el rango al cual se trabaja en el diseño de estructuras con la Norma Peruana, es de suma importancia identificar las zonas donde se debe de considerar a la carga de nieve como incidente en las distintas ciudades del Perú, a fin de no poner en riesgo a los habitantes de este tipo de estructuras y, a su vez, no generar daños materiales como los que se han venido reportando en la Región de Pasco, que consideran parámetros de cálculo específicos en las zonas como la densidad de la nieve, la tasa de acumulación y otros factores que puedan alterar el comportamiento de la misma como la temperatura, la humedad relativa, entre otros.
- Finalmente, se recomienda que las estaciones encargadas de recopilar los datos meteorológicos, amplie los datos tomados por sus estaciones, ya que, actualmente, es difícil acceder a información específica sobre la nieve en zonas como la cordillera de los andes en el país y considerando que en estos lugares la sobrecarga de nieve que se va a generar es muy incidente. Esta falta de información dificulta la investigación acerca de este tema, y que a la par ha generado el poco interés en este problema.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altunişik, A. C., Ateş, Ş., & Hüsem, M. (2016). Falla de pandeo lateral del techo de acero en voladizo de una tribuna debido a cargas de nieve. *Science Direct*, 72, 12.010.
- Ander-Egg, E. (1995). *Técnicas de Investigación Social*. Buenos Aires: LUMEN.
- Andina Noticias. (2012, 6 de octubre). Fuerte nevada afecta viviendas e infraestructura pública en región Pasco. Andina Agencia Peruana de Noticias. <https://andina.pe/agencia/noticia-fuerte-nevada-afecta-viviendas-e-infraestructura-publica-region-pasco-431159.aspx>
- Andina Noticias. (2022, 28 de diciembre). Pasco: lluvias y nevada causan daños en casas, locales públicos y genera corte de energía. Andina Agencia Peruana de Noticias. <https://andina.pe/agencia/noticia-pasco-lluvias-y-nevada-causan-danos-casas-locales-publicos-y-genera-corte-energia-923229.aspx#:~:text=El%20fen%C3%B3meno%20clim%C3%A1tico%20caus%C3%B3%20anegamientos,parte%20de%20Cerro%20de%20Pasco.>
- Bolívar, R. (2002). *Instrumentos de Investigación Educativa*. CIDEG.
- Bomshoms Calvelo, M., Quispe Gutiérrez, N., & Quispe Vega, K. (2018). SENAMHI. Recuperado de: <https://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/198/Estudio-de-la-frecuencia-de-nevadas-en-el-Peru.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Clima. (2023, 13 de agosto). CLIMA PERÚ. Recuperado de <https://www.clima.com/peru/pasco/cerro-de-pasco>
- Climate Data. (2022, mayo). Climate Data. Recuperado de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/pasco-1042/r/abril-4/#climate-table-month>
- Cohen, L., & Holliday, M. (1996). *Practical Statistics for Students*. London: s.n.
- Croce, P., et al. (2017). Cambio climático: impacto sobre las cargas de nieve en las estructuras. *Science Direct*, 150, 10.009.
- Croce, P., et al. (2018). La carga de nieve en Europa y el cambio climático. *Science Direct*, 20(3), 001.
- Croce, P., et al. (2019). Mapa europeo armonizado de la carga de nieve en el suelo: análisis y comparación de las disposiciones nacionales. *Science Direct*, 168, 102875.

