



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**DISEÑO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE DE CORREA TRANSPORTADORA DE USO
MINERO MEDIANTE NCH 2369.OF2025**

POR

Christhoper Cortez Cortez

Memoria de Título presentada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción para
optar al título de Ingeniero Civil

Profesor Guía
Rodrigo Silva Muñoz

Marzo 2026
Concepción (Chile)

© 2026 Christhoper Cortez Cortez

© 2026 Christoper Cortez Cortez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a cada una de las personas que por inspiración, motivación y/o apoyo permitieron que desarrollase este trabajo.

A quienes posibilitaron por sus aportes en la disciplina y enseñanza el desarrollo de este trabajo y motivaron mi interés por el tema.

A aquellas personas presentes en mi vida cuyas acciones dignas de apreciación constituyen un ejemplo para mí y una inspiración constante.

A quienes su presencia o paso por mi vida tuvo incidencia en la realización de este trabajo y lo que éste conlleva:

Dedicado a mis amigos que junto con mi familia forman una red muy significativa.

Dedicado a mi padre, mis tíos y primos. A mi tía Yaqueline, tía Rosa, tío Wilton; a mis primos Raúl y Rocío cuyas acciones y presencia en mi vida en esta etapa de pregrado fue un apoyo fundamental.

Dedicado mi madre y a mi amiga Catalina cuyo paso por mi vida significó mucho para mí y me enseñaron grandes lecciones que de otra manera no podría haber aprendido.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi jefe de carrera Rodrigo Silva por su confianza en mí y por la oportunidad de haber sido su ayudante en un ramo cuyo módulo tuvo un enfoque afín al tema abordado en este trabajo de memoria de título.

Agradezco a mi red familiar cuyo apoyo me permite proponerme propósitos y sortearlos satisfactoriamente.

RESUMEN

Los terremotos forman parte de la historia de Chile. La continua exposición de la sociedad chilena a estos eventos ha moldeado aspectos fundamentales de ésta. Sin duda, un ámbito donde la realidad sísmica nacional ha tenido gran incidencia es en el quehacer de la industria nacional. En Chile el diseño sísmico en la industria siguió en un principio los pasos de países con realidades similares y mayor desarrollo en el tema. Surge así la NCh2369: “Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales”, cuya primera versión oficial se publica en 2003, los objetivos de desempeño sísmico de esta norma se alinean con dos principios clave: La protección de la vida y la continuidad operacional y, su filosofía de diseño se basa en proveer sobrerresistencia y ductilidad moderada. La ocurrencia de grandes sismos desde su haber ha servido para calibrar sus disposiciones y la idoneidad de éstas respecto de sus objetivos declarados. En 2023 entra en vigencia la actualización de dicha norma tras un proceso de revisión de casi una década. Ahora, la NCh2369.Of2025 oficializada en marzo de 2026 actual mantiene los fundamentos de la filosofía de diseño y el enfoque en los objetivos de su versión previa, avocándose a reflejar el estado del arte actual de esta disciplina.

Este trabajo tiene por objetivo estudiar las implicancias de la actualización de las disposiciones de la norma en el diseño de una estructura industrial de acero existente, mediante el desarrollo en el *software* SAP2000 de modelos de la estructura cuyos atributos atinentes se analizan comparativamente. Se contempla resultado de la replicación del diseño original o “*as-built*” y el modelo actualizado, que corresponde a la modificación de diseño original a conformidad de la NCh2369 vigente. Los modelos se contrastan permitiendo, a priori, evaluar las implicaciones de la actualización normativa en el diseño. Este análisis permite caracterizar los efectos de la modificación de la norma y la coherencia de la norma vigente con los objetivos de desempeño sísmico y filosofía de diseño que planteados en ella.

La estructura contemplada corresponde al sistema de soporte de una correa transportadora de uso minero, cuyo diseño original fue realizado en 2002 previo a la primera versión de la NCh2369.

ABSTRACT

Earthquakes are an integral part of Chile's history. The continuous exposure of Chilean society to these events has shaped fundamental aspects of it. Undoubtedly, one area where the country's seismic reality has had significant impact is in the operations of national industry. In Chile, seismic design for industrial facilities initially followed the steps of countries with similar realities and more advanced development in this field. This led to the creation of the Chilean code NCh2369: "Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales", whose first official version was published in 2003. The seismic performance objectives of this standard align with two key principles: life safety and operational continuity. Its design philosophy is based on providing overstrength and moderate ductility. The occurrence of major earthquakes since then has served to calibrate its provisions and their suitability in relation to the stated objectives. In 2023, an updated version of this standard came into effect after an almost decade-long review process. The current NCh2369.Of2025 maintains the foundational design philosophy and focus on the objectives of its previous version, aiming to reflect the current state of the art in this discipline.

This study aims to analyze the implications of the updated standard's provisions on the design of an existing industrial steel structure, through the development of a set of structural models in SAP2000. These models are comparatively analyzed based on relevant attributes. It includes the model which replicates the original or 'as-built' design and the updated model, which modifies the original design to comply with the current version of NCh2369. The models undergo a comparative analysis that allows for a preliminary assessment of the implications of the code update on structural design. This analysis characterizes the effects of the code's revision and the consistency of the current version with its stated seismic performance objectives and design philosophy.

The structure under consideration corresponds to the support system of a mining conveyor belt. Its original design was completed in 2002, prior to the first version of NCh2369.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Contexto y antecedentes históricos	14
1.2 Motivación	15
1.3 Objetivos	15
1.3.1. Objetivo general	15
1.3.2. Objetivos específicos.....	15
1.4 Estructura en estudio	16
1.5 Organización de documento.....	17
CAPITULO 2 ANTECEDENTES, MARCO TEÓRICO Y NORMATIVO.....	18
2.1 Introducción	18
2.2 Filosofía del diseño estructural industrial	18
2.3 Estudios previos a la actualización normativa	19
2.4 Actualización NCh2369:2023	22
2.5 Actualización NCh2369.Of2025	23
2.6 Marco normativo del diseño.....	24
2.6.1 Capítulo 4: Disposiciones de aplicación general.....	24
2.6.2 Capítulo 5: Análisis sísmico.....	25
2.6.3 Capítulo 6: Desplazamientos debidos a la acción sísmica	27
2.6.4 Capítulo 8: Disposiciones para estructuras de acero	28
2.7 Conclusión.....	29
CAPITULO 3 MODELACIÓN Y DISEÑO ESTRUCTURAL	30
3.1 Introducción	30
3.2 Materiales	30
3.3 Estados de carga	30
3.3.1 Carga permanente.....	31
3.3.2 Carga operacional.....	31
3.3.3 Carga viva	32
3.3.4 Carga de viento.....	32
3.3.5 Carga sísmica	33
3.3.6 Carga térmica	34

3.4	Combinaciones de cargas	34
3.5	Verificaciones.....	36
3.5.1	Verificación de desplazamientos sísmicos	36
3.5.2	Verificación de resistencia estructural	37
3.5.3	Verificación de esbeltez	39
3.6	Aplicación de corrección al diseño	40
3.7	Conclusiones	41
CAPITULO 4 COMENTARIOS Y CONCLUSIONES		55
REFERENCIAS		57
ANEXOS.....		59
ANEXO 1 La estructura		59
ANEXO 3.1 Cargas de diseño aplicadas a la estructura		63
ANEXO 3.2 Verificaciones de los modelos M_0 y M_1		68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Combinaciones de carga de diseño que consideran la acción sísmica.....	25
Tabla 3.1 Propiedades del acero estructural ASTM A36.....	30
Tabla 3.2 Cargas contribuyentes al estado de carga permanente.....	31
Tabla 3.3 Cargas asociadas al estado de carga operacional.....	31
Tabla 3.4 Cargas constitutivas de los estados de carga operacionales.....	32
Tabla 3.5 Valores de las cargas que tributan en el estado de carga viva.....	32
Tabla 3.6 Parámetros empleados para la estimación de la carga asociada al estado de carga por acción del viento.....	32
Tabla 3.7 Parámetros sísmicos de la estructura.....	33
Tabla 3.8 Combinaciones de carga para el diseño que no contemplan la acción sísmica.....	34
Tabla 3.9 Combinaciones de carga aplicadas a la estructura.....	36
Tabla 3.10 Drifts de piso máximos en la torre del motor.....	36
Tabla 3.11 Verificación de valores de esbelteces locales y globales.....	39
Tabla 3.12 Aplicación de refuerzo a elementos de columnas de cepas de apoyo.....	40
Tabla 3.13 Parámetros sísmicos estructura posterior a corrección del diseño.....	41
Tabla A.3.2.3 Verificación desplazamientos sísmicos mediante drifts en nivel 1 de la torre del motor, modelo M ₁	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Vista lateral de la disposición espacial del sistema estructural estudiado, distancias en milímetros.....	16
Figura 3.1 Espectro de diseño para direcciones horizontales.....	34
Figura 3.2 Drifts de piso máximos para la dirección X en (a) y para la dirección Y en (b) en la torre del motor.	37
Figura 3.3 Factores de utilización para combinaciones de carga sin amplificación del sismo por $0.7R_1=1.4$	37
Figura 3.4 Factores de utilización del conjunto de cepas para combinaciones de carga considerando amplificación del sismo por $0.7R_1=1.4$	38
Figura 3.5 Factores de utilización de la plataforma principal en (a) y de la torre del motor en (b) para combinaciones de carga considerando amplificación del sismo por $0.7R_1=1.4$	38
Figura A.1 Vistas generales del arreglo estructural. (a) Vista lateral y (b) vista cenital.....	60
Figura A.2 Vista lateral de la plataforma en conexión con los enrejados y la diagonal D1 en (a), vista lateral aislada de la plataforma (b) y vista frontal aislada de ésta en (c).	60
Figura A.3 Composición de los enrejados de la galería.	61
Figura A.4 Conjunto de cepas de apoyo, vista tridimensional en (a), nomenclatura de las cepas en (b).	61
Figura A.5 Vista de los dos pisos de la torre del motor, aislada en (a) y conectada con los enrejados en (b).	62
Figura A.6 Zona de carga de la correa en el extremo inferior de la estructura.	62
Figura A.7 Carga muerta en plataforma de descarga.	63
Figura A.8 Carga muerta en la torre del motor.	63
Figura A.9 Carga muerta típica en elemento enrejado.	63
Figura A.10 Carga muerta en zona de carga de la correa.	63
Figura A.11 Carga viva en la plataforma de descarga.	64
Figura A.12 Carga viva en torre del motor.	64
Figura A.13 Carga viva típica en un elemento de enrejado.	64
Figura A.14 Carga viva en la zona de carga.	64
Figura A.15 Carga de viento en plataforma de descarga.	65
Figura A.16 Carga de viento en torre del motor.	65
Figura A.17 Carga de viento típica elemento de enrejado.	65
Figura A.18 Carga de viento en zona de carga.	65
Figura A.19 Carga de viento en el conjunto de cepas de apoyo.	65
Figura A.20 Succión en (a) la torre del motor, (b) en un elemento de enrejado y (c) en la zona de carga.	66
Figura A.21 Carga del material en (a) la torre del motor, (b) en un elemento de enrejado y (c) en la zona de carga.	66
Figura A.22 Carga operacional en (a) la torre del motor, (b) en la plataforma de descarga y (c) en la zona de carga.	67
Figura A.23 Carga de operación eventual en la plataforma de descarga.	66
Figura A.24 Carga de operación eventual en la torre del motor.	67
Figura A.25 Valores de factores de utilización (F.U.) > 0.1 en plataforma de descarga, modelo M_0 , sin $0.7R_1 \geq 1$	68
Figura A.26 Valores F.U. de los enrejados sobre las cepas y cepas del modelo M_0	68

Figura A.27 Valores F.U. > 0.3 en los enrejados entre la cepa de apoyo B2 y la torre del motor, del modelo M_0 .	69
Figura A.28 Valores F.U. del (a) primer nivel y (b) segundo nivel (F.U. > 0.3) de la torre del motor del modelo M_0 .	69
Figura A.29 Valores F.U. > 0.3 de los enrejados ubicados entre la torre del motor y la zona de carga, modelo M_0 .	69
Figura A.30 F.U. sistema arriostrado horizontal de plataforma de descarga, vista cenital, $0.7R_1 \geq 1$.	70
Figura A.31 Valores de F.U. > 0.5 sistema arriostrado horizontal y columnas de la torre del motor para $0.7R_1 \geq 1$.	70
Figura A.32 Valores F.U. > 0.5 sistema de cepas de apoyo para sismo horizontal amplificado $0.7R_1 \geq 1$.	70
Figura A.33 Factores de utilización modelo M_1 para combinaciones de carga sin amplificar el estado de carga de sismo, vista de los enrejados sobre las cepas de apoyo, el conjunto de cepas y plataforma de descarga.	71
Figura A.34 Factores de utilización del modelo modificado (M_1) para combinaciones de carga sin amplificación del estado de carga de sismo. Vista de los enrejados entre cepa B2 y torre del motor, y torre del motor.	71
Figura A.35 Factores de utilización del modelo modificado (M_1) para combinaciones de carga sin amplificación del estado de carga de sismo. Vista de los enrejados entre torre del motor y zona de carga.	72
Figura A.36 F.U. sistema arriostrado horizontal de plataforma de descarga, modelo M_1 con $0.7R_1 \geq 1$.	72
Figura A.37 F.U. sistema arriostrado horizontal y columnas torre motor para $0.7R_1 \geq 1$.	72
Figura A.38 Valores de F.U. > 0.5 sistema de cepas de apoyo para sismo horizontal amplificado $0.7R_1 \geq 1$.	72

CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto y antecedentes históricos

El proceso de subducción de la plaza de Nazca bajo la Sudamericana es responsable del levantamiento de la cordillera de los Andes junto con el cordón volcánico y la constante actividad sísmica nacional. La ubicación de Chile en esta región geodinámicamente activa ha condicionado sectores con gran importancia para la actividad económica nacional, como lo son el sector de la industria y de la construcción. Ya hacia la década de 1930 surgirían las primeras pautas regulatorias para la edificación nacional (Congreso Nacional de Chile, 1929) (BCN, 2001), y con ello iniciaría un continuo proceso de desarrollo y estandarización de la construcción.

El diseño sísmico en Chile ha seguido el camino inicialmente trazado en California, Estados Unidos, que hacia la década de 1950 tuvo avances significativos que permitieron la predicción analítica de la respuesta sísmica de estructuras reales empleando registros sísmicos. Ya hacia la década de 1960, estos avances se extenderían fuera de Estados Unidos, configurando un escenario global para el desarrollo de esta disciplina (Dpto. Ing. Civil UC, 2023). En el país, sería en 1959 que se convocaría un comité de expertos para modificar la ordenanza que regulaba la edificación nacional de aquel entonces, este proceso culminó con la oficialización de la NCh433Of.72: “Cálculo Sísmico de Edificios” cuyo principal campo de aplicación correspondía a edificios habitacionales. Décadas más tarde surge la NCh2369Of.2003: “Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales”, planteada con un enfoque orientado a las necesidades propias de los sectores de la industrial. Desde la primera versión oficializada en 2003, la norma ha experimentado dos procesos de revisión y actualización que se materializaron en la versión de 2023 y la actual versión NCh2369.Of2025, oficializada en marzo de 2026 y con entrada en vigor en septiembre del mismo año.

El trabajo propuesto en la presente memoria de título se enmarca en las recientes actualizaciones del documento normativo y plantea un ejercicio de verificación, conforme a la última versión oficial de la norma, relevante para el contexto y los antecedentes que motivaron los cambios incorporados en ella.

