

Modificação de estrutura metálica para troca de uso

J. L. Gómez^{1, 2*}, K. Klein^{1, 2}, G. Montiel²

* Autor de Contato: ccp.cons316@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v14i1.716>

Recebido: 05/11/2023 | Correções recebidas: 16/12/2023 | Aceito: 27/12/2023 | Publicado: 01/01/2024

RESUMO

O objetivo deste trabalho é discutir as modificações realizadas em uma estrutura metálica construída em 1930. Essa estrutura é composta por vigas reticuladas triangulares apoiadas em muros perimetrais de 60 cm de espessura e 14 colunas metálicas internas, projetada para cobrir uma superfície de 875 m² destinada às atividades do mercado central da cidade de Deán Funes. Na década de 1980, a administração municipal propôs sua recuperação para novos usos esportivos, apresentando o desafio estrutural da eliminação dos apoios intermediários. O projeto e a construção datam dessa época, e, por isso, são discutidas a vigência dos conceitos e soluções adotadas, bem como a importância de um plano de manutenção para garantir o grau de segurança da obra.

Palavras-chave: projeto estrutural; aço; recuperação patrimonial.

Citar como: Gómez, J. L., Klein, K., Montiel, G. (2024), “Modificação de estrutura metálica para troca de uso”, Revista ALCONPAT, 14 (1), pp. 70 – 81, DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v14i1.716>

¹ Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina,

² Alconpat Argentina, Córdoba, Argentina.

Contribuição de cada autor

Neste trabalho, a ideia original e viabilidade do reforço - Ing. Gómez (100%); Pré-dimensionamento da armadura e desenvolvimento do modelo - Eng. José Luis Gómez (40%) e Arquiteta Karin Klein (60%); Recolha de dados - Eng. José Luis Gómez (50%) e Arquiteto Guillermo Montiel (50%); Redação da Obra - Eng. José Luis Gómez (20%) e Arquiteta Karin Klein (80%); Discussão do resultado e Conclusões - Engenheiro José Luis Gómez (33%), Arquiteto Karin Klein (33%) e Arquiteto Guillermo Montiel (33%).

Licença Creative Commons

Copyright (2022) é propriedade dos autores. Este trabalho é um artigo de acesso aberto publicado sob os termos e condições de uma Licença Internacional Creative Commons Atribuição 4.0 ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)).

Discussões e correções pós-publicação

Qualquer discussão, incluindo as respostas dos autores, será publicada no terceiro número do ano de 2024, desde que a informação seja recebida antes do encerramento do segundo número do ano de 2024.

Modification of a metal structure due to change of use

ABSTRACT

The purpose of this work is to discuss the modifications made to a metal structure built in 1930, made up of triangular lattice beams supported on 60 cm thick walls and 14 interior metal columns to cover an area of 875 m² that housed the activities of the central market in the city of Deán Funes. In the 1980s the municipal management proposed its recovery for new sports uses, presenting the structural challenge of eliminating intermediate supports. The project and construction date from that time, and for this reason it is discussed the validity of the concepts and solutions adopted, as well as the importance of a maintenance plan to guarantee the degree of safety of the work.

Keywords: structural design; steel; patrimony recovery.

Modificación de una estructura metálica por cambio de uso

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es discutir las modificaciones realizadas sobre una estructura metálica construida en 1930, conformada por vigas reticuladas triangulares apoyadas sobre muros perimetrales de 60 cm de espesor y 14 columnas metálicas interiores para cubrir una superficie de 875 m² que albergaba las actividades del mercado central de la ciudad de Deán Funes. En la década del 80 la gestión municipal plantea su recuperación para nuevos usos deportivos presentándose el desafío estructural de la eliminación de los apoyos intermedios. El proyecto y la construcción datan de esa época, y por ello se discuten la vigencia de los conceptos y soluciones adoptadas, así como la importancia de un plan de mantenimiento para garantizar el grado de seguridad de la obra.

Palabras clave: diseño estructural; acero; recuperación patrimonial.