- CTE. (2009). Carga de Nieve. España: SEGURIDAD ESTRUCTURAL - ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN.
- Diario Correo. (2017, 17 de noviembre). Techo gigante de campo deportivo colapsa producto de granizada. Diario Correo. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/edicion/pasco/techo-gigante-de-campo-deportivo-colapsa-producto-de-granizada-786868/>
- Díaz Sanjuán, L. (2011). La observación. México: UNAM.
- Graus, Gamboa, & Enrique, M. (2017). Estadística Aplicada a la Investigación Científica. Las Tunas: Redipe-Edacun.
- Instituto Nacional de Normalización (INN). (1997). Sobrecargas de Nieve. Norma Chilena Oficial. Chile.
- Maya, E. (2014). Métodos y Técnicas de Investigación. México: s.n.
- Mery, J. P. (2007). Alcances de la Normativa en Chile para la Determinación de la Sobrecarga de Nieve en Edificios y Estructuras. *Revista de la Construcción*, 6(2), 0717-7925.
- Morata, A., y otros. (2014). Sobrecarga de nieve máxima sobre una superficie horizontal: diferencias regionales en España. España: Universidad de Cantabria, 4, Vol. A.
- Navarro, C. A. (2010). Satisfacción laboral de los docentes del decanto de administración y contaduría de la UCLA con relación al clima organizacional. Universidad Centro Occidental "Lisandro Alvarado", Venezuela.
- O'Rourke, M. J. (1983). Cargas de nieve para techos para diseño estructural. ASCE, 109(7).
- Portillo, G. (2022, 24 de marzo). Densidad de la nieve. Meteorología en Red. Recuperado de <https://www.meteorologiaenred.com/densidad-de-la-niveve.html>
- Qiang, S., Zhou, X., & Gu, M. (2017). Investigación sobre la confiabilidad de las estructuras de techo de acero sometidas a cargas de nieve en sitios representativos en China. *Science Direct*, 150, 09.005.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). (2006). E. 020 CARGAS. Perú: REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES.
- Robledo Mérida, C. (2014). Técnicas y Procesos de Investigación. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Sadovský, Z. (2012). El nuevo anexo nacional eslovaco STN EN 1991-1-3 / NA1 Acciones generales. Cargas de nieve: 2012. *Science Direct*, 40(7), 116.

- Sadvský, Z., & Sýkora, M. (2013). Modelos de carga de nieve para la optimización probabilística de marcos de acero. *Science Direct*, 94(6), 004.
- Salaverry Llosa, J. A. (2006). Macro-Ecología de los Andes Peruanos. Lima: Institut français d'études andines, Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - CONCYTEC.
- SEGURIDAD ESTRUCTURAL - ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN (SE-EA). (2009). Carga de Nieve. España.
- SENAMHI. (2023, 31 de julio). SENAMHI - MEDIO AMBIENTE. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/servicios/?p=estaciones>
- Tamayo Tamayo, M. (2004). El Proceso de la Investigación Científica. México: Limusa.
- Weather Spark. (2023, julio). Weather Spark. Recuperado de <https://es.weatherspark.com/y/21357/Clima-promedio-en-Cerro-de-Pasco-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Wikipedia. (2023, 15 de octubre). Departamento de Pasco. Wikipedia. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Departamento\\_de\\_Pasco](https://es.wikipedia.org/wiki/Departamento_de_Pasco)

## Anexo 1: Matriz de Consistencia

Título: INFLUENCIA DE LA CARGA DE NIEVE EN LA COBERTURA A DOS AGUAS DEL MERCADO VIRGEN DE FÁTIMA DEL DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PASCO 2023

Autor: Martin Añasco, Jhoan Erick

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>CARGA DE NIEVE</b>	Norma Técnica	Carga Básica de nieve	Ficha de recolección de datos	Razón Intervalo
¿Cuánto es la influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023?	Calcular la influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023.	La influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023 es 2 veces mayor de lo considerado por la Norma.			Sobre carga de nieve		
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivo Especifico</b>	<b>Hipótesis Específicos</b>			Densidad de la nieve		
¿Cambiaría el elemento crítico según la influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y	Analizar el elemento crítico que produce la influencia de la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha,	La influencia de la carga de nieve ocasionara que el elemento crítico de la armadura en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023		Datos históricos	Días nevados		
				Temperatura			
				Humedad			
				Velocidad del viento			
			Muestra real	Densidad de la nieve			