1.2 Motivación

La NCh2369:2023 introdujo grandes modificaciones en las disposiciones y exigencias normativas, lo que significó un valioso avance para el estándar del diseño sísmico industrial. Tras su publicación, la comunidad usuaria del documento técnico manifestó su preocupación respecto a las eventuales implicancias de los cambios introducidos que, a su parecer, podrían comprometer la viabilidad económica de los diversos sectores de la industria. Esta situación, motivó un valioso diálogo técnico entre la comunidad y el Instituto Nacional de Normalización (INN), organismo competente, quien resolvió iniciar un llamado a consulta pública abreviada, que culminó con la publicación de la actual NCh2369.Of2025.

La actual versión oficial de la norma publicada en 2025 se cataloga como una calibración de los parámetros introducidos en su versión previa de 2023. Ésta plantea un diseño que compatibiliza la viabilidad económica de la industria con la vanguardia en seguridad sísmica planteada en la versión 2023. El presente trabajo estudia los cambios contemplados en la actualización que originó la versión vigente de la norma y las implicancias de éstos en el diseño de una estructura industrial real.

1.3 Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Se tiene por objetivo general desarrollar el diseño actualizado de la estructura de soporte de una correa transportadora minera según la NCh2369.Of2025, a partir de la evaluación del diseño previo de la estructura existente cuya data antecede a la norma NCh2369.

1.3.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos asociados al objetivo general planteado se enlistan a continuación.

1. Modelar la estructura en el *software* SAP2000, actualizando los parámetros que configuran el análisis según las disposiciones normativas vigentes aplicables.
2. Estudiar la conformidad del diseño de la estructura con las exigencias normativas de la NCh2369.Of2025 atinentes a la estructura estudiada.
3. Identificar y subsanar los aspectos no conformes del diseño de la estructura respecto de la NCh2369.Of2025, incorporando las modificaciones necesarias para el cumplimiento de la norma.
4. Evaluar las implicancias de las modificaciones incorporadas en la actualización del diseño en contraste con los factores que motivaron la actualización de la NCh2369.Of2025.

1.4 Estructura en estudio

La estructura corresponde al sistema de soporte de una correa transportadora de uso minero, ubicada en la comuna de Tierra Amarilla, Atacama. La correa posee una longitud de 102 m y una inclinación de 12° , con una diferencia de cota de 22 m entre los centros de la polea de cola y la polea motriz. La estructuración del sistema es asimilable a una estructura tipo puente o péndulo invertido, donde la masa de ésta se concentra en el nivel superior.

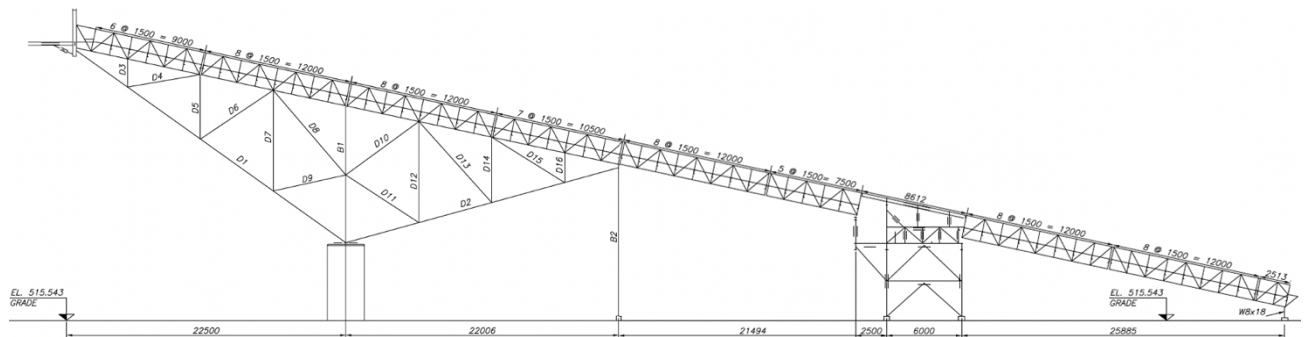


Figura 1.1 Vista lateral de la disposición espacial del sistema estructural estudiado, distancias en milímetros.

La estructura se divide en: La zona de descarga, que se ubica en la parte más elevada; la torre del motor, en la zona media de la estructura; la galería, correspondiente al sistema de enrejados sobre los que se posa la correa; la zona de carga, al inicio de la correa y finalmente; las cepas, sobre las que se apoya la galería. A continuación, se detallan las componentes descritas.

La zona de descarga corresponde a una plataforma en la parte más elevada de la estructura general, donde se encuentra la polea de cabeza (o polea motriz). La plataforma da continuidad a los pasillos de mantención de la galería, cuenta con una estructura de piso conformada por vigas I, viguetas de sección canal y arriostramientos de piso de perfiles ángulo.

La torre del motor es una estructura de dos niveles que alberga elementos mecánicos como la polea tensora, ésta da acceso a la galería y pasillos de mantención mediante un sistema de escaleras. La torre está conformada por marcos con arriostramientos en V invertida para limitar las deformaciones en el plano horizontal y transversal, sus columnas cuentan con apoyos rotulados en la base, además, posee sistemas de piso en sus dos niveles.

La galería está conformada por una sistema de enrejados unidos longitudinalmente. Transversalmente cada tramo, cuya longitud está determinada por la unión con las cepas o la máxima de 12 m, cuenta con arriostramientos transversales para el control de la torsión. Además, a ambos lados cuenta con pasillos de mantención. Todos los elementos conformantes corresponden a perfiles ángulo.

La zona de carga corresponde a la parte inicial de la correa transportadora que está sostenida por la galería. En el inicio de la correa se encuentra la polea de cola y cuenta con una pequeña plataforma, una tolva para la carga de material, escaleras para dar acceso a los pasillos de mantención de la galería.

Las cepas que dan soporte a la galería están dispuestas en una configuración de cepas verticales y diagonales, éstas están conformadas por columnas de perfiles de sección H orientadas con su eje fuerte en la dirección longitudinal de la correa, cuentan con tramos arriostrados en X por perfiles ángulo.

1.5 Organización de documento

El cuerpo del este informe está organizado en cuatro capítulos. En el Capítulo 2 se presenta una revisión del diseño sísmico nacional, enfatizando en las modificaciones incorporadas en la NCh2369: 2025 tras su actualización. En el Capítulo 3 se presenta la replicación, verificación y posterior modificación del diseño original de la estructura respecto de la norma en su versión actual. Finalmente, en el Capítulo 4 se expone las conclusiones y comentarios del presente trabajo de memoria de título.

CAPITULO 2 ANTECEDENTES, MARCO TEÓRICO Y NORMATIVO

2.1 Introducción

En este capítulo se describe y caracteriza el diseño sísmico de estructuras industriales de la práctica nacional, con enfoque en los fundamentos y la filosofía de diseño que subyacen a la NCh2369. Luego se abordan el contexto y las causas que suscitaron el proceso de revisión y posterior actualización de la norma, mediante una revisión de estudios previos que tuvieron incidencia en dicho proceso. Posteriormente se abordan las modificaciones incorporadas en la actualización normativa, donde se hace énfasis en las disposiciones relativas al análisis sísmico y a las estructuras de acero, las cuales resultan aplicables al caso de análisis y definen el marco normativo que rige el diseño de la estructura.

2.2 Filosofía del diseño estructural industrial

Las disposiciones contenidas en la NCh2369: “Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales” están orientadas al cumplimiento de los objetivos de desempeño sísmico, estos son: La protección de la vida y la continuidad operacional. Éste último busca minimizar la paralización de los procesos productivos y reducir los costos asociados al lucro cesante, precisamente, este objetivo es el que caracteriza a la norma y delimita su aplicación a la industria.

El conjunto de disposiciones, exigencias, objetivos de desempeño, comentarios y conceptos de diseño incluidos en la norma, constituyen la filosofía de diseño, la cual procura proveer a las estructuras de un nivel de ductilidad global moderado y gran sobrerresistencia. En ese sentido, desde el punto de vista de la continuidad operacional, la norma plantea como deseable el uso nulo o limitado de ductilidad durante eventos sísmicos cercanos al nivel de diseño, puesto que, incursionar en el uso de ductilidad implica reparaciones posteriores que comprometen la continuidad operacional y tienen asociado un costo monetario. Por otra parte, la norma también plantea como deseable disponer de sistemas estructurales simples, evitando estructuraciones con grandes asimetrías de masa y rigidez.

En la práctica, para asegurar el comportamiento dúctil, los elementos fusibles se diseñan utilizando cargas sísmicas reducidas por el factor de reducción de respuesta (R). Por otra parte, la provisión de

sobrerresistencia se contempla para aquellos elementos que no se espera o no se desea que salgan del rango elástico, los cuales se diseñan para cargas mayores, es decir, sin reducción de cargas sísmicas. Finalmente, debido a la gran variabilidad de la industria y especificidad los sectores de ésta, no siempre es posible contemplar sistemas estructurales regulares en masa y rigidez, por lo que usualmente se recurre a la provisión de redundancia e hiperestaticidad.

2.3 Estudios previos a la actualización normativa

La transfiguración de la NCh2369 contempló dos procesos de actualización desde su primera versión publicada y oficializada en 2003. Los procesos de revisión y actualización se materializarían en las versiones de 2023 y 2025 del texto normativo, en las cuales se profundiza más adelante. Dado que la versión actual de la norma se trabajó sobre la base de la versión publicada en 2023, la NCh2369.Of2025 es la versión vigente técnicamente y deja fuera de vigencia técnica la versión de 2023, sin perjuicio de aquello, es preciso señalar que una gran parte del contenido introducido en la versión 2023 se mantiene presente y es revalidado en la NCh2369.Of2025. A continuación, mediante de una revisión de estudios previos pertinentes al presente trabajo, se exponen los antecedentes que motivaron la actualización de la norma, así como también las observaciones técnicas que definieron el carácter de las actualizaciones.

En el marco de los seminarios realizados por la mesa de trabajo del comité técnico encargado del proceso de actualización de la norma, Montecinos (2017) sintetizó su diagnóstico de la norma de aquel entonces, la NCh2369Of.2003, sosteniendo como precursores de la actualización la experiencia nacional y la globalización del diseño. Concretamente afirmó que:

1. La experiencia de los sismos de gran magnitud permitió a la comunidad especialista nacional llegar a una visión compartida de que si bien la norma cumplía los objetivos de desempeño sísmico declarados relativos a la seguridad y la continuidad operacional, en este último, la norma requería complementos y ajustes orientados a la reducción de la paralización del quehacer de la industria. Sostuvo a su vez que el terremoto de Maule 2010 (M_w 8.8) no trajo consigo una pronta modificación al texto como sí ocurrió con las estructuras habitacionales;

experiencia limitada por la escasa disposición de la industria a transparentar daños e informes con la comunidad técnica.

2. En cuanto a la globalización del diseño, la redacción del texto frente a ojos extranjeros denotaba la literalidad de éste y la ausencia de la experiencia nacional, siendo necesario recurrir a aclaraciones, las cuales en gran medida eran provistas por la institución de los revisores sísmicos. Además, el desarrollo normativo norteamericano (ASCE/SEI 7; AISC, 2010) en contraste con la norma nacional generaba tensiones dado el ambiguo vínculo entre ambos textos normativos en ámbitos más allá de lo académico, apuntando al rol de las entidades aseguradoras y la práctica nacional, tensiones desfavorables en un mundo judicializado y con un aumento sostenido de la participación de empresas internacionales.

En tanto, algunos aspectos técnicos considerados en la actualización de las disposiciones del Capítulo 8: “Disposiciones para estructuras de acero” fueron abordados en el estudio presentado por Peña y Urzúa (2019) en el XII Congreso de Sismología e Ingeniería Antisísmica en Valdivia. A continuación, se enlistan dichos aspectos y las observaciones de los autores planteadas en el estudio.

4. Peña y Urzúa (2019) plantearon que la intertextualidad de la versión anterior de la norma con los códigos norteamericanos ponía en conflicto las filosofías de diseño de ambos textos, pues la normativa estadounidense considera posible una gran incursión en el rango inelástico durante sismos, cuestión que lleva a límites más exigentes de compacidad local y límites más permisivos para la esbeltez global en elementos arriostrados comparado con los requerimientos de NCh2369. En ese sentido, se propicia un pandeo temprano estable capaz de resistir un determinado ciclaje con el objetivo de acotar el corte basal; también la norma estadounidense considera una plastificación de la estructura distribuida en la altura, lo que en Chile no suele ocurrir. Esta situación conduce a generar un mecanismo de piso blando en el primer nivel (demanda de ductilidad concentrada en un solo nivel). A contramano, la práctica chilena busca mitigar ese efecto dotando a las estructuras de gran sobrerresistencia, reduciendo la demanda de ductilidad local y global (consistente con el uso compacidad local más permisiva); también, en línea con la filosofía constructiva nacional, NCh2369 propone a modo de mecanismo de disipación temprana de energía sísmica la plastificación en tracción de los pernos de anclaje dúctiles ubicados en las bases de las columnas sísmicas, actuando como fusibles.

4. Método de análisis: La actualización de NCh2369 se basa en los requisitos establecidos en la norma chilena NCh427/1:2016 (INN, 2016), la cual establece el uso del método de análisis directo como alternativa principal para el análisis de estabilidad de elementos en compresión. Aunque este método ha resultado adecuado para solicitaciones de viento u otras cuya magnitud y sentido sean independientes de la respuesta dinámica de la estructura, su uso en un análisis modal espectral bajo demandas de diseño reducidas no tiene sentido físico ya que este método es lineal elástico y no evalúa efectos de segundo orden. Además, la reducción de rigidez de los elementos estructurales podría conducir a una flexibilización de la estructura y a un descenso de las fuerzas laterales de diseño, lo que es un error.
4. Capacidad esperada: La versión de 2003 de la norma alude al concepto de “capacidad” en el apartado 8.5.2. En dicho contexto, Peña y Urzúa (2019) plantearon la necesidad de incluir una definición explícita para dicho concepto. En el diseño de las componentes se debe asegurar su integridad hasta que otra componente predeterminada plastifique, lo que involucra el uso de las propiedades esperadas del material (superiores a las propiedades nominales) para el elemento que entrega carga. Como el estado último de plastificación está bien definido, su aplicación dentro del método LRFD es directa, pero a sabiendas que el método ASD continúa siendo el más extendido en la práctica, se consideró necesario definir una equivalencia matemática.
4. Máxima carga esperada: Aquí Peña y Urzúa (2019) sostienen que si bien el concepto de diseño por capacidad (garantía de un mecanismo de plastificación específico y predefinido) contempla que lo ideal es concentrar la inelasticidad en elementos fusibles del sistema estructural, condicionando al resto de elementos permanecer elásticos, en la práctica este enfoque no es siempre factible o necesariamente correcto. Concluyen que se hace necesario contar con un estimador que limite la carga máxima a esperar en algunos puntos dentro de la estructura y que pueda ser menor, en algunos casos, a la evaluación explícita de un mecanismo de colapso predefinido.
4. Carga para diseño de columnas: La norma NCh2369Of.2003 (INN, 2003) sólo requiere el diseño de columnas por sobrerresistencia para el caso de marcos rígidos con compresión predominante. Por otra parte, limita la exigencia en arriostramientos verticales (marcos

arriostrados concéntricos) a un máximo de un 80%. Peña y Urzúa (2019) señalaron que esta inconsistencia conceptual conduce a que existan diseños que presenten columnas con resistencias muy ajustadas (factores de utilización cercanos a 1.0) en comparación con las diagonales sísmicas a las que se vinculan. Condición peor si se considera que es común que el diseño de arriostramientos verticales está controlado por criterios de compacidad local y esbeltez global en lugar de resistencia, lo que les provee una amplia sobrerresistencia, aun cuando dichos arriostramientos puedan estar vinculados a columnas que se encuentren claramente más solicitadas. Por lo anterior, el colapso de columnas puede preceder a la plastificación (o pandeo estable) de diagonales, evitando la reducción de fuerza sísmica esperada en el diseño.