Informações legais

Revista ALCONPAT é uma publicação trimestral da Associação Latino-Americana de Controle de Qualidade, Patologia e Recuperação de Construção, Internacional, A.C., Km. 6, antiga estrada para Progreso, Merida, Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Website: www.alconpat.org

Reserva de direitos de uso exclusivo No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos concedidos pelo Instituto Nacional de Direitos Autorais. Editor responsável: Dr. Pedro Castro Borges. Responsável pela última atualização deste número, Unidade de Informática ALCONPAT, Eng. Elizabeth Sabido Maldonado.

As opiniões expressas pelos autores não refletem necessariamente a posição do editor.

A reprodução total ou parcial do conteúdo e das imagens da publicação é realizada de acordo com o código COPE e a licença CC BY 4.0 da Revista ALCONPAT.

1. INTRODUÇÃO

Deán Funes é uma cidade no noroeste da província de Córdoba, Argentina, sendo a sede do departamento Ischilín. Seus primórdios coincidem com a expansão do sistema ferroviário por volta de 1875, e durante os primeiros anos do século XX, foram construídas suas obras mais significativas, incluindo o mercado central em 1930, caracterizado por um estilo arquitetônico Art Decó e localizado em frente à praça do mercado (figura 1). Nos anos seguintes, com o crescimento da população, as atividades comerciais foram transferidas para a periferia da localidade, razão pela qual o edifício ficou em estado de abandono. Somente em 1982, durante a gestão municipal de José Naveira Ferradanes, decidiu-se recuperar a construção e propor um espaço coberto para uso esportivo. A seguir, desenvolve-se o projeto estrutural que possibilitou esse novo uso, projetado e construído naquela época, e que atualmente continua em vigor, oferecendo essas atividades.



Figura 1. Ex-mercado central de Deán Funes.

2. PLANTA ESTRUTURAL ORIGINAL

O sistema estrutural do projeto original do mercado cobria uma área de 875 m², com uma largura de 26,05 m por 33,50 m de comprimento. O plano superior consistia em uma série de três vigas reticuladas triangulares de metal, com 8,7 m de envergadura, formando 7 eixos separados a cada 4,19 m. Sobre os nós dessas vigas, com uma distância de 2,15 m e 2,20 m, apoiavam-se uma série de correias de aço que completavam a configuração do telhado de três seções a duas águas, com acabamento em chapas. As vigas principais apoiavam-se internamente em 14 colunas metálicas e, em seu perímetro, sobre um muro de alvenaria de 60 cm de espessura (figura 2 e figura 3).