<p>departamento de Pasco 2023?</p> <p>¿Cuál es el grado de vulnerabilidad que genera la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023?</p>	<p>provincia y departamento de Pasco 2023.</p> <p>Determinar el grado de vulnerabilidad que genera la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023.</p>	<p>sea diferente al determinado por la norma.</p> <p>El grado de vulnerabilidad que genera la carga de nieve en la cobertura a dos aguas del mercado Virgen de Fátima del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco 2023 es alta.</p>	<p><b>COBERTURA A DOS AGUAS DEL MERCADO VIRGEN DE FÁTIMA</b></p>	Tasa de acumulación de nieve	<p>Ficha de recolección de datos</p>	<p>Razón Intervalo</p>	
				Duración de tormenta			
				<p>Geometría de la estructura</p>			Armadura de la cobertura
							Distribución del ancho tributario
							Luz libre
				<p>Calculo Estructural</p>			Angulo de inclinación
							Carga de diseño
							Angulo de inclinación
				<p>Cálculo de la carga de nieve</p>			Carga Puntual
							Fuerzas internas en los elementos
Diferencia entre cargas de nieve							

## **Anexo 2: Imagen satelital del lugar de trabajo**

Título: INFLUENCIA DE LA CARGA DE NIEVE EN LA COBERTURA A DOS AGUAS DEL MERCADO VIRGEN DE FÁTIMA DEL DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PASCO 2023

Autor: Martin Añasco, Jhoan Erick



### **Anexo 3: Panel fotográfico de la cobertura del patio de la Región Policial Pasco**

Título: INFLUENCIA DE LA CARGA DE NIEVE EN LA COBERTURA A DOS AGUAS DEL MERCADO VIRGEN DE FÁTIMA DEL DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PASCO 2023

Autor: Martin Añasco, Jhoan Erick



## **Anexo 4: Panel fotográfico de la cobertura del Caso de Estudio**

Título: INFLUENCIA DE LA CARGA DE NIEVE EN LA COBERTURA A DOS AGUAS DEL MERCADO VIRGEN DE FÁTIMA DEL DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PASCO 2023

Autor: Martin Añasco, Jhoan Erick



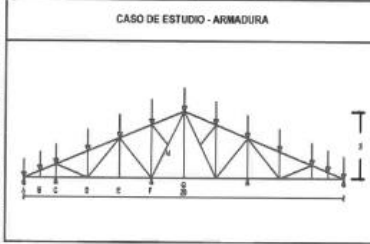
# Anexo 5: Instrumento de recolección de datos

Título: INFLUENCIA DE LA CARGA DE NIEVE EN LA COBERTURA A DOS AGUAS DEL MERCADO VIRGEN DE FÁTIMA DEL DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PASCO 2023

Autor: Martin Añasco, Johan Erick

**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - FUERZAS INTERNAS EN LA ARMADURA**  
 En la presente ficha se recopilan los datos obtenidos del caso de estudio mediante el programa SAP 2000, para determinar las fuerzas internas en los elementos de la estructura de caso de estudio, bajo las distintas cargas de nieve obtenidas.

E.M	Fuerza ejercida según la Norma Peruana	Fuerza ejercida según Datos Históricos	Fuerza ejercida según la Maestra de Nieve
A	50	87.11	101.06
B	120	174.23	202.13
C	180	261.34	303.19
D	240	348.45	404.25
E	240	348.45	404.25
F	240	348.45	404.25
G	240	348.45	404.25
F'	240	348.45	404.25
E'	240	348.45	404.25
D'	240	348.45	404.25
C'	180	261.34	303.19
B'	120	174.23	202.13
A'	60	87.11	101.06



Wilmer Joel CARRILAS LOYOLA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 189332