2.4 Actualización NCh2369:2023

El proceso de revisión y actualización de la NCh2369Of.2003, que culminó con la publicación de la NCh2369:2023, surge en el marco del convenio de cooperación entre el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) y el Instituto Nacional de Normalización (INN), como parte de su plan de trabajo del año 2016. Cabe mencionar que previo a ello y posterior al terremoto del 27 de febrero de 2010, ya existía consenso en la comunidad ingenieril acerca de la necesidad de revisar y actualizar la norma.

Esta actualización contempló la adopción de nuevas metodologías, así como también, la incorporación de grandes cambios en sus disposiciones respecto de su versión previa. Dentro de los principales cambios introducidos por la NCh2369:2023, que se mantendrían en su versión 2025 previo ajuste de parámetros, están:

- La adopción de nuevas formas espectrales representativas de la amenaza sísmica, cuyo uso ya no se limita sólo a la determinación de las fuerzas sísmicas para el diseño, por el contrario, se amplió su uso para diversos análisis planteados en la norma.
- La demanda sísmica del diseño expresada como un set de combinaciones lineal de las tres direcciones espaciales para todos los casos, es decir, ya no se dividen sus tres direcciones dependiendo las combinaciones de carga o el elemento que se evalúe.

- Cambios conceptuales en la cláusula 8 de la norma, donde destaca la amplificación de las cargas y la relevación del uso de cargas sísmicas reducidas por el factor de modificación de respuesta (R) únicamente al diseño de elementos fusibles.
- Se reconoce el amplio uso de *softwares* para el cálculo, por ello, se eliminan requisitos asociados fuertemente a revisiones “a mano” y se entregan extensos lineamientos y comentarios sobre la modelación estructural.

2.5 Actualización NCh2369.Of2025

Como antecedente de esta actualización, a fines de 2023 el Instituto Nacional de Normalización (INN) recibió comentarios, provenientes de distintas asociaciones gremiales ligadas a la materia, acerca del documento normativo publicado en ese mismo año. En consecuencia, tras revisiones y discusiones internas, inició una consulta pública acotada que culminaría, en mayo de 2024, con la conformación del comité técnico, cuyo trabajo finalizó en mayo de 2025 con la publicación de la actual NCh2369.Of2025, la cual adquirió carácter de normal oficial de la república en marzo de 2026 con entrada en vigor en septiembre del mismo año.

Dado que esta versión se trabajó sobre la base de la versión publicada en 2023, esta nueva actualización incorpora una serie de ajustes de parámetros introducidos en la versión de 2023. Los ámbitos y parámetros ajustados en la NCh2369.Of2025, atinentes relativos a esta memoria, corresponde a los siguientes:

- Ajuste en la demanda sísmica, sin perjuicio de los objetivos de desempeño sísmico de protección de la vida y continuidad operacional de la industria.
- Modificaciones en las combinaciones de carga, ajustadas para ser más descriptivas de la práctica nacional.
- Ajustes en las fuerzas sísmicas de corte basal mínima y máxima e introducción del factor de modificación de respuesta estructural efectivo, R_1 .

2.6 Marco normativo del diseño

La NCh2369.Of2025 corresponde a la versión normativa vigente técnicamente y posee carácter oficial, en consecuencia, su aplicación es obligatoria para proyectos estructurales a partir de su entrada en vigor con fecha 9 de septiembre de 2026. En lo que respecta a la presente memoria de título, las disposiciones y exigencia contenidas en la NCh2369.Of2025, aplicables al caso de estudio, definen la metodología a emplear en el rediseño de la estructura.

En las subsecciones siguientes se detallan los cambios incorporados y disposiciones contenidas en la NCh2369.Of2025 pertinentes al caso de estudio. El desglose de cambios y disposiciones se realiza en consistencia con la disposición contemplada por el documento normativo.

2.6.1 Capítulo 4: Disposiciones de aplicación general

Categorías de ocupación y coeficiente de importancia

Para efectos de la aplicación de la norma, ésta clasifica las estructuras y equipos en categorías de ocupación y operación según la naturaleza de su uso. La clasificación definida en la norma corresponde a una adaptación al sector industrial de la clasificación definida en la NCh3171 (INN, 2017). Las categorías se denotan mediante números romanos (I, II, III y IV) y cada una tiene asociado un coeficiente de importancia, aunque, para la categoría IV se permite emplear un coeficiente de importancia mayor, adecuado al proyecto específico y definido consistentemente con el nivel de desempeño estructural requerido. La norma define las categorías de ocupación y los valores del coeficiente de importancia, I, como sigue:

Categoría de ocupación	I: $I = 0.8$
Categoría de ocupación	II: $I = 1.0$
Categoría de ocupación	III: $I = 1.2$
Categoría de ocupación	IV: $I = 1.2$

Combinaciones de carga

Para la definición de las combinaciones de carga, aquellas que no incorporen la acción sísmica se deben definir de acuerdo a los criterios indicados en la norma NCh3171 (INN, 2017). Por otra parte, cuando se considere la acción sísmica, se debe usar al menos las combinaciones de la Tabla 2.1 al considerar el método LRFD.

Tabla 2.1 Combinaciones de carga de diseño que consideran la acción sísmica.

- | | |
|-----|---------------------------|
| i) | $1.2D+a \times L+SO+SA+E$ |
| ii) | $0.9D+SA+E$ |

D es la carga permanente.

L es la carga de uso.

a es el factor de reducción de la sobrecarga de uso.

SO es la carga de operación esperada concurrente con el sismo.

SA es la carga accidental esperada producida por la ocurrencia del sismo de diseño.

E es la carga sísmica direccionalmente combinada.

La carga sísmica direccionalmente combinada (E) se define mediante la regla de simultaneidad direccional del sismo, la cual considera tres combinaciones lineales de la carga sísmica desacoplada en las direcciones ortogonales en las que actúa el sismo, según se muestra en la Ecuación 2.1.

$$\begin{aligned}
 &\pm 1.0 E_x \pm 0.3 E_y \pm 0.3 E_z \\
 E = &\pm 0.3 E_x \pm 1.0 E_y \pm 0.3 E_z \\
 &\pm 0.3 E_x \pm 0.3 E_y \pm 1.0 E_z
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

2.6.2 Capítulo 5: Análisis sísmico

Espectros normativos horizontales y coeficiente sísmico vertical

Las fuerzas sísmicas de diseño son determinadas a partir del espectro de diseño, el cual se define a partir del espectro de referencia, la formulación de éstos se muestra a continuación.

Esp. de diseño horizontal: $S_{a(T_H)} = 0.7 \frac{I \cdot S_{aH(T_H)}}{R^*} \left(\frac{0.05}{\xi} \right)^{0.4}$ (2.2)

Esp. de referencia horizontal: $S_{aH(T_H)} = A_r \cdot S \frac{1 + r \left(\frac{T_H}{T_0} \right)^p}{1 + \left(\frac{T_H}{T_0} \right)^q}$ (2.3)

En que.

$$R^* = \begin{cases} 1 & R=1 \\ R & R \neq 1, T^* \geq C_r \cdot T_1 \\ 1.5 + (R-1.5) \frac{T^*}{C_r \cdot T_1} & R \neq 1, T^* < C_r \cdot T_1 \end{cases} \quad (2.4)$$

Y, $C_r = 0.16 \cdot R$.

Coeficiente sísmico vertical (para suelos tipo A, B y C): $C_v = 1.2 \cdot I \cdot A_r \cdot S / g$ (2.5)

Donde I es el coeficiente de importancia, definido en el apartado 4.3.2 de la NCh2369.Of2025.

A_r es la aceleración efectiva máxima (del suelo) definida en la tabla 3 de la norma.

R y ξ corresponden al factor de modificación de respuesta y la razón de amortiguamiento para las direcciones horizontales, se definen en la tabla 7 de la norma.

C_v es el coeficiente sísmico vertical.

S, r, T_0 , p, q y T_1 son parámetros que dependen del tipo de suelo, se definen en la tabla 6 de la norma.

T_H corresponde al periodo de vibración del modo considerado en la dirección horizontal considerada.

R^* es el factor de modificación de la respuesta estructural, calculado para el periodo del modo con mayor masa de traslación equivalente, en la dirección de análisis.

T^* es el periodo fundamental en la dirección horizontal de análisis sísmico, cuyo valor se determina mediante un procedimiento teórico o empírico fundamentado.

Valor mínimo y máximo del corte basal

La fuerza sísmica de corte basal, Q_0 , obtenido del análisis sísmico, previo a realizar combinaciones de carga, debe ser mayor o igual al valor $Q_0^{\min}$ obtenido mediante la ecuación siguiente:

$$Q_0^{\min} = 0.25 \frac{I \cdot A_r \cdot S}{g} P \quad (2.6)$$

Si Q_0 resulta menor, todas las fuerzas y esfuerzos internos derivados del análisis, se deben multiplicar por el cociente $Q_0^{\min}/Q_0$, para efectos del diseño. Esta amplificación no aplica al cálculo de desplazamientos.

Si la fuerza sísmica de corte basal, Q_0 , excede el valor $Q_0^{\max}$ obtenido a partir de la expresión:

$$Q_0^{\max} = 2.75 \frac{I \cdot A_r \cdot S}{g(R+1)} \left(\frac{0.05}{\xi} \right)^{0.4} P \quad (2.7)$$

Todas las fuerzas y esfuerzos internos derivados del análisis, se deben multiplicar por el cociente $Q_0^{\max}/Q_0$, para los efectos del diseño. Esta reducción no se debe aplicar al cálculo de desplazamientos.

Factor de modificación de la respuesta estructural efectivo R_1

Para fines de diseño, el valor de R_1 se determina mediante la Ecuación 2.8.

$$R_1 = R \cdot \min(Q_0/Q_0^{\min}, 1) \quad (2.8)$$

2.6.3 Capítulo 6: Desplazamientos debidos a la acción sísmica

Los desplazamientos sísmicos se deben estimar utilizar el espectro elástico de referencia, ajustado según la razón de amortiguamiento y el coeficiente de importancia I. Para estructuras en general, los desplazamientos estimados no deben exceder el valor siguiente.

$$d^{\max} = 0.015 \cdot h \quad (2.9)$$

En que h es la altura del nivel o entre dos puntos ubicados sobre una misma línea vertical. Alternativamente, la norma permite aumentar el límite si se demuestra que el desplazamiento estimado no compromete la operación de la industria.

2.6.4 Capítulo 8: Disposiciones para estructuras de acero

Este capítulo de la norma experimenta profundos cambios, como visión general de estas modificaciones se busca aclarar el vínculo ambiguo con las disposiciones del código “*Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*” (AISC). Por ello, se define en este capítulo que, en esta nueva versión se debe considerar únicamente las disposiciones contenidas en él para los sistemas estructurales que aborda y sólo remite al usuario al mencionado código americano para los sistemas estructurales no contemplados explícitamente en el capítulo.

La versión actual de la norma estandariza la provisión de sobrerresistencia a través de modificar el estado de carga sísmico horizontal en las combinaciones de carga a un valor amplificado por $0.7R_1 \geq 1$ para elementos en los que se espere que puedan incursionar en el rango no lineal, omitiendo los requerimientos de diseño en caso de cumplirse ese límite.

Para las columnas ahora se tiene que además de ser diseñadas bajo las cargas amplificadas por $0.7R_1 \geq 1$, este criterio sólo aplicaba en la versión anterior a columnas de marcos rígidos controlados por compresión. Ya no se restringe la utilización de éstas al 80% de su capacidad.

La resistencia requerida en conexiones se define calculándose en términos de los esfuerzos provenientes de combinaciones con sismo amplificado ($0.7R_1 \geq 1$), pero no mayor al menor valor entre la capacidad esperada del elemento a conectar y la máxima carga transferible del sistema a la conexión, y no menor a la mitad de la capacidad esperada del elemento a conectar.

En cuanto a marcos arriostrados concéntricamente (MAC) en configuraciones con arriostramientos en V o V invertida se admite que la separación entre puntos de trabajo alcance como máximo una separación igual a dos veces la altura de la viga, si la separación es mayor debe tratarse como marco excéntrico. Además, para las configuraciones mencionadas y con arriostramiento en X, la viga puntal debe diseñarse para el desvalance que resulta cuando la diagonal comprimida presenta su capacidad residual y la diagonal en tracción su capacidad esperada, pero estas cargas no necesitan ser mayores que las que contemplan la amplificación de la carga sísmica horizontal por el factor $0.7R_1 \geq 1$.

También, hubo cambios en los criterios de la relación ancho/espesor de los elementos, ahora se debe verificar dichos valores conforme a los que se establecen en la Tabla 9 del documento normativo. Los nuevos criterios de relación ancho/espesor son más restrictivos, afectando principalmente a la elección de arriostramientos.

Es preciso mencionar que los cambios enumerados no contemplan la totalidad de las modificaciones plasmadas en el actual texto de la norma, sino que corresponden a los cambios en las disposiciones y exigencias normativas que bastan para cubrir el diseño al que se remite este estudio.

2.7 Conclusión

En este capítulo se estableció el marco normativo que delimita las exigencias y condiciones mínimas que debe cumplir el diseño actualizado de la estructura estudiada, así como las disposiciones aplicables que configuran la modelación, análisis y verificación de la estructura.

CAPITULO 3 MODELACIÓN Y DISEÑO ESTRUCTURAL

3.1 Introducción

En este capítulo se aborda la modelación, verificación y corrección del diseño de la estructura de soporte de la correa transportadora estudiada considerando un análisis lineal consistente con la norma NCh2369.Of2025. Se detalla la información necesaria para el análisis, estados de carga intervinientes, combinaciones de cargas, verificaciones normativas y la subsanación de las no conformidades evidenciadas en la etapa de verificación.

3.2 Materiales

Todos los perfiles, planchas y demás elementos de acero, que conforman la estructura, responden al estándar ASTM A36. Para efectos del diseño, las propiedades mecánicas del acero estructural consideradas corresponden a las presentes en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Propiedades del acero estructural ASTM A36.

Módulo de elasticidad:	E_s	200000	MPa
Tensión de fluencia especificada:	F_y	248	MPa
Tensión última especificada:	F_u	400	MPa
Razón entre tensión de fluencia esperada y F_y :	R_y	1.3	
Razón entre tensión última esperada y F_u :	R_u	1.5	

3.3 Estados de carga

Los estados de carga contemplados para la modelación del sistema estructural corresponden a aquellos definidos por la naturaleza del proyecto y de sus operaciones, como también, a aquellos estados de carga definidos de manera consistente con la normativa vigente aplicable. A continuación, se pormenoriza cada uno de ellos. Para apreciar el detalle de la aplicación de las cargas a la estructura se debe consultar el ANEXO 1.1.

3.3.1 Carga permanente

La carga permanente o carga muerta, D_L , corresponde al estado de carga en el que contribuye el peso propio de la estructura y el de elementos no estructurales. El desglose de estos elementos y su contribución al estado de carga permanente, D_L , se muestra en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Cargas contribuyentes al estado de carga permanente.