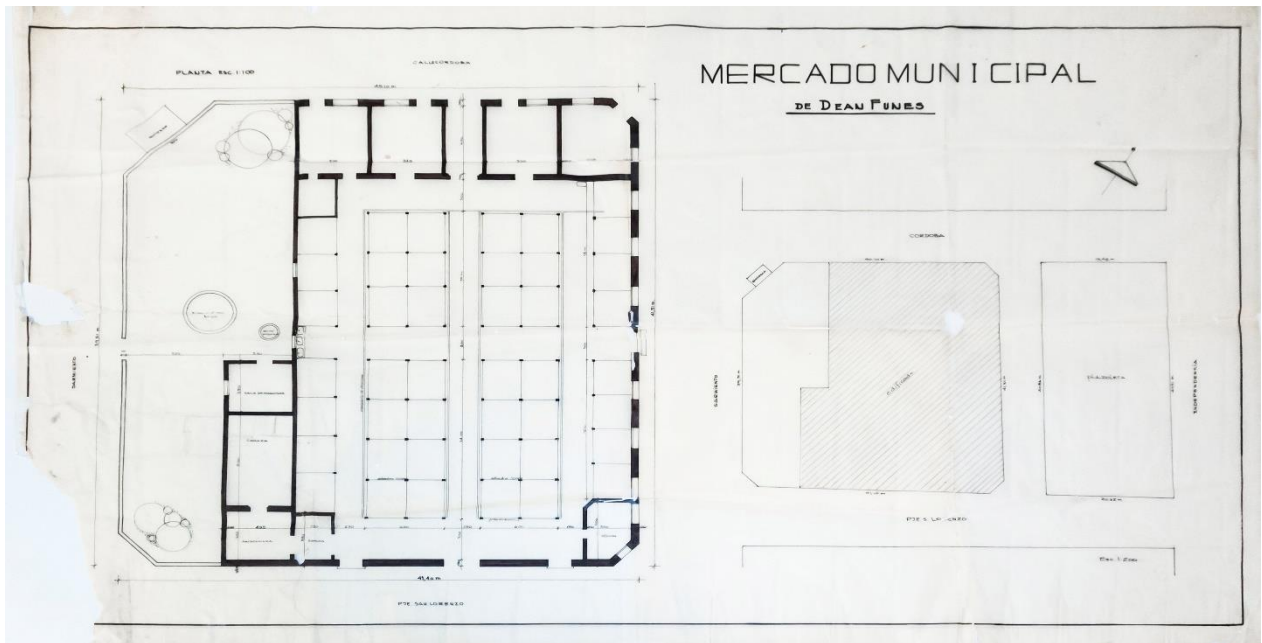


Figura 2. Foto do plano municipal original.

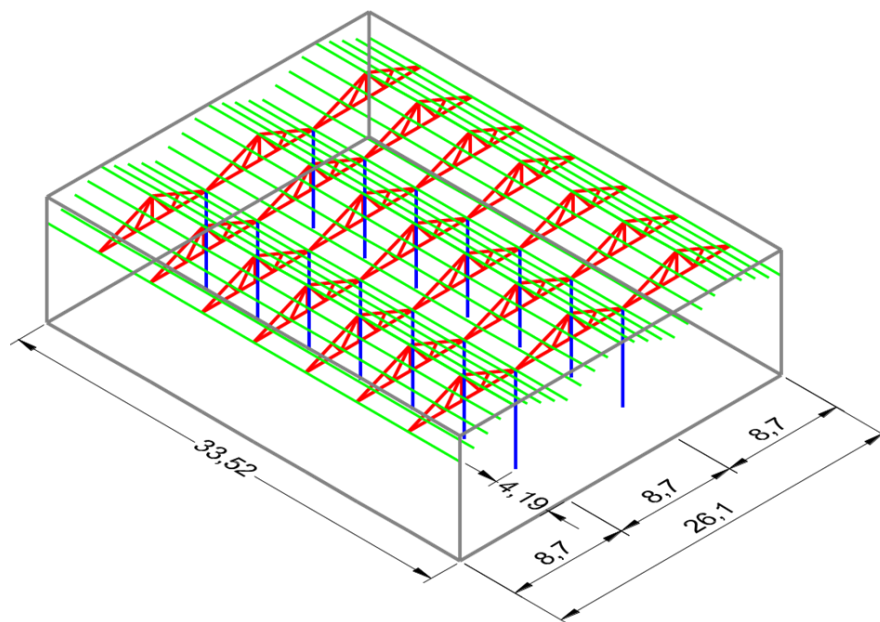


Figura 3. Axonométrica de estrutura original.

3. NOVA PLANTA ESTRUTURAL

Devido à necessidade de ter um único espaço interior livre de apoios, a nova concepção estrutural foi projetada a partir da criação de uma única viga reticulada plana com 1,80 m de altura em direção ao exterior, unindo as existentes, reforçando barras e adicionando novos elementos para cobrir os 26,1 m de envergadura. Para formar o design da nova viga principal, foi necessário construir o cordão superior unindo as cumeeiras das treliças existentes e adicionar dois montantes novos coincidindo com o apoio anterior, que, além de resistir aos esforços de compressão, permitiram reduzir o comprimento de pandeio do novo cordão (figura 4).