*[Firma manuscrita]*

Elementos de la Armadura	Cálculo con la Norma Peruana		Cálculo con los Datos Históricos		Cálculo con la Maestra de Nieve	
	Reacción	Fuerza interna (TN)	Reacción	Fuerza Interna (TN)	Reacción	Fuerza Interna (TN)
A-B	Compresión	250.781	Compresión	829.498	Compresión	1030.031
B-C	Compresión	598.331	Compresión	868.312	Compresión	1007.837
C-D	Tensión	163.296	Tensión	237.237	Tensión	875.227
D-E	Compresión	81.698	Compresión	118.619	Compresión	132.613
E-F	Compresión	81.698	Compresión	118.619	Compresión	132.613
F-G	Compresión	69.387	Compresión	100.739	Compresión	116.871
A-H	Compresión	128.360	Tensión	393.421	Tensión	82.319
B-H	-	0	-	0	-	0
H-I	Tensión	239.063	Compresión	600.197	Compresión	453.291
C-I	Tensión	60.818	Tensión	88.303	Tensión	102.493
D-I	Compresión	191.705	Compresión	238.340	Compresión	322.912
I-J	Compresión	208.360	Compresión	302.521	Compresión	350.965
D-J	Compresión	0.240	Compresión	0.348	Compresión	0.407
D-K	Tensión	82.704	Tensión	120.030	Tensión	139.908
J-K	Compresión	208.360	Compresión	302.521	Compresión	350.965
E-K	-	0	-	0	-	0
F-K	Compresión	41.621	Compresión	60.430	Compresión	70.107
K-L	Compresión	111.881	Compresión	162.442	Compresión	188.454
F-L	Compresión	0.240	Compresión	0.348	Compresión	0.407
F-M	Compresión	29.376	Compresión	43.232	Compresión	50.155
M-N	Compresión	29.376	Compresión	43.232	Compresión	50.155
L-M	-	0	-	0	-	0
L-N	Compresión	111.881	Compresión	162.442	Compresión	188.454
O-M	-	0	-	0	-	0
A'-B'	Compresión	138.158	Compresión	517.397	Compresión	587.747
B'-C'	Compresión	539.953	Compresión	793.676	Compresión	909.169
C'-D'	Compresión	539.953	Compresión	783.676	Compresión	904.167
D'-E'	Compresión	649.675	Compresión	943.002	Compresión	1094.356
E'-F'	Tensión	138.767	Tensión	201.478	Tensión	233.797
F'-G'	Compresión	69.387	Compresión	100.739	Compresión	116.871
A'-H'	Tensión	123.474	Tensión	192.079	Tensión	1209.202
B'-H'	-	0	-	0	-	0
H'-I'	Compresión	85.878	Compresión	427.597	Compresión	1718.70
C'-I'	-	0	-	0	-	0
D'-I'	Compresión	85.878	Compresión	124.688	Compresión	144.657
F'-J'	Compresión	325.315	Compresión	544.970	Compresión	632.238
D'-J'	Compresión	0.240	Compresión	0.348	Compresión	0.407
D'-K'	Tensión	37.246	Tensión	54.079	Tensión	62.739
J'-K'	Compresión	325.315	Compresión	544.070	Compresión	632.238
E'-K'	Tensión	139.142	Tensión	202.622	Tensión	234.373

F'-K'	Compresión	174.389	Compresión	253.795	Compresión	294.586
K'-L'	Compresión	210.723	Compresión	305.452	Compresión	354.944
F'-L'	Compresión	0.240	Compresión	0.348	Compresión	0.407
F'-M'	Tensión	140.899	Tensión	204.573	Tensión	232.332
M'-N'	Tensión	140.899	Tensión	204.573	Tensión	232.332
L'-M'	-	0	-	0	-	0
L'-N'	Compresión	210.723	Compresión	305.452	Compresión	354.944

Observaciones:

*[Espacio en blanco para observaciones]*

*[Firma manuscrita]*  
 FIRMA DEL ENCARGADO

*[Firma manuscrita]*  
 Wilmer Joel CARRILAS LOYOLA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 189332  
 FIRMA DE APROBACION\*

\*La firma de aprobación debe ser de un profesional colegiado y habilitado, que ostente el cargo de verificador o perito registrado, con el fin de validar los datos presentados.

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS - PARAMETROS DE CARGA DE NIEVE

En la presente ficha de recolección de datos, se registran los valores que sirven los parámetros que van a determinar el tipo de nieve y la carga que se generará, todo se va estipulado dentro de los rangos de densidades presentadas por Andrés Rivera (2017) en su libro "MANUAL BALANCE DE MASA GLACIAR"

DENOMINACIÓN	DENSIDAD (KG/M3)
Nieve nueva (caída recientemente)	50 - 70
Nieve nueva húmeda	100 - 200
Nieve granular	200 - 250
Nieve pastosa	250 - 300
Escarcha de profundidad	100 - 300
Costra de nieve por viento	350 - 400
Neveiza	400 - 800
Nieve y neveiza muy húmeda	700 - 800
Hielo glaciar	830 - 923