Estructura de acero	7850 (kgf/m ³)
<i>Grating</i> pasillo	24 (kgf/m ²)
<i>Grating</i> plataforma mantención	49 (kgf/m ²)
Placa de cubierta	12 (kgf/m ²)
Correa	23.2 (kgf/m)
Rodillo transportador	20 (kgf/m)
Rodillo de retorno	5.7 (kgf/m)
Pasamanos	15 (kgf/m)
Conductos eléctricos	20 (kgf/m)
Tuberías	30 (kgf/m)
Polea de cabeza	3045 (kgf)
Polea de freno	637 (kgf)
Polea de alta tensión	2610 (kgf)
Polea motriz	3336 (kgf)
Polea flectora	734 (kgf)
Polea tensora	913 (kgf)
Tolva	750 (kgf)
Contrapeso	10350 (kgf)
Motor	4165 (kgf)
Reducer	4500 (kgf)
<i>Backstop</i>	514 (kgf)

3.3.2 Carga operacional

La carga operacional se refiere a la estimación del efecto de las acciones dinámicas provenientes del uso normal de la estructura y sus instalaciones. Las cargas particulares que tributan en este estado de carga fueron definidas y estimadas por la disciplina mecánica, para condiciones normales y condición sísmica, con o sin *backstop*. Los valores asociados a estas cargas se presentan en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Cargas asociadas al estado de carga operacional.

Material:	M=	69.4 [kgf/m]
Tensiones operación normal:	T ₁ =	17490 [kgf]
	T ₂ =	5223.5 [kgf]
Tensiones operación eventual concurrente con sismo:	T ₃ =	23081 [kgf]
Compresión por <i>backstop</i> :	C=	8110 [kgf]

A partir de los valores previos, se definen los siguientes estados de carga operacionales:

Tabla 3.4 Cargas constitutivas de los estados de carga operacionales.

Estado de carga operacional		Incluye las solicitaciones por las cargas
Carga operacional normal:	OP _n	M, T ₁ y T ₂
Carga operacional eventual:	OP _e	M y T ₃
Carga operacional por <i>backstop</i> :	OP _b	M y C
Compresión por <i>backstop</i> :	B	C

3.3.3 Carga viva

Los estados de carga asociados a la carga viva, L_L o L_{Ls} , corresponden a la sobrecarga derivada del natural uso de las instalaciones de la estructura, contemplando condiciones normales o de sismo, respectivamente. Los valores que contribuyen a este estado de carga fueron obtenidas consistentemente con lo dispuesto en la norma: “Diseño Estructural – Cargas Permanentes y Cargas de Uso”, NCh1537:2009 (INN, 2009), contemplando la sobrecarga de uso en los pasillos de acceso y en las plataformas de mantención. Los valores considerados en cada caso se muestran en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Valores de las cargas que tributan en el estado de carga viva.

Pasarela (condición normal):	200	[kgf/m ²]
Pasarela (condición sísmica):	0	[kgf/m ²]
Plataformas de mantención (condición normal):	500	[kgf/m ²]
Plataformas de mantención (condición sísmica):	125	[kgf/m ²]

3.3.4 Carga de viento

Los estados de carga asociados al viento considerados son: S_u , que corresponde a las solicitaciones en la estructura debido a la acción del viento y el efecto de succión en la cubierta y W_L , que no considera succión. La estimación de éstas cargas se realiza según la norma: “Diseño Estructural – Cargas de Viento”, NCh432:2010 (INN, 2010), considerando los parámetros de la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Parámetros empleados para la estimación de la carga asociada al estado de carga por acción del viento.

Velocidad básica:	V	30 [m/s]
Coefficiente de importancia:	I _w	1.15
Categoría de exposición:	B	
Factor topográfico:	K _{zt}	1
Factor de ráfaga:	G	0.85

3.3.5 Carga sísmica

La carga sísmica corresponde al efecto inercial inducido en la estructura por el movimiento del suelo. Para la dirección vertical el efecto de la acción sísmica se incorpora considerando fuerzas estáticas equivalentes calculadas a partir del coeficiente sísmico vertical, C_v , mientras que para las direcciones horizontales, estas solicitaciones se estiman por medio de un análisis modal espectral, considerando los espectros de diseño contenidos en la NCh2369.Of2025; en ambos casos, la acción sísmica se particulariza mediante los parámetros sísmicos asociados a la estructura según el proceder normativo descrito en la subsección 2.6.2 del presente documento.

Para efectos del diseño, la estructura estudiada se emplaza en zona sísmica 2, sobre suelo tipo B; su categoría de ocupación fue definida III, en consecuencia, el factor de importancia $I = 1.2$; estructuralmente, el sistema resistente es asimilable a una estructura de péndulo invertido, ya que concentra gran parte de la masa en la mitad superior, esto implica que para las direcciones horizontales $R = 2$ y $\xi = 0.03$.

Ahora, para efectos del diseño, se obtienen los siguientes valores de los periodos fundamentales en las direcciones horizontales, los que se emplean en la formulación de R^* y por extensión en los espectros de diseño, según se constata en la Ecuación 2.2.

Tabla 3.7 Parámetros sísmicos de la estructura.

Periodo fundamental en X:	T_x^*	0.509	[s]
Periodo fundamental en Y:	T_y^*	0.870	[s]
Peso sísmico:	P	1310.54	[kN]
Coeficiente sísmico vertical:	C_v	0.605	
Esfuerzo de corte basal en X:	Q_{0x}	289.70	[kN]
Esfuerzo de corte basal en Y:	Q_{0y}	309.92	[kN]
Esfuerzo de corte basal mínimo:	$Q_{0}^{\min}$	165.13	[kN]
Esfuerzo de corte basal máximo:	$Q_{0}^{\max}$	742.73	[kN]

Con todo, las cargas sísmicas desacopladas en las direcciones X, Y y Z, obtenidas a partir del análisis sísmico planteado, deben ser combinadas según la regla de simultaneidad de la NCh2369.Of2025. Así, se obtiene el espectro que particulariza la demanda sísmica solicitante para las direcciones de análisis, el cual se aprecia a continuación.

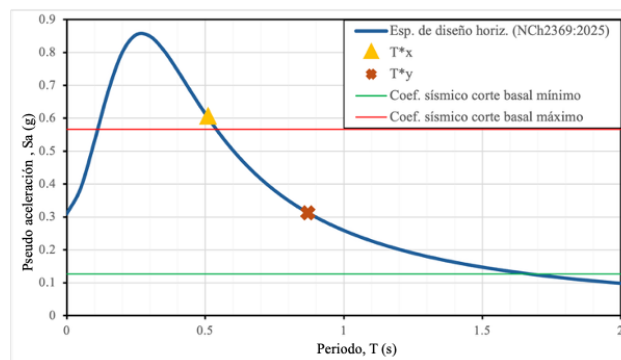


Figura 3.1 Espectro de diseño para direcciones horizontales.

3.3.6 Carga térmica

La carga térmica, T , corresponde a las solicitaciones en la estructura producto de la dilatación o contracción por gradiente térmico. En particular, la carga térmica definida para este proyecto estructural, corresponde a un gradiente térmico de 30°C , aplicado a todos los elementos estructurales.

3.4 Combinaciones de cargas

Para efectos del diseño, la NCh2369.Of2025 señala que, las combinaciones de cargas que no incorporan la acción sísmica se definen según las dispuestas en la norma “Diseño estructural – Disposiciones generales y combinaciones de cargas”, NCh3171:2017 (INN, 2017) éstas se muestran en la Tabla 3.8. Mientras que, cuando se considere la acción sísmica, se debe adoptar las combinaciones de carga mostradas en la Tabla 2.1.

Tabla 3.8 Combinaciones de carga para el diseño que no contemplan la acción sísmica.

Comb. de carga según NCh3171	Comb. Aplicable
1) 1.4D	1') 1.4D
2) 1.2D+1.6L+0.5(L _r o S o R)	2') 1.2D+1.6L
3a) 1.2D+1.6(L _r o S o R)+L	3'a) 1.2D+L
3b) 1.2D+1.6(L _r o S o R)+0.8W	3'b) 1.2D+0.8W
4) 1.2D+1.6W+L+0.5(L _r o S o R)	4') 1.2D+1.6W+L
6) 0.9D+1.6W	6') 0.9D+1.6W

D: Carga permanente.

L: Carga viva.

Lr: Carga de uso de techo según NCh1537.

S: Carga de nieve según NCh431.

R: Carga de lluvia.

W: Carga de viento según NCh432.

Considerando que La NCh3171 no contempla combinaciones de cargas de aplicación explícita para el ámbito industrial y, por otro lado, en el contexto de la industria, debido a la gran variedad de procesos productivos, tampoco es posible una definición de combinaciones de carga concretas. Por ello, se adaptaron ambos sets de combinaciones de carga de forma coherente los estados de cargas del proyecto particular. Esto implicó:

- La incorporación de la carga térmica, T , con el mismo factor de la carga D en las combinaciones (1), (2), (3a), (3b) y (4), tal como se indica en la excepción b) de la sección 9.1.1 de la norma en cuestión.
- Considerar la carga de operación en condiciones normales, OP_n , como parte de la carga permanente, en consecuencia, se incorpora dicho estado de carga con el mismo factor que la carga D .
- Considerar paralelamente la carga de viento, W_L , y la carga de viento más succión, S_u , en las ecuaciones que involucren a W .

En cuanto a las combinaciones de carga aplicables según la NCh2369.Of2025, se tuvo las siguientes consideraciones para la adaptación de éstas a los estados de carga del proyecto particular:

- La carga térmica, T , de manera análoga a las combinaciones de carga de la NCh3171, se incorpora a las combinaciones (i) y (ii) con el mismo factor que el que acompaña a D .
- La carga viva reducida por el factor “a” es equivalente al estado de carga L_{Ls} , que es relativo a la carga viva en condiciones de sismo, como se introdujo en 3.3.3 en este documento.
- La carga de operación concurrente con el sismo, SO , es equivalente a OP_e , según se definió en 3.3.2 en este documento.
- La carga accidental producida por el sismo, SA , corresponde a la carga operacional por *backstop*, OP_b , para la ecuación (ii). Por otro lado, en la ecuación (i) se emplea la carga de compresión por *backstop*, B , para la carga SA , dado que de otro modo se estaría considerando doblemente la carga del material.

De este modo, las combinaciones de carga a considerar en el diseño particular de la estructura resultan las siguientes.

Tabla 3.9 Combinaciones de carga aplicadas a la estructura.

1)	$1.4(D_L + OP_n \pm T)$
2)	$1.2(D_L + OP_n \pm T) + 1.6L_L$
3)	$1.2(D_L + OP_n \pm T) + L_L$
4)	$1.2(D_L + OP_n \pm T) + 0.8W_L$
5)	$1.2(D_L + OP_n \pm T) + 0.8Su$
6)	$1.2(D_L + OP_n \pm T) + 1.6W_L + L_L$
7)	$1.2(D_L + OP_n \pm T) + 1.6Su + L_L$
8)	$0.9(D_L + OP_n \pm T) + 1.6W_L$
9)	$0.9(D_L + OP_n \pm T) + 1.6Su$
10)	$1.2(D_L \pm T) + L_{Ls} + OP_e + B + (\pm 1.0E_x \pm 0.3E_y \pm 0.3E_z)$
11)	$1.2(D_L \pm T) + L_{Ls} + OP_e + B + (\pm 0.3E_x \pm 1.0E_y \pm 0.3E_z)$
12)	$1.2(D_L \pm T) + L_{Ls} + OP_e + B + (\pm 0.3E_x \pm 0.3E_y \pm 1.0E_z)$
13)	$0.9(D_L \pm T) + OP_b + (\pm 1.0E_x \pm 0.3E_y \pm 0.3E_z)$
14)	$0.9(D_L \pm T) + OP_b + (\pm 0.3E_x \pm 1.0E_y \pm 0.3E_z)$
15)	$0.9(D_L \pm T) + OP_b + (\pm 0.3E_x \pm 0.3E_y \pm 1.0E_z)$

3.5 Verificaciones

3.5.1 Verificación de desplazamientos sísmicos

Para la estimación de las deformaciones sísmicas horizontales, según se plantea en la NCh2369.Of2025 y también como se abordó en este documento en la sección 2.6.3, se emplea el espectro elástico de referencia, corregido según la razón de amortiguamiento correspondiente, y ponderado por el coeficiente de importancia I . Las deformaciones estimadas no deben exceder el valor $d^{\text{máx}} = 0.015$ veces la altura de entrepiso, en consecuencia, vale decir que el *drift* máximo para las direcciones horizontales (δ_x y δ_y), no debe exceder el valor 0.015, que corresponde al valor límite para estructuras en general.

La Tabla 3.10 presenta los *drifts* máximos estimados en consistencia con la norma y lo dicho anteriormente. Análogamente, de forma visual, se grafican los *drifts* sísmicos en la Figura 3.2.

Tabla 3.10 *Drifts* de piso máximos en la torre del motor.

Nivel	δ_x [%]	δ_y [%]	δ_{lim} [%]
Plat. de piso 1° nivel torre del motor	0.13	0.05	1.5
Plat. de piso 2° nivel torre del motor	0.02	0.05	1.5
Parte inferior enrejado del motor	0.03	0.89	1.5
Parte superior enrejado del motor	0.59	0.76	1.5

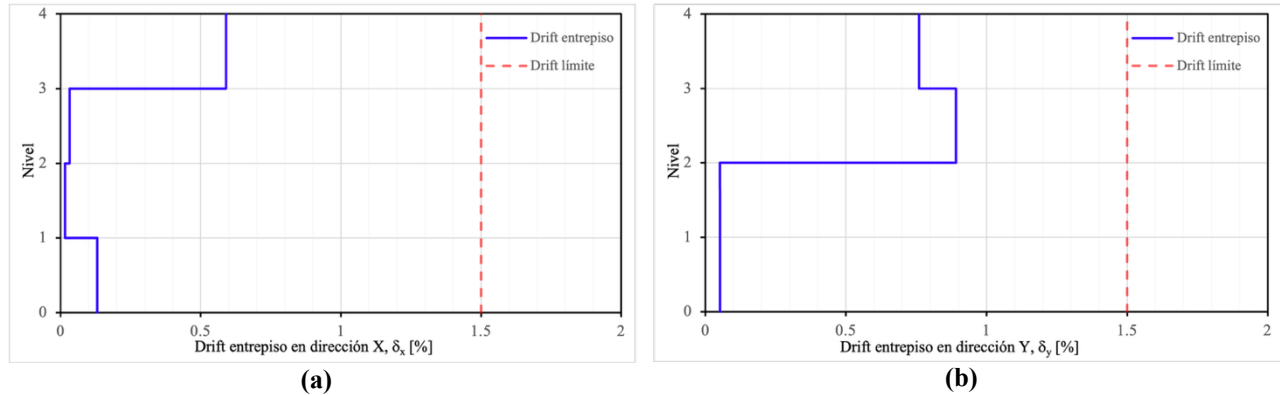


Figura 3.2 Drifts de piso máximos para la dirección X en (a) y para la dirección Y en (b) en la torre del motor.

3.5.2 Verificación de resistencia estructural

La verificación estructural contempla el método de diseño LRFD, se presentan las relaciones demanda/capacidad para la interacción a flexo-compresión para las combinaciones de diseño planteadas en la Tabla 3.9.

La Figura 3.3 muestra los factores de utilización para toda la estructura, donde el estado de carga sísmico no se ha amplificado por $0.7R_1=1.4$. Una vista más detallada de la estructura y los factores de utilización en ella se muestra en el ANEXO 3.2.