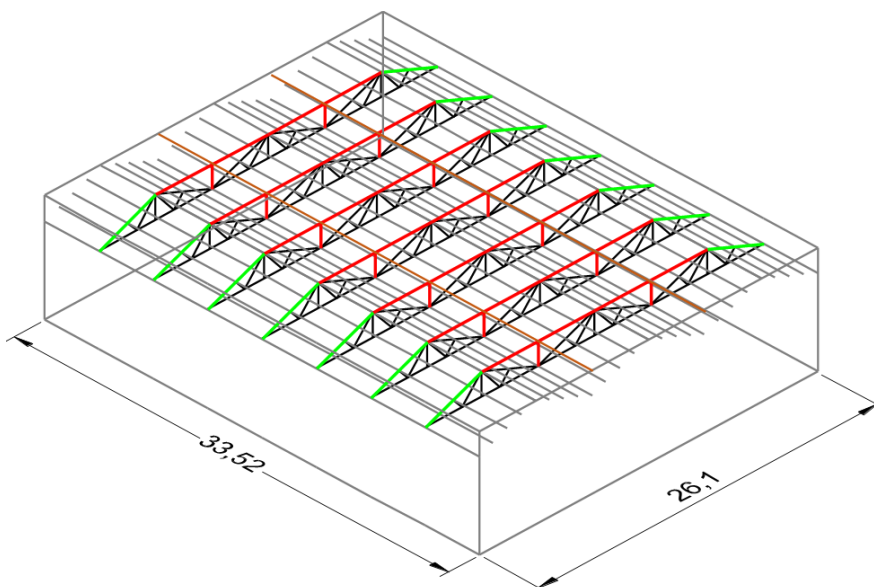


Figura 4. Axonométrica de proposta estrutural.

Ao mesmo tempo, para reforçar esse conceito, foram propostas vigas de contraventamento superior com dois perfis UPN 80 para evitar a flexão lateral perpendicular ao plano da viga (figura 5).

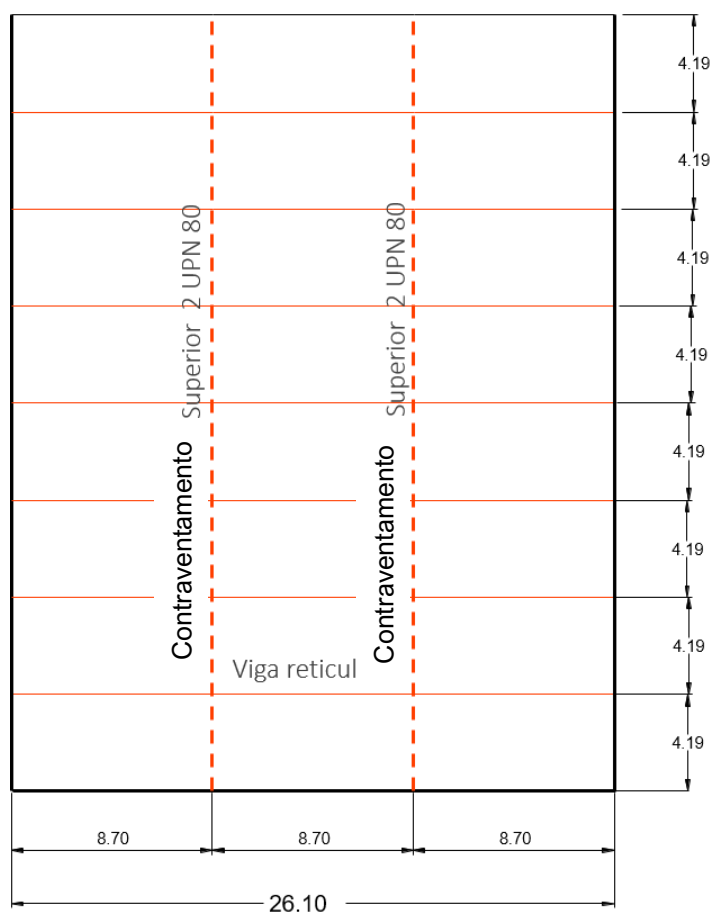


Figura 5. Planta de trechos da nova estrutura.

Por outro lado, reforçou-se tanto o cordão inferior como algumas das diagonais existentes mais

solicitadas para resistir aos esforços internos de tração e compressão, a partir da avaliação do novo comportamento estrutural.

4. PROCEDIMENTO DE CÁLCULO

Segue abaixo o procedimento de cálculo elaborado de acordo com as regulamentações da época e com as ferramentas disponíveis, que ainda são relevantes como referência na atualidade.

4.1 Análise de Cargas.

A análise foi inicialmente realizada por metro quadrado para, em seguida, determinar a magnitude das ações pontuais sobre os nós da nova viga reticulada (Figura 6).