Humedad Relativa	Rango (%)
Humedad Baja	30 - 40
Humedad Media	40 - 70
Humedad Alta	70 - 100

Origen: Norma E. 020 "Cargas" Artículo 11

Densidad nieve fresca: 100.00 kg/m<sup>3</sup>      Densidad nieve compactada: 200.00 kg/m<sup>3</sup>

Tipo de nieve: Nieve húmeda

Altura de nieve fresca: 40 cm      Altura de nieve compactada: 20 cm

Carga básica de nieve (Densidad de nieve x altura de nieve): 40.00 kg/m<sup>2</sup>

Origen: Datos históricos recopilados

Densidad nieve fresca: 230.00 kg/m<sup>3</sup>      Densidad nieve compactada: 472.00 kg/m<sup>3</sup>

Tipo de nieve: Nieve granular

Temperatura mínima: 1.2 °C      Humedad relativa: 82.20%

Según datos del SENAMHI

Tiempo de tormenta: 8.556 horas      Tipo de humedad: Alta

Velocidad del viento: 9.9 km/h      Influencia del viento:  SI  NO

Tasa de acumulación de la nieve: 1.4375 cm/h      Otros factores que alteren la densidad:  SI  NO

Altura de nieve: 12.306 cm

Carga básica de nieve (Densidad de nieve x altura de nieve): 58.08 kg/m<sup>2</sup>

Características de la tormenta:

Las tormentas de nieve en Pasco suelen presentarse después de la lluvia, al cesar deja el cielo despejado y condiciones de temperatura baja, la nieve que se acumula tanto hasta 12 horas en derretirse.

Origen: Muestra tomada en la tormenta del 13-08-2023

Densidad nieve fresca: 249.29 Kg/m<sup>3</sup>      Densidad nieve compactada: 498.55 Kg/m<sup>3</sup>

Tipo de nieve: Nieve Granular

Temperatura mínima: 0.4 °C      Humedad relativa: 76.1

Según datos del SENAMHI

Tiempo de tormenta: 19 minutos      Tipo de humedad: Alta

Velocidad del viento: 11.00 Km/h      Influencia del viento:  SI  NO

Tasa de acumulación de la nieve: 1.5789 cm/h      Otros factores que alteren la densidad:  SI  NO

Wilmer Joel CARIJAS LOYOLA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 189932

Altura de nieve: 13.515 cm

Carga básica de nieve (Densidad de nieve x altura de nieve): 67.38 Kg/m<sup>2</sup>

Características de la tormenta:

La altura de nieve se determina mediante la multiplicación de la tasa de acumulación de la nieve con un tiempo de tormenta de 8.556 horas, a lo desimular la altura que obtendría acumulaciones iguales a los anteriores.