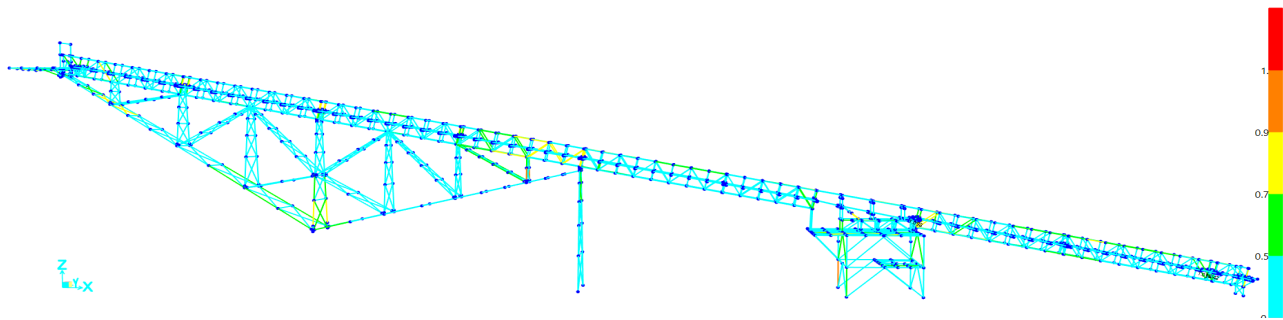


Figura 3.3 Factores de utilización para combinaciones de carga sin amplificación del sismo por $0.7R_1=1.4$.

Las columnas se verifican para las combinaciones de diseño en las cuales el estado de carga sísmico ha sido amplificado en las direcciones horizontales por $0.7R_1=1.4$, los factores de utilización para éstas se muestran en la Figura 3..

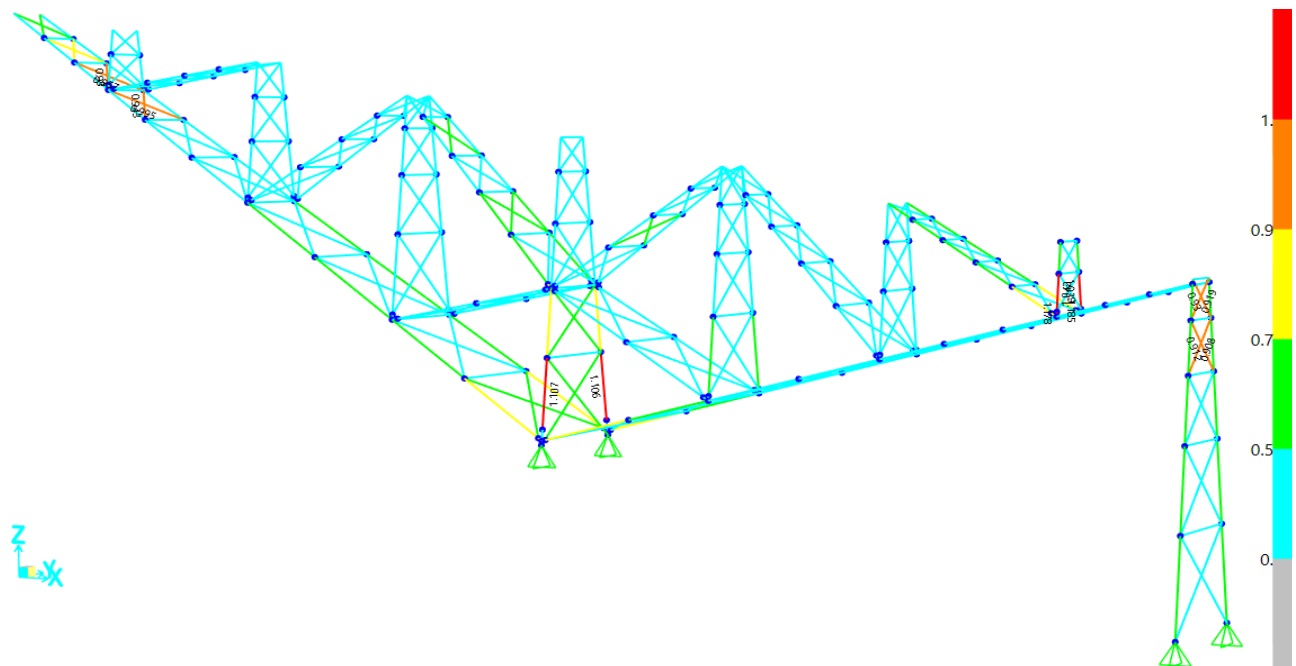


Figura 3.4 Factores de utilización del conjunto de cepas para combinaciones de carga considerando amplificación del sismo por $0.7R_1=1.4$.

Análogamente a las columnas, las diagonales sismorresistentes de planos verticales y, diagonales, puntales y vigas del sistema arriostrado de piso se verifican para las combinaciones de diseño en las cuales el estado de carga sísmico ha sido amplificado en las direcciones horizontales por $0.7R_1=1.4$. Los factores de utilización para éstos se muestran en la Figura 3. (a) y (b).

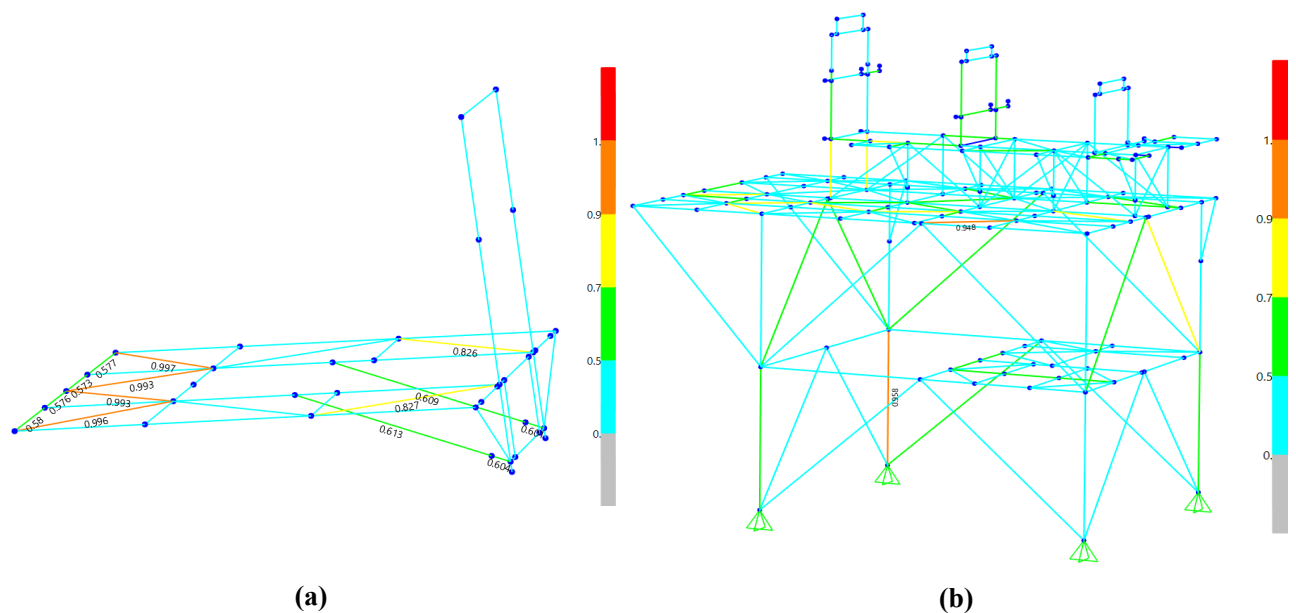


Figura 3.5 Factores de utilización de la plataforma principal en (a) y de la torre del motor en (b) para combinaciones de carga considerando amplificación del sismo por $0.7R_1=1.4$.

3.5.3 Verificación de esbeltez

La Tabla 3.11 exhibe los valores de las relaciones ancho/espesor (λ_{md} , alas y λ_{md} , alma) y de esbeltez global de los miembros del sistema estructural, junto con los respectivos valores límite de dichas propiedades. La estimación de los parámetros límite se realiza en consistencia con lo dispuesto en la NCh2369.Of2025, para los miembros estructurales que se contempla esta exigencia.

En particular, según lo dispuesto en la norma, para la estructura estudiada, los elementos a verificar corresponden a las diagonales sismorresistentes de planos verticales y, diagonales, puntales y vigas del sistema arriostrado de piso. Los valores límite para la relación ancho/espesor $\lambda_{md \text{ lim.}}$ en alas y alma se obtiene de la Tabla 9 de la NCh2369.Of2025, mientras que el valor límite para la esbeltez global $(KL/r)_{\text{lim.}}$, se determina mediante la siguiente expresión.

$$\text{Esbeltez global límite: } (KL/r)_{\text{lim.}} = 1.5 \cdot \pi \cdot \sqrt{E/F_y} \quad (3.1)$$

Tabla 3.11 Verificación de valores de esbelteces locales y globales.

Elemento	Perfil	b/t _f	$\lambda_{md \text{ lim.}}$ (alas)	h/t _w	$\lambda_{md \text{ lim.}}$ (alma)	$(KL/r)_{\text{máx.}}$	$(KL/r)_{\text{lim.}}$
Arriostr. de piso, torre del motor	L 6.5x4.97	13	9.3	-	-	92.5	133.8
Arriostr. de piso, torre del motor	L 8x7.34	13.3	9.3	-	-	91.6	133.8
Arriostr. vertical X, enrejado del motor	XL 13x9.56	13	9.3	-	-	41.1	133.8
Arriostr. vertical V - 1, torre del motor	XL 20x17.9	16.7	9.3	-	-	101.0	133.8
Arriostr. vertical V - 2, torre del motor	XL 20x24.4	12.5	9.3	-	-	102.0	133.8
Arriostr. vertical V - 3, torre del motor	XL 20x35.7	8.3	9.3	-	-	101.4	133.8
Columnas, torre del motor	HE 25x42.2	10	10.0	38.3	54.1	60.3	133.8
Columnas princip., enrejado del motor	HE 25x54.8	4.7	10.0	21.8	65.8	50.1	133.8
Columnas, cepa puntal 1	HE31.3x54.8	6.3	10.0	35.1	55.4	76.9	133.8
Columnas, cepa puntal 2	W 12x30	7.4	10.0	44.1	58.2	82.7	133.8
Columnas, cepas puntales secundarias	W 8x15	6.4	10.0	30.6	52.6	109.9	133.8
Columnas, cepa vertical 1	W 10x22	8.0	10.0	39.4	55.6	90.3	133.8
Columnas, cepa puntal 2	W 10x22	8.0	10.0	39.4	60.7	107.1	133.8
Marco cabeza	IN 30x66.2	5.6	10.0	26.8	90.0	83.8	133.8
Puntales, 1° nivel torre del motor	C 20x11	10	10.0	38.0	89.4	105.1	133.8
Puntales, plataforma cabeza	C 25x15	15	10.0	48.0	78.1	62.2	133.8
Vigas inferiores, enrejado del motor	IN 30x36.7	7.5	10.0	46.7	64.5	43.2	133.8
Vigas superiores, enrejado del motor	HE 20x32	7.5	10.0	30.0	59.6	40.4	133.8
Vigas control defor., torre del motor	HE 50x91.7	5	10.0	57.5	58.1	36.2	133.8
Vigas soporte, marco del motor	HE 35x46.9	10	10.0	55.0	86.1	26.5	133.8
Vigas princip., plataforma cabeza	IN 25x54.8	4.7	10.0	21.8	63.6	37.1	133.8
Vigas, 1° nivel torre del motor	W 10x22	8.0	10.0	39.4	60.3	88.5	133.8
Vigas, 2° nivel torre del motor	W 10x22	8.0	10.0	39.4	64.3	88.5	133.8

Nótese que, a excepción del canal puntal de la plataforma cabeza y los arriostramientos verticales y horizontales, en los cuales el valor límite de relación ancho/espesor para las alas resultó excedido, todos los demás elementos cumplen con los valores límites mencionados. Sin embargo, como se indica en la norma, se puede obviar el cumplimiento de esta exigencia si los elementos al debe están dotados con la suficiente capacidad estructural para resistir las combinaciones de diseño en las cuales el estado de carga sísmico horizontal se amplifica por $0.7R_1 = 1.4$, esto se verificó en el apartado 3.5.2.

En cuanto a los elementos de columnas incluidos en la verificación planteada en la Tabla 3.11, si bien la NCh2369.Of2025 no exige el cumplimiento de la anterior verificación para los elementos de columnas, éstas también verificaron el cumplimiento de los límites tratados.

3.6 Aplicación de corrección al diseño

El diseño estudiado en los apartados anteriores cumple con las exigencias de deformaciones sísmicas; con los criterios de esbeltez global y con los criterios de razón ancho/espesor de los miembros verificados, exceptuando los arriostramientos verticales y horizontales mostrados en la Tabla 3.11, sin embargo, dado que los arriostramientos cumplen con la resistencia necesaria para soportar las combinaciones de diseño en las que el estado de sismos se amplifica por $0.7R_1=1.4$, esta exigencia puede ser obviada. A contramano, el diseño no cumple con la resistencia requerida en las columnas sísmicas al considerar la amplificación del sismo.

La modificación propuesta que subsana la no conformidad de la resistencia en columnas consta de aumentar la sección de las columnas en los tramos requeridos en las cepas B1 y D16. El aumento de sección considerado emula el adosamiento de placas de acero en la zona requerida, así se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 3.12 Aplicación de refuerzo a elementos de columnas de cepas de apoyo.

Cepa	Perfil	Tramo	Ly [mm]	Lx [mm]	Mayor F.U.	Perfil propuesto	F.U. nuevo
B1	W 10x22	Inferior	5392	3079	1.110	W 10x22 Mod.	0.860
D16	W 8x15	Inferior	2520	1284	1.050	W 8x15 Mod.	0.905

Dada la modificación propuesta, los parámetros sísmicos del modelo que incorpora los cambios propuestos resultan los que se muestran en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13 Parámetros sísmicos estructura posterior a corrección del diseño.

Periodo fundamental en X:	T_x^*	0.509	[s]
Periodo fundamental en Y:	T_y^*	0.871	[s]
Peso sísmico:	P	1311.29	[kN]
Esfuerzo de corte basal en X:	Q_{0x}	289.71	[kN]
Esfuerzo de corte basal en Y:	Q_{0y}	312.57	[kN]
Esfuerzo de corte basal mínimo:	$Q_{0}^{\min}$	165.22	[kN]
Esfuerzo de corte basal máximo:	$Q_{0}^{\max}$	743.16	[kN]

3.7 Conclusiones

En este capítulo se abordó de manera práctica la metodología para al análisis de los modelos resultantes del procedimiento de replicación y diseño a partir de los cambios evidenciados en la NCh2369.Of2025. La metodología reúne los criterios de diseño relativos a la normativa actual y plantea el procedimiento para incorporarlos, junto con la información para el diseño propio de la estructura estudiada, para establecer un escenario válido para la comparación de los modelos resultantes.

CAPITULO 4 COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Este capítulo exhibe las principales conclusiones obtenidas a partir del presente trabajo.

Se replicó la estructura de soporte de una correa transportadora de uso minero existente que fue diseñada previamente a la publicación de la norma NCh2369Of.2003, para luego modificar la replicación bajo las disposiciones de la NCh2369.Of2025. El conjunto de parámetros de diseño, que definieron el análisis lineal incluyó tanto parámetros definidos en el proyecto original como aquellos que fueron introducidos y estimados por la aplicación de la normativa actual. Dicho conjunto de parámetros permitió, por medio de la modelación estructural en SAP2000, establecer un diseño actualizado de la estructura conforme con la normativa de diseño actual, entrada en vigencia 25 años más tarde que la materialización del proyecto original de la estructura.

La modificación incorporada a la estructura, en la actualización del diseño para el cumplimiento del marco normativo vigente aplicable, corresponde al refuerzo de las columnas de la cepa B1 y D16 en los tramos inferiores, donde las solicitaciones de diseño excedían la resistencia disponible asociada a las columnas originales en tramos acotados.