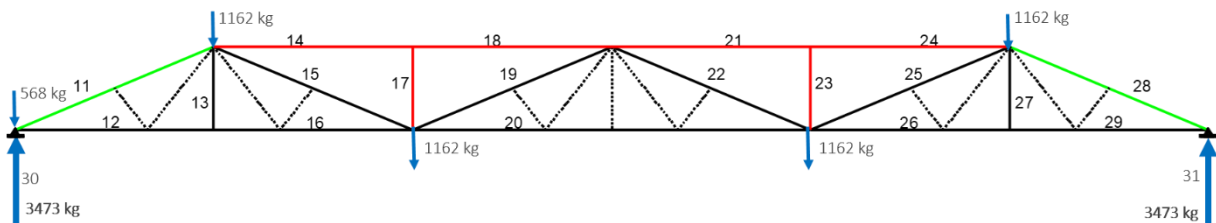


Figura 6. Viga reticulada com numeração de barras, nós e cargas.

4.1.1 Análise de cargas por metro quadrado.

- Chapa acanalada ----- 10 kg/m²
- Corrêas de madeira ----- 6 kg/m²
- Peso próprio da viga reticulada----- 22 kg/m²
- Sobrecarga de uso ----- 25 kg/m²
- TOTAL ----- 63 kg/m²

4.1.2 Análise de cargas sobre nós de viga.

- Cargas de suporte -----63 kg/m² x área de influência (4,19 x 2,2 m x 2) = 1162 kg

4.2 Determinação das solicitantes.

Para o cálculo das tensões normais, foi utilizado o programa PPlan, utilizado no Taller de Investigación de Diseño Estructural (TIDE) da Facultad de Arquitectura da Universidad Nacional de Córdoba. Naquela época, as coordenadas que definiam a geometria da viga e as ações sobre ela eram introduzidas manualmente. Como resultado, os valores das tensões em cada nó eram impressos, conforme resumido na tabela 1.

Tabela 1. Solicitações e reações.

Barra	Esforço normal (kg)
11	-7.598 Compressão
12	7.020 Tração
13	0
14	-11.233 Compressão
15	4.559 Tração
16	7.020 Tração
17	-1.162 Compressão
18	-11.233 Compressão
19	-1.520 Compressão
20	12.637 Tração
21	-11.234 Compressão
22	-1.519 Compressão
23	-1.162 Compressão
24	-11.234 Compressão
25	4.558 Tração
26	7.022 Tração
27	-1 Compressão
28	-7.600 Compressão
29	-7.022 Compressão
30	3.474 Reação
31	3.474 Reação

4.3 Verificação das deformações gerais.

Devido às dimensões e à análise das solicitações, o cordão superior foi pré-dimensionado com dois perfis UPN 120 formando uma seção caixa com uma área de 27 cm², enquanto o cordão inferior foi composto por dois perfis UNP 100 emparelhados, com uma área de 22 cm² (figura 7). A partir da análise dos parâmetros que influenciam a determinação da flecha máxima, foram estabelecidos os seguintes dados:

-Momento de inércia do conjunto $J = 392.769 \text{ cm}^4$

-Carga “q” $63 \text{ kg/m}^2 \times 4,19 \text{ m} = 260 \text{ kg/m}$

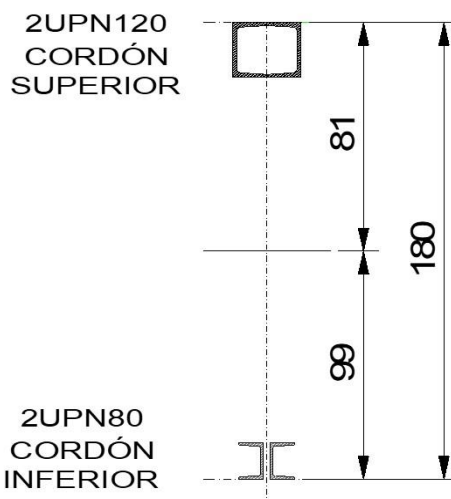


Figura 7. Seção composta da viga reticulada

4.3.1 Cálculo de flecha máxima

$$f_{\text{máx}} = \frac{5}{384} \frac{q \times l^4}{E J} = \frac{5}{384} \frac{2,6 \text{ kg/cm} \times 2610 \text{ cm}^4}{2.100.000 \text{ kg/cm}^2 \times 392.769 \text{ cm}^4} \quad (1)$$