  
FIRMA DEL ENCARGADO

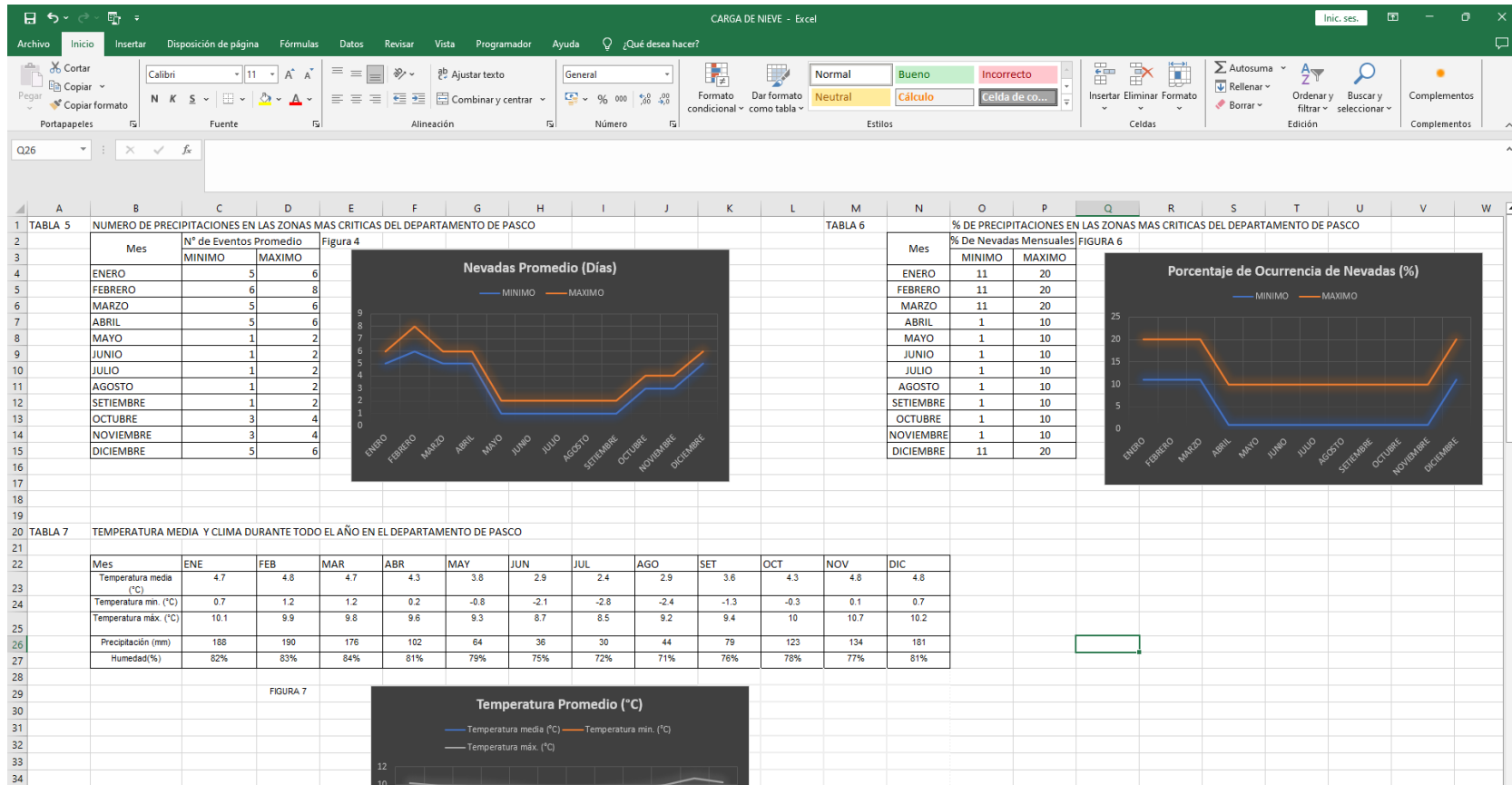
Wilmer Joel CARIJAS LOYOLA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 189932  
FIRMA DE APROBACIÓN

\*La firma de aprobación debe ser de un profesional colegiado y habilitado, que ostente el cargo de verificador o perito registrado, con la fin de validar los datos presentados.

## Anexo 6: Hoja de cálculo de la investigación

Título: INFLUENCIA DE LA CARGA DE NIEVE EN LA COBERTURA A DOS AGUAS DEL MERCADO VIRGEN DE FÁTIMA DEL DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PASCO 2023