Respecto al diseño particular de los elementos no fusibles, se constata que su diseño está controlado por las solicitaciones asociadas a las combinaciones de diseño que incorporan la acción sísmica, las cuales presentan los valores más altos de relación demanda/capacidad. En ese sentido, se destaca que, exceptuando el refuerzo incorporado a las columnas de las cepas B1 y C16, dichos elementos no están diseñados contemplando la optimización de las solicitaciones, por lo que, éstos cuentan con una sobrerresistencia mayor a la mínima exigida por la norma.

A excepción de la modificación al diseño incorporada en las columnas mencionadas, el diseño previo a dicha modificación es consistente con las exigencias y requisitos normativos establecidos en la normativa de diseño desarrollada posteriormente a la estructura, lo cual permite establecer una formulación de la NCh2369 consistente con la práctica nacional, al menos para la estructura aquí contemplada.

La estructura contemplada en este estudio corresponde a una edificación particular de la actividad de la industria nacional, cuyos resultados no puede ser extrapolados rigurosamente a sistemas estructurales distintos al propio de ésta, por lo cual, para conocer y evaluar las implicancias de las disposiciones normativas vigentes en estructuras existentes cuya naturaleza dista de la estudiada se debe incurrir en un estudio pericial similar al abordado en este documento, en el que se emplee y aplique los parámetros y exigencias relativas a la estructura particular consultada.

REFERENCIAS

- AISC. (2010). *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*. American Institute of Steel Construction. Chicago, Illinois, EE.UU.: (AISC 341-10).
- AISC. (1989). *Specification for Structural Steel Buildings* 9th Edition. American Institute of Steel Construction. Chicago, Illinois, EE.UU.
- ASCE. (2010). *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*. Reston, Virginia, EE.UU.: (ASCE/SEI 7-16).
- BCN. (23 de 08 de 2001). *Historia de la Ley 19748. Establece la obligatoriedad de revisar el proyecto de cálculo estructural*. Obtenido de Biblioteca del Congreso Nacional de Chile : https://www.bcn.cl/historiadelaley/nc/historia-de-la-ley/vista-expandida/6018/#h1_1_1
- Congreso Nacional de Chile. (14 de 02 de 1929). Ley 4563. Establece la obligatoriedad de la estandarización de la construcción nacional mediante Ordenanzas Generales. Valparaíso , V Región, Chile.
- Dpto. Ing. Civil UC. (2023). *La ingeniería antisísmica*. Obtenido de https://ciperchile.cl/wp-content/uploads/DocumentoUC.sobre_.normas.pdf
- INN. (1971). *Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones*. (NCh432:71). Santiago, Chile: Instituto Nacional de Normalización.
- INN. (2010). *Diseño estructural - Cargas de viento*. (NCh432:2010). Santiago, Chile: Instituto Nacional de Normalización.
- INN. (2009). *Diseño estructural - Cargas permanentes y cargas de uso*. (NCh1537:2009). Instituto Nacional de Normalización.
- INN. (2017). *Diseño estructural - Disposiciones generales y combinaciones de carga*. (NCh3171:2017). Santiago, Chile: Instituto Nacional de Normalización.
- INN. (2016). *Diseño - Estructuras de acero - Parte 1: Requisitos para el cálculo de estructuras de acero para edificios*. (NCh427/1:2016). Santiago, Chile: Instituto Nacional de Normalización.

- INN. (2012). *Diseño sísmico de edificios, Modificada en 2012*. (NCh433.Of1996-DS61-Mod.2012). Santiago, Chile: Instituto Nacional de Normalización.
- INN. (1996). *Diseño sísmico de edificios*. (NCh433Of.1996). Santiago, Chile: Instituto Nacional de Normalización.
- INN. (2025). *Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales*. (NCh2369.Of2025). Instituto Nacional de Normalización.
- INN. (2023). *Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales*. (NCh2369:2023). Instituto Nacional de Normalización.
- INN. (2003). *Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales*. (NCh2369Of.2003). Instituto Nacional de Normalización.
- INN. (1997). *Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales*. (NCh2369c97). Santiago, Chile: Instituto Nacional de Normalización.
- Montecinos, R. (2017). *Capítulo 8: Disposiciones para estructuras de acero. Alcance y significado de las modificaciones*. Santiago, Chile: Seminario de actualización NCh2369.
- Peña, C., & Urzúa, C. (2019). *Nuevas disposiciones de diseño en actualización NCh2369, Capítulo 8 "Disposiciones para estructuras de acero"*. Valdivia, Chile: XII Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Sísmica ACHINISA 2019.

ANEXOS

ANEXO 1.1 CONTRIBUCIÓN A LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) constituyen un llamamiento universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y las perspectivas de las personas en todo el mundo. Seleccione a cuál o cuáles de los 17 ODS contribuye su trabajo de Memoria de Título:

- ☐ ODS-1 : Fin de la pobreza.
- ☐ ODS-2 : Hambre cero.
- ☐ ODS-3 : Salud y bienestar.
- ☐ ODS-4 : Educación de calidad.
- ☐ ODS-5 : Igualdad de género.
- ☐ ODS-6 : Agua limpia y saneamiento.
- ☐ ODS-7 : Energía asequible y no contaminante.
- ☐ ODS-8 : Trabajo decente y crecimiento económico.
- ☒ ODS-9 : Industria, innovación e infraestructura.
- ☐ ODS-10: Reducción de las desigualdades.
- ☐ ODS-11: Ciudades y comunidades sostenibles.
- ☐ ODS-12: Producción y consumo responsables.
- ☐ ODS-13: Acción por el clima.
- ☐ ODS-14: Vida Submarina.
- ☐ ODS-15: Vida de ecosistemas terrestres.
- ☐ ODS-16: Paz, justicia e instituciones sólidas.
- ☐ ODS-17: Alianzas para lograr los objetivos.

Vinculación
El ODS-9 tiene por objetivo la construcción de infraestructura resiliente, la promoción de la industrialización sostenible y el fomento de la innovación en dichos ámbitos, lo cual guarda relación directa con el desarrollo e implementación de la NCh2369.Of2025 abordada en este documento. En particular, esta memoria contextualiza y resume las incorporaciones al nuevo documento normativo, y evalúa los efectos del diseño normativo planteado en la NCh2369.Of2025 aplicado a una estructura real; en consecuencia, se plantea un diseño con enfoque en la innovación de la infraestructura.

ANEXO 1.2 La estructura

Desde la Figura A.1.2.1 hasta la Figura A.1.2.6 tienen la finalidad de exhibir la disposición del conjunto de la estructura de soporte de la correa sujeta a este estudio, la Figura A.1.2.1 (a) y (b) muestra vistas generales del conjunto, mientras que las figuras desde Figura A.1.2.2 hasta Figura A.1.2.6 ofrecen una vista en mayor detalle de las partes que la componen.

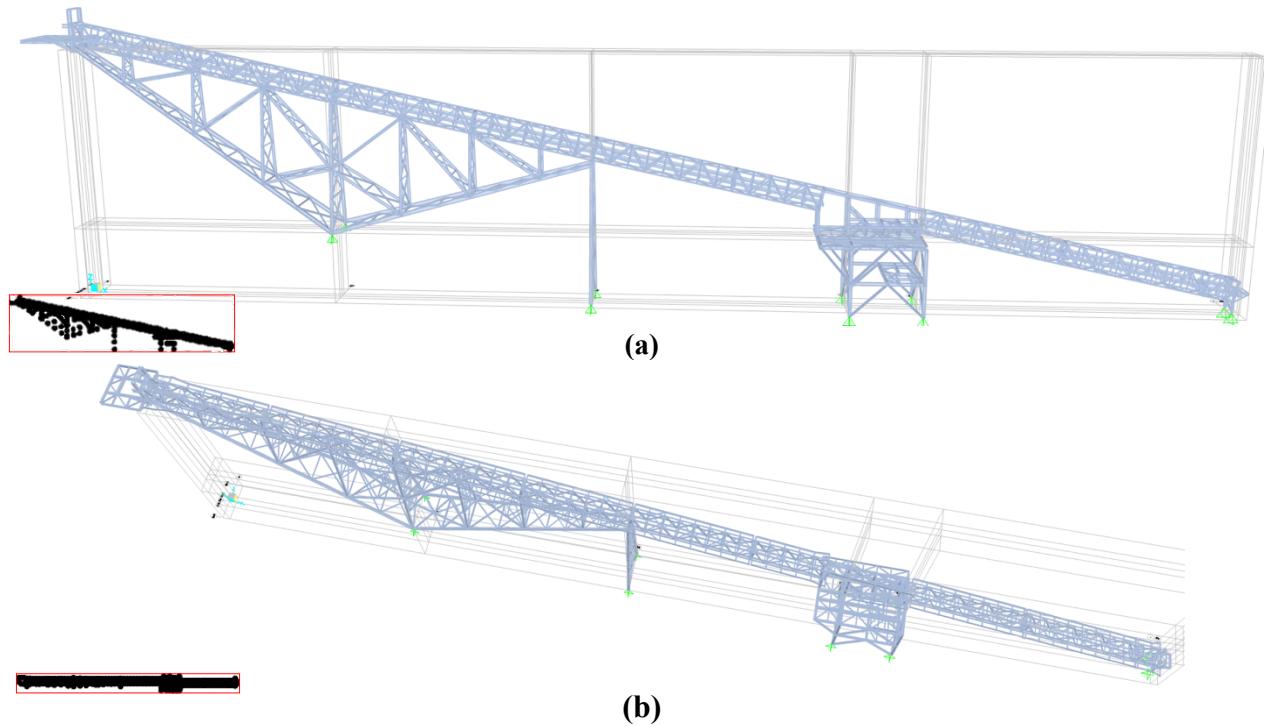


Figura A.1.2.1 Vistas generales del arreglo estructural. (a) Vista lateral y (b) vista cenital.

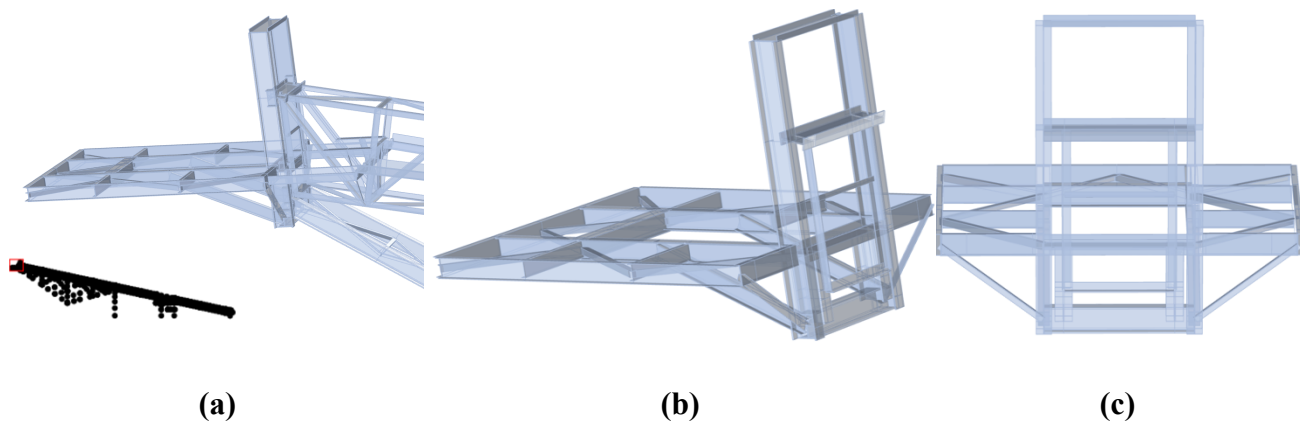
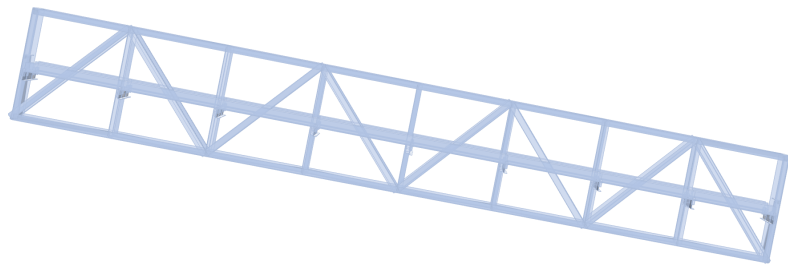
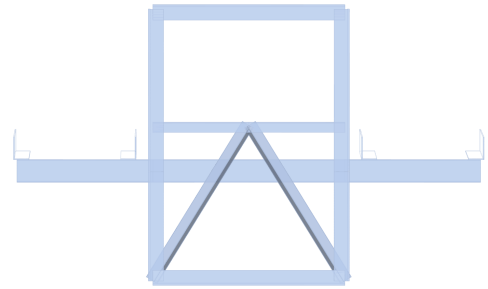


Figura A.1.2.2 Vista lateral de la plataforma en conexión con los enrejados y la diagonal D1 en (a), vista lateral aislada de la plataforma (b) y vista frontal aislada de ésta en (c).



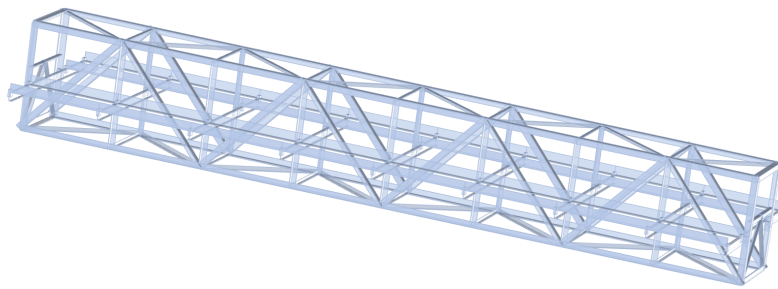
(a)

Vista lateral de enrejado típico de la galería.



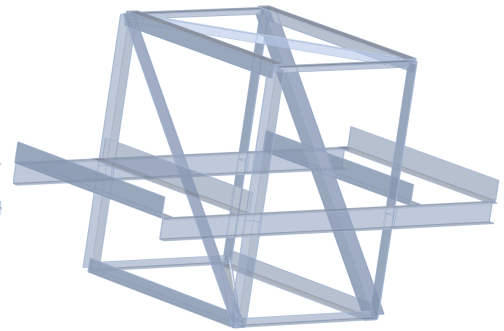
(b)

Vista transversal de un enrejado.



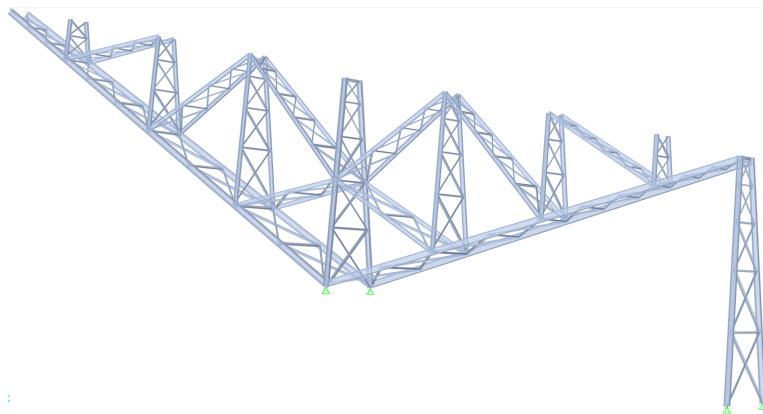
(c)

Vista lateral de un enrejado de la galería, se aprecia que en sus caras extremas como en (b).