$$f_{\text{máx}} = 1,9 \text{ cm} \quad (2)$$

4.3.2 Cálculo de flecha admissível

$$f_{\text{adm}} = \frac{L}{200} = \frac{2610 \text{ cm}}{200} \quad (3)$$

$$f_{\text{adm}} = 13,05 \text{ cm} \quad (4)$$

4.3.3 Comparação flecha máxima < flecha admissível

$$1,9 \text{ cm} < 13,05 \text{ cm} \text{ Verifica} \quad (5)$$

4.4 Verificação da seção e proposta de reforço da estrutura.

Após o controle das deformações, procedeu-se à verificação seccional, primeiro dos elementos estruturais novos do cordão superior e dos montantes, assim como da resistência dos elementos existentes submetidos a novos esforços, como é o caso do cordão inferior e das diagonais (figura 8).

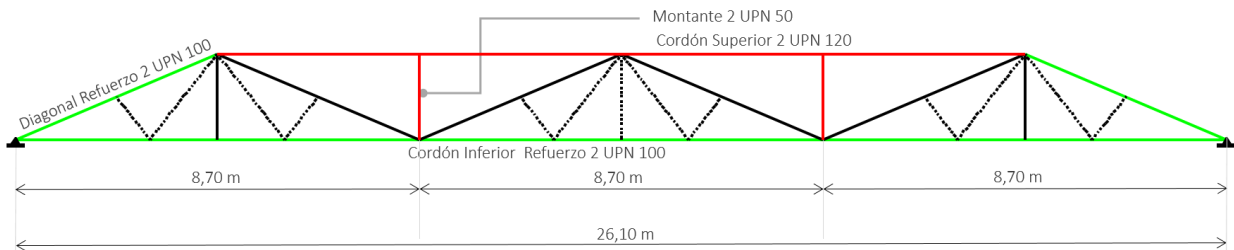


Figura 8. Seção da viga reticulada.

4.4.1 Cordão superior.

Como mencionado anteriormente, o cordão superior foi construído através da seção tipo caixa formada por duas UNP 120. Os dados necessários para sua verificação de resistência podem ser visualizados na tabela 2.

Tabela 2. Dados do cordão superior

Barra 11	2 UPN 120
Esforço normal	11.234 kg (compressão)
Longitude	440 cm
Momento de inércia J_x	728 cm ⁴
Área do conjunto A	34 cm ²

Cálculo do raio de giro mínimo

$$i = \sqrt{\frac{J_x}{A}} = \sqrt{\frac{728 \text{ cm}^4}{34 \text{ cm}^2}} = 4,63 \text{ cm} \quad (6)$$

Cálculo da esbeltez

$$\lambda = \frac{l}{i} = \frac{440 \text{ cm}}{4,63 \text{ cm}} = 95,03 \quad (7)$$

Coefficiente de flambagem F24

$$\omega = 2,07$$

Cálculo da tensão de trabalho

$$\sigma = \frac{\omega \times N}{A} = \frac{2,07 \times 11.234 \text{ kg}}{34 \text{ cm}^2} = 683,95 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 1500 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ Verifica} \quad (8)$$

4.4.2 Montantes

Os montantes foram definidos também por uma seção gaveta, mas conformadas por dos UPN 50. Os dados necessários para sua verificação de resistência estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Dados de montantes.

Barras 17/23	2 UPN 50
Esforço normal	1.162 kg (compressão)
Longitude	180 cm
Momento de inércia J_x	52,8 cm ⁴
Área do conjunto A	14,24 cm ²

Cálculo de raio de giro mínimo

$$i = \sqrt{\frac{J_x}{A}} = \sqrt{\frac{52,8 \text{ cm}^4}{14,24 \text{ cm}^2}} = 1,92 \text{ cm} \quad (9)$$

Cálculo da esbeltez

$$\lambda = \frac{l}{i} = \frac{180 \text{ cm}}{1,92} = 93,75 \quad (10)$$

Coefficiente de flambagem F24

$$\omega = 2,05$$

Cálculo da tensão de trabalho

$$\sigma = \frac{\omega \times N}{A} = \frac{2,05 \times 1162 \text{ kg}}{14,24 \text{ cm}^2} = 167,28 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 1500 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ Verifica} \quad (11)$$

A decisão tomada durante o projeto executivo foi executar os montantes com dois elementos formando um "V" invertido para resolver a calha de drenagem pluvial sobre a cumeeira do telhado (figura 9).