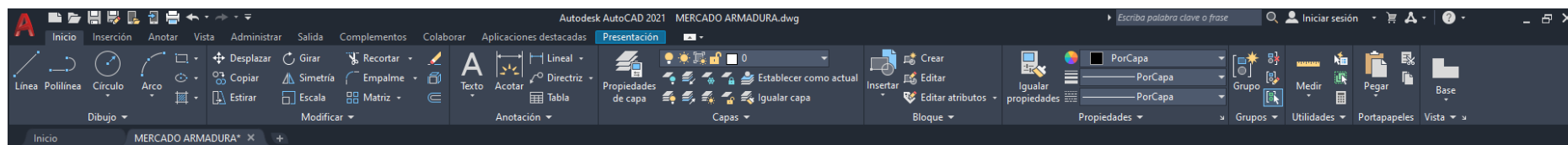
Autor: Martin Añasco, Joao Erick



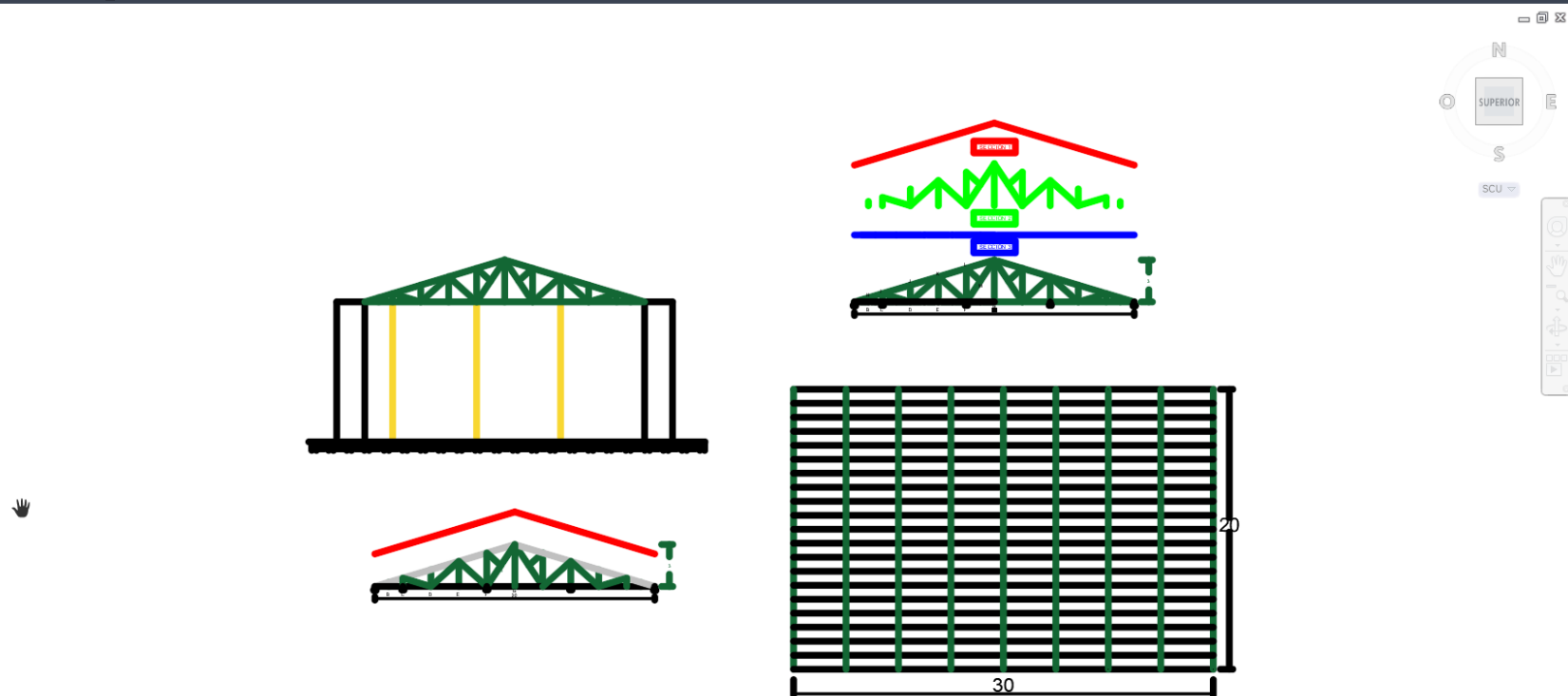
## Anexo 7: Plano y modelamiento del Caso de Estudio

Título: INFLUENCIA DE LA CARGA DE NIEVE EN LA COBERTURA A DOS AGUAS DEL MERCADO VIRGEN DE FÁTIMA DEL DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PASCO 2023

Autor: Martín Añasco, Johan Erick



[+][Superior][Estructura alámbrica 2D]



## Anexo 8: Modelamiento de la Armadura en SAP 2000

Título: INFLUENCIA DE LA CARGA DE NIEVE EN LA COBERTURA A DOS AGUAS DEL MERCADO VIRGEN DE FÁTIMA DEL DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PASCO 2023

Autor: Martin Añasco, Joao Erick