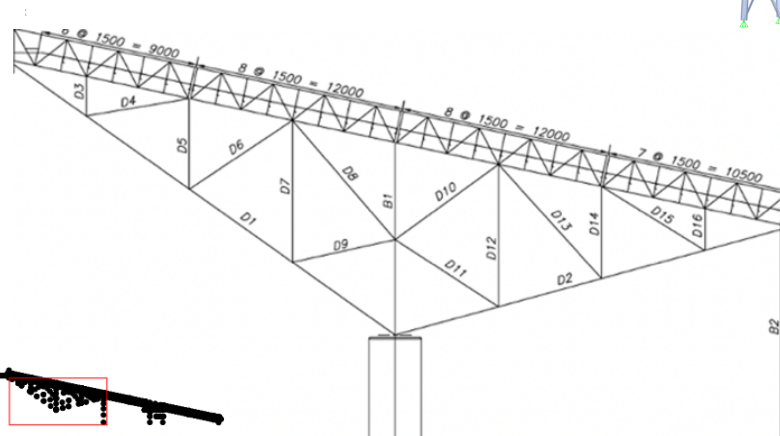


(d)

Unidad típica de los enrejados, perfiles C transversales soportan los pasillos laterales.

Figura A.1.2.3 Composición de los enrejados de la galería.

(a)



(b)

Figura A.1.2.4 Conjunto de cepas de apoyo, vista tridimensional en (a), nomenclatura de las cepas en (b).

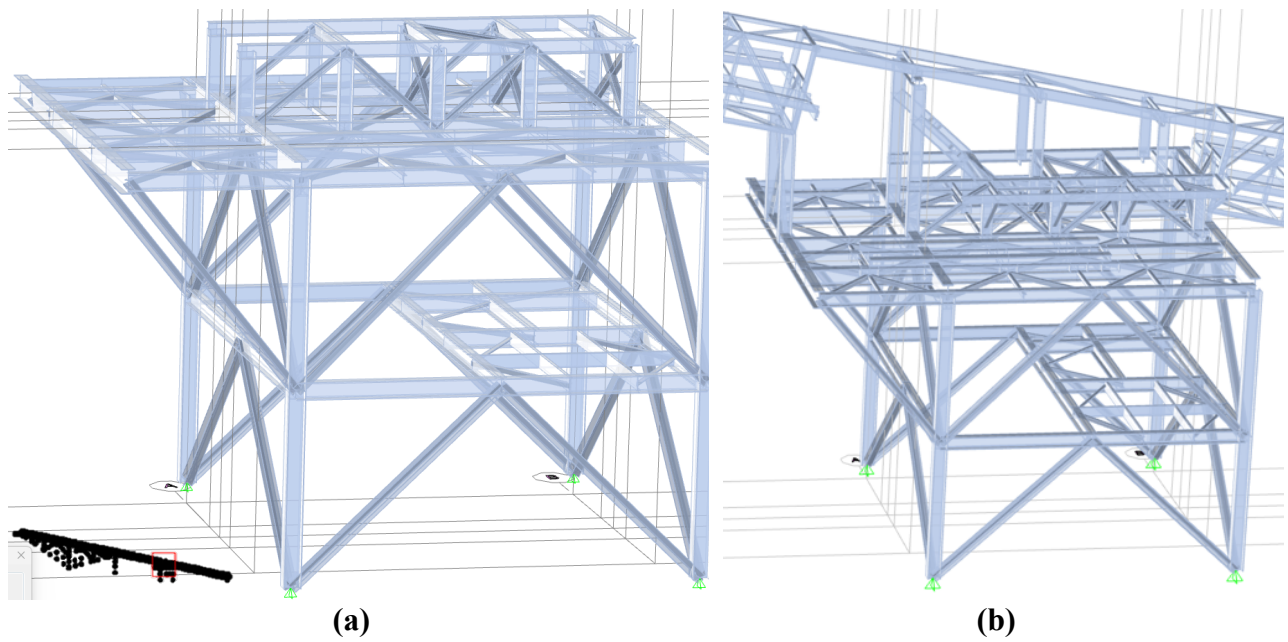


Figura A.1.2.5 Vista de los dos pisos de la torre del motor, aislada en (a) y conectada con los enrejados en (b).

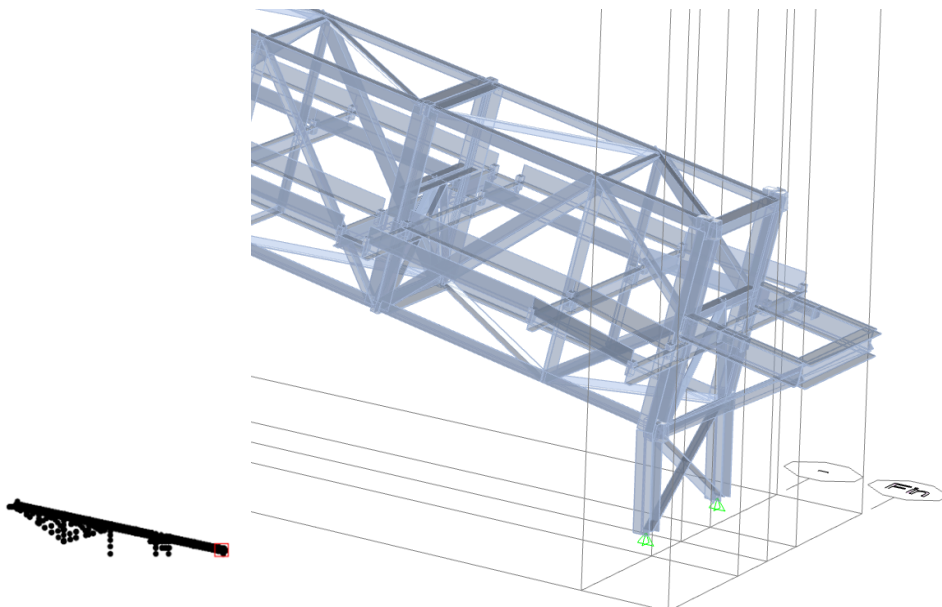


Figura A.1.2.6 Zona de carga de la correa en el extremo inferior de la estructura.

Carga viva o de uso

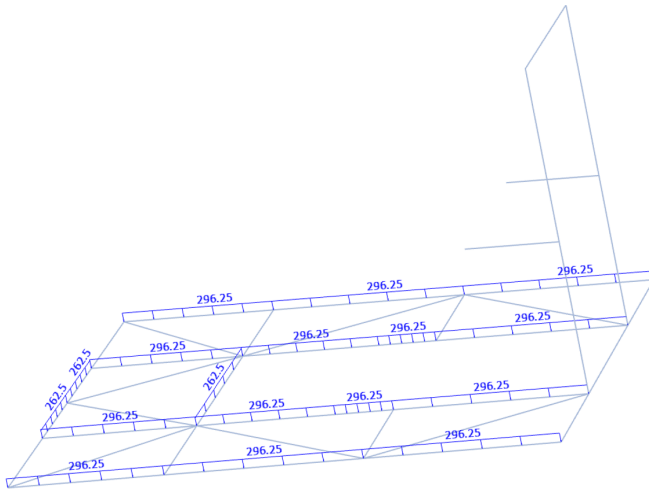


Figura A.3.1.5 Carga viva en la plataforma de descarga.

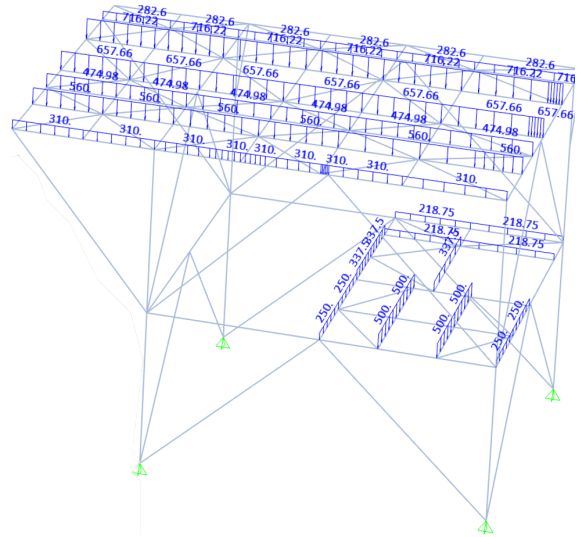


Figura A.3.1.6 Carga viva en torre del motor.

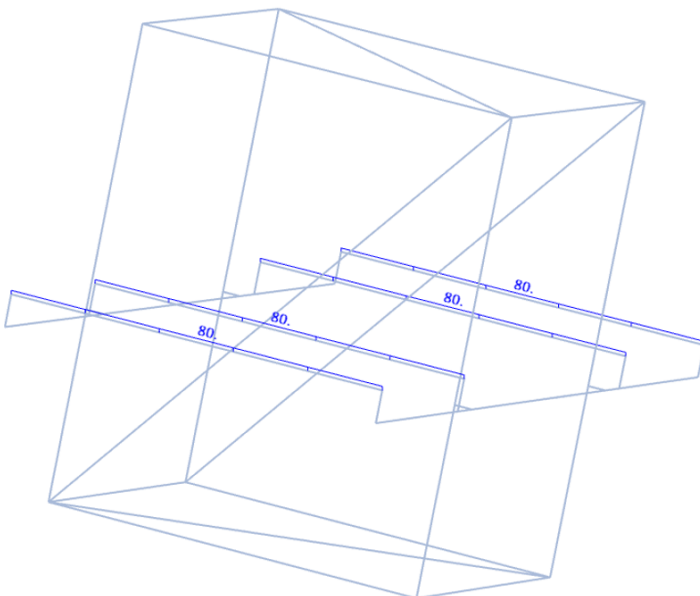


Figura A.3.1.7 Carga viva típica en un elemento de enrejado.

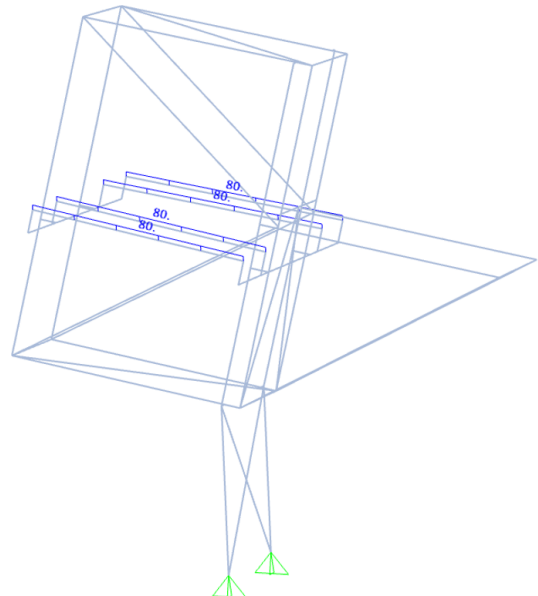


Figura A.3.1.8 Carga viva en la zona de carga.

Carga de viento

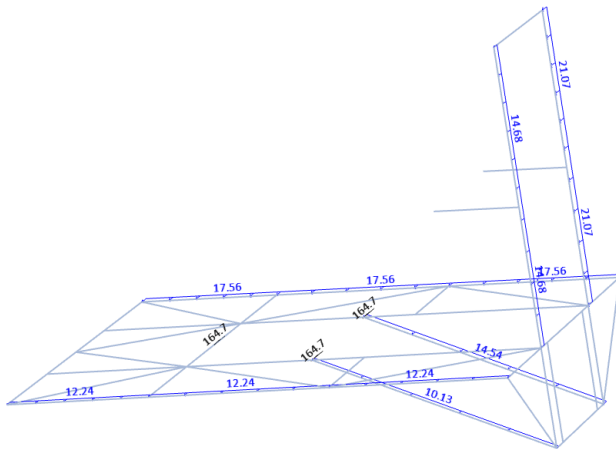


Figura A.3.1.9 Carga de viento en plataforma de descarga.

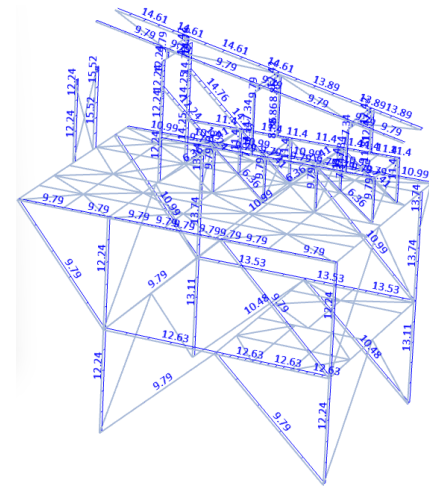


Figura A.3.1.10 Carga de viento en torre del motor.

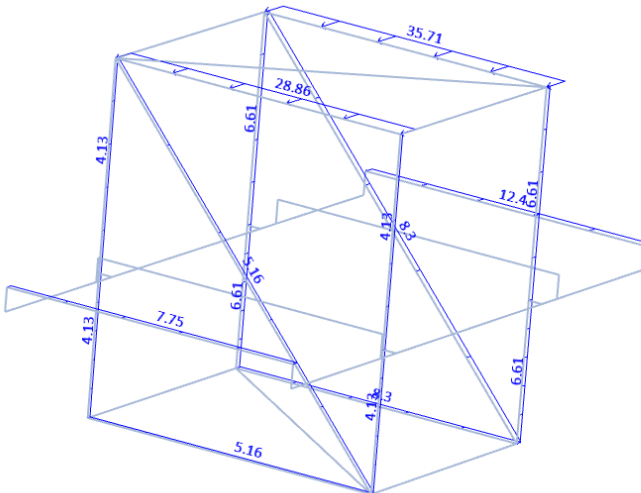


Figura A.3.1.11 Carga de viento típica elemento de enrejado.

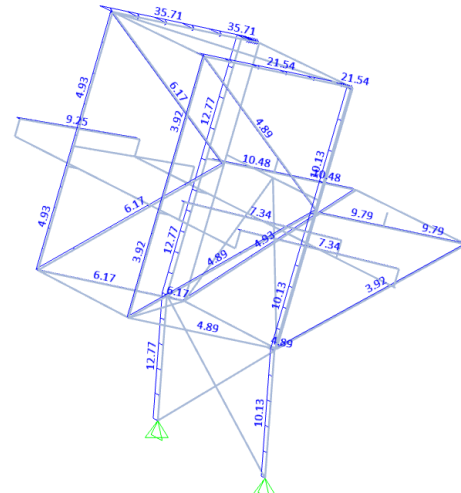


Figura A.3.1.12 Carga de viento en zona de carga.

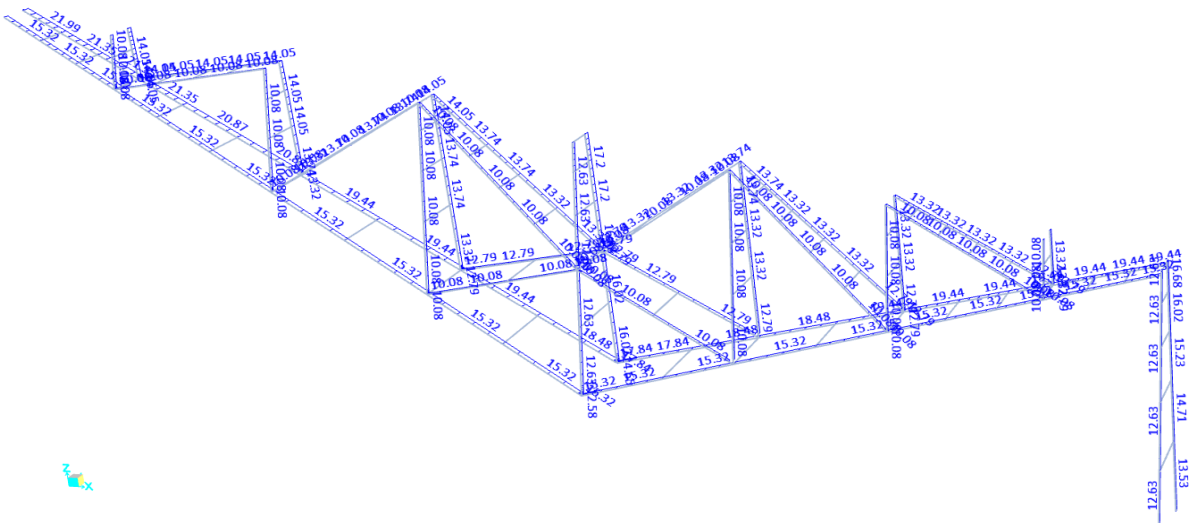


Figura A.3.1.13 Carga de viento en el conjunto de cepas de apoyo.