Figura 9. Foto da estrutura exterior.

4.4.3 Cordão inferior

Foi projetado um único cordão inferior conectando os cordões existentes capaz de resistir a um esforço máximo de tração de 12.637 kg com 2 perfis UPN 80 (tabela 4). Para a determinação do uso dos elementos estruturais existentes, trabalhou-se com uma tensão de 1500 kg/cm² e, a partir disso, comparou-se a seção necessária com a área de 22 cm² (figura 10).



Figura 10. Foto do cordão inferior.

Tabela 4. Dados do cordão inferior.

Barra 20	2 UPN 80
Esforço normal	12.637 kg (Tração)
Área do conjunto A	22 cm ²

Cálculo da área necessária

$$A = \frac{N}{\sigma} = \frac{12.637 \text{ kg}}{1500 \text{ kg/cm}^2} = 8,43 \text{ cm}^2 < 22\text{cm}^2 \text{ Verifica} \quad (12)$$

4.4.4 Diagonais comprimidas extremas.

Reforçaram-se as diagonais externas que trabalham com um esforço de compressão de 7600 kg, utilizando dois perfis normais UPN 100 (tabela 5).

Tabla 5. Diagonais comprimidas

Barras 17/23	2 UPN 100
Esforço normal	7600 kg (compressão)
Longitude	470 cm
Momento de inércia J_x	412 cm ⁴
Área do conjunto A	27 cm ²

Cálculo de raio de giro mínimo

$$i = \sqrt{\frac{J_x}{A}} = \sqrt{\frac{412 \text{ cm}^4}{27 \text{ cm}^2}} = 3,90 \text{ cm} \quad (13)$$

Cálculo da esbeltez

$$\lambda = \frac{l}{i} = \frac{470 \text{ cm}}{3,9} = 120,5 \quad (14)$$

Coefficiente de flambagem F24

$$\omega = 2,83$$

Cálculo da tensão de trabalho

$$\sigma = \frac{\omega \times N}{A} = \frac{2,83 \times 7600 \text{ kg}}{27 \text{ cm}^2} = 796,6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 1500 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ Verifica} \quad (15)$$

5. ESPAÇO RESULTANTE

A intervenção estrutural conseguiu liberar o espaço interior de apoios, utilizando os elementos pré-existent e possibilitando a reutilização do edifício para as novas atividades propostas, revertendo o processo de abandono em que se encontrava (figura 11).



Figura 11. Foto do espaço interior.

6. CONCLUSÕES

Este trabalho inédito oferece algumas reflexões importantes:

- Com criatividade e conceitos sólidos de estabilidade, foi possível realizar uma intervenção relativamente simples, alterando radicalmente o espaço interior para possibilitar novos usos.
- É crucial considerar a durabilidade do aço na construção, com manutenção mínima, levando em conta a data de construção do mercado central, beneficiado pelo clima local.
- É necessário alertar sobre a importância de um plano de manutenção, principalmente para os elementos estruturais expostos ao ambiente externo, que podem acelerar sua corrosão, visando garantir um nível aceitável de segurança para esse espaço comunitário em Deán Funes.
- A reutilização de construções "aparentemente obsoletas" deve ser incentivada pelos envolvidos, especialmente pelos profissionais da área pública, orientando para prolongar o ciclo de vida da edificação e, assim, minimizar o impacto da pegada de carbono por meio de sua reciclagem.

7. AGRADECIMENTOS

Este trabalho é dedicado à memória do ex-prefeito municipal José Navarro Ferradanes, cuja iniciativa permitiu transformar o antigo mercado central, totalmente em desuso, em um belo ginásio poliesportivo coberto.

8. REFERÊNCIAS

Nonnast, R., (1993), “*El proyectista de estructuras metálicas*”. PARANINFO, Madrid, España, Instituto Argentino de Siderurgia (1991) “El Acero y sus usos, ejemplo de cálculo de estructuras de acero”, Buenos Aires, Argentina.