Succión por acción del viento

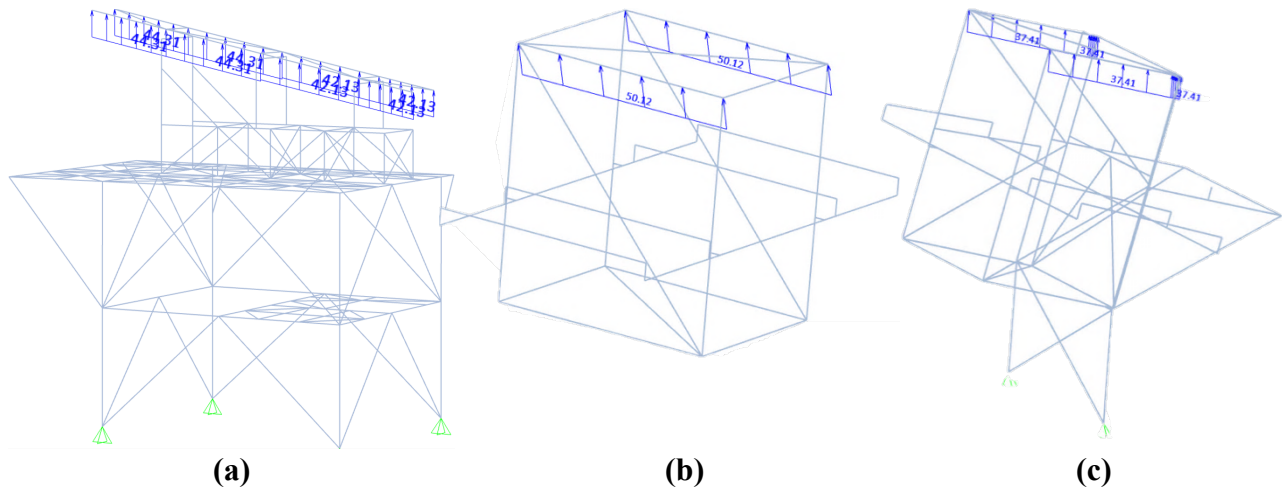


Figura A.3.1.14 Succión en (a) la torre del motor, (b) en un elemento de enrejado y (c) en la zona de carga.

Carga del material

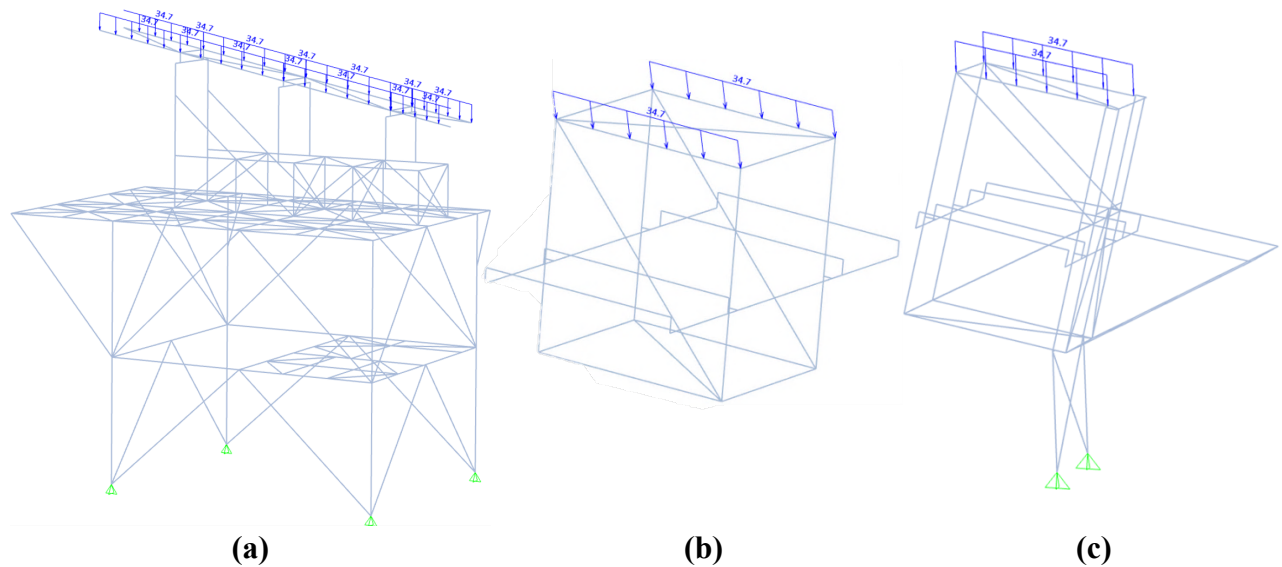


Figura A.3.1.15 Carga del material en (a) la torre del motor, (b) en un elemento de enrejado y (c) en la zona de carga.

Carga operacional

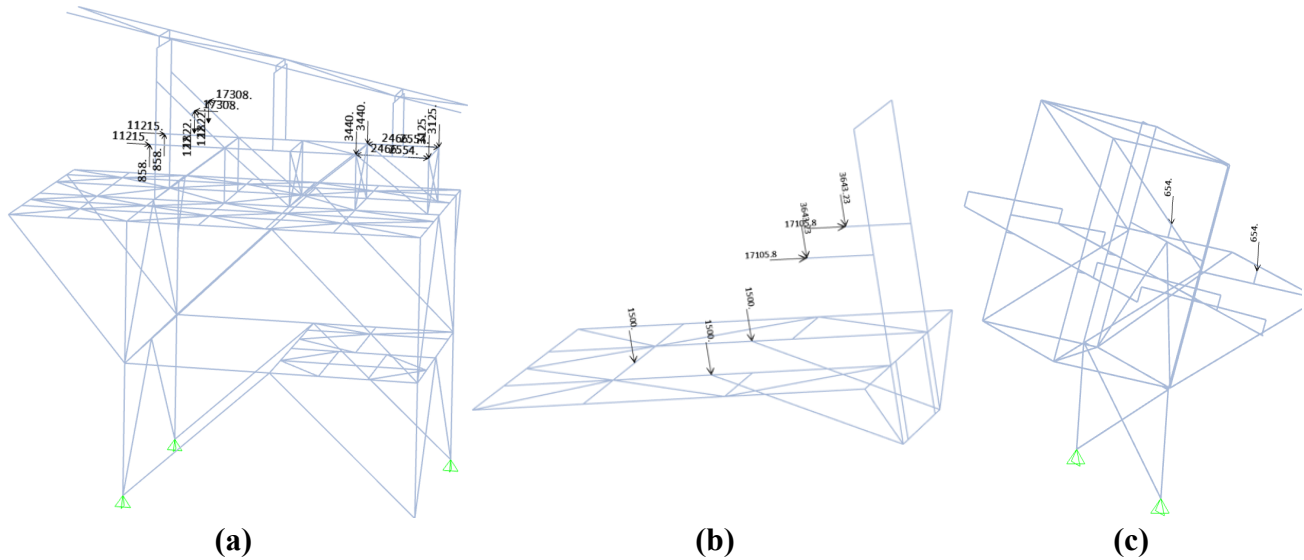


Figura A.3.1.16 Carga operacional en (a) la torre del motor, (b) en la plataforma de descarga y (c) en la zona de carga.

Carga de operación eventual

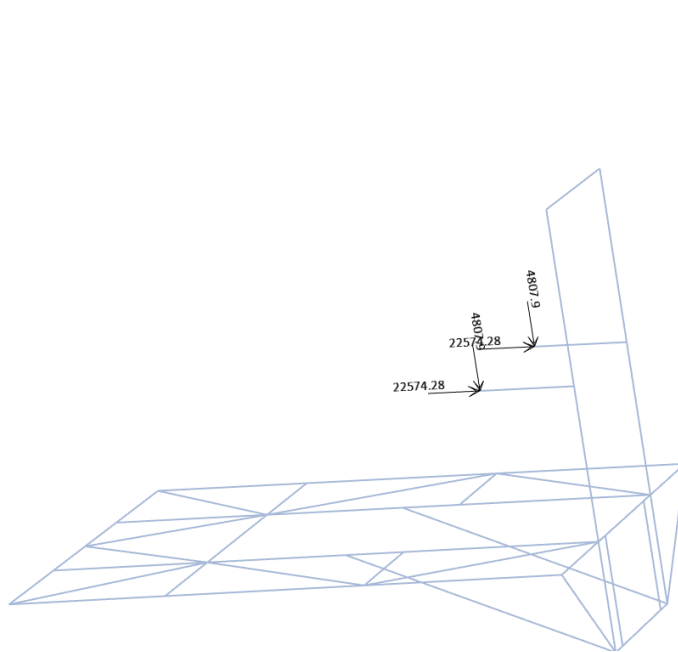


Figura A.3.1.17 Carga de operación eventual en la plataforma de descarga.

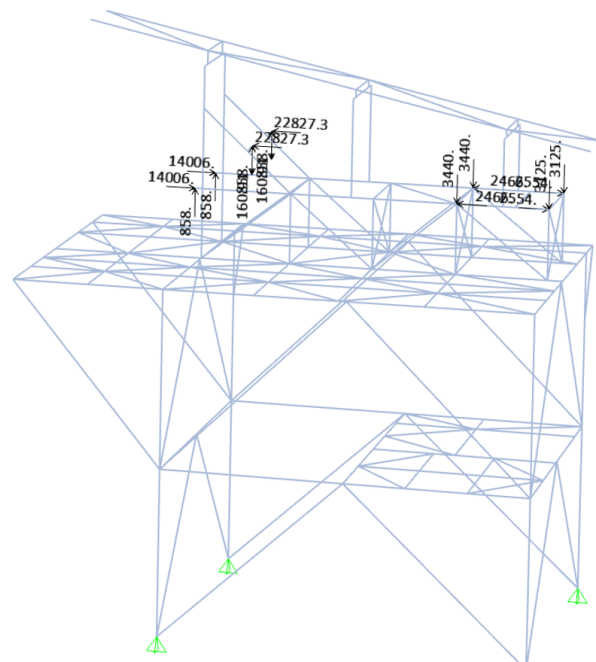


Figura A.3.1.18 Carga de operación eventual en la torre del motor.

ANEXO 3.2 Verificaciones de los modelos M_0 y M_1

Desde la Figura A. hasta la Figura A. se presentan los factores de utilización (F.U.) a flexo-compresión del modelo del diseño sin modificar (denominado M_0) de la estructura para las combinaciones de carga sin la amplificación del estado de sismo, la verificación de sobrerresistencia requerida para resistir las combinaciones de carga de diseño considerando la amplificación del estado de sismo horizontal por $0.7R_1 \geq 1$ en M_0 se presentan desde la Figura A. hasta la Figura A..

La verificación de resistencia del modelo del diseño modificado (M_1) para las combinaciones de carga sin sismo amplificado se muestra en las figuras desde la Figura A. hasta la Figura A. y para la carga de sismo horizontal amplificada en la Figura A. hasta la Figura A..

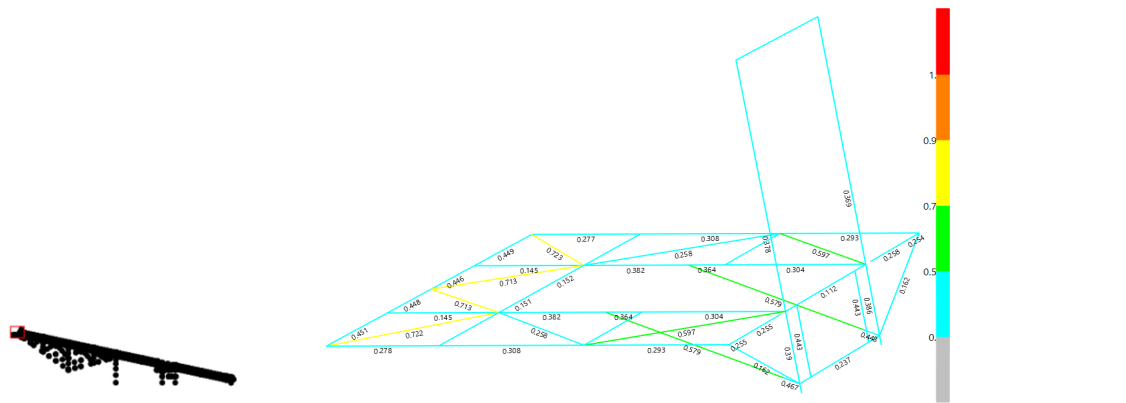


Figura A.3.2.1 Valores de factores de utilización (F.U.) > 0.1 en plataforma de descarga, modelo M_0 , sin $0.7R_1 \geq 1$.

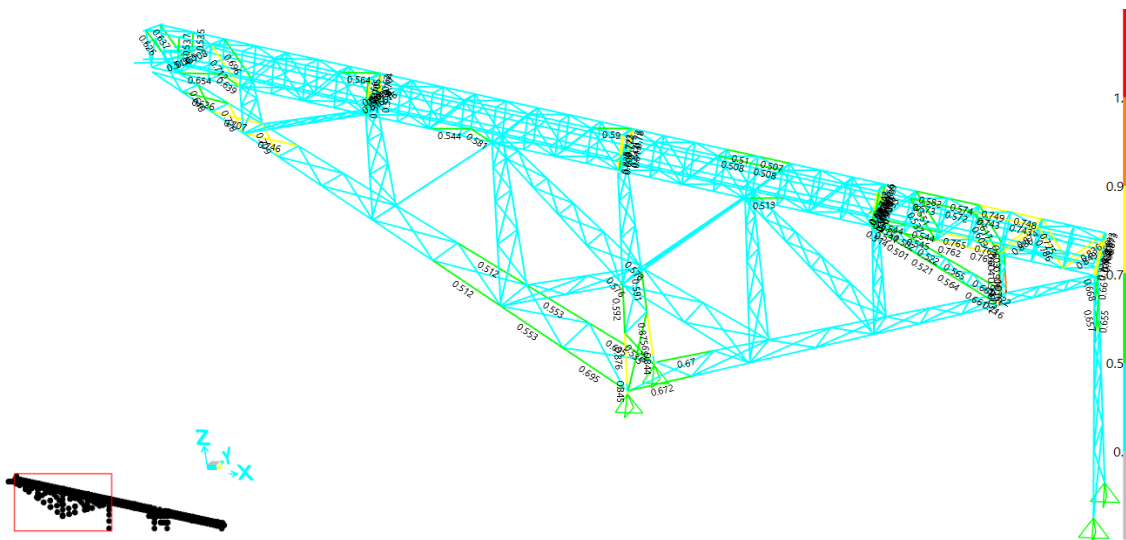


Figura A.3.2.2 Valores F.U. > 0.5 de los enrejados sobre las cepas y cepas del modelo M_0 .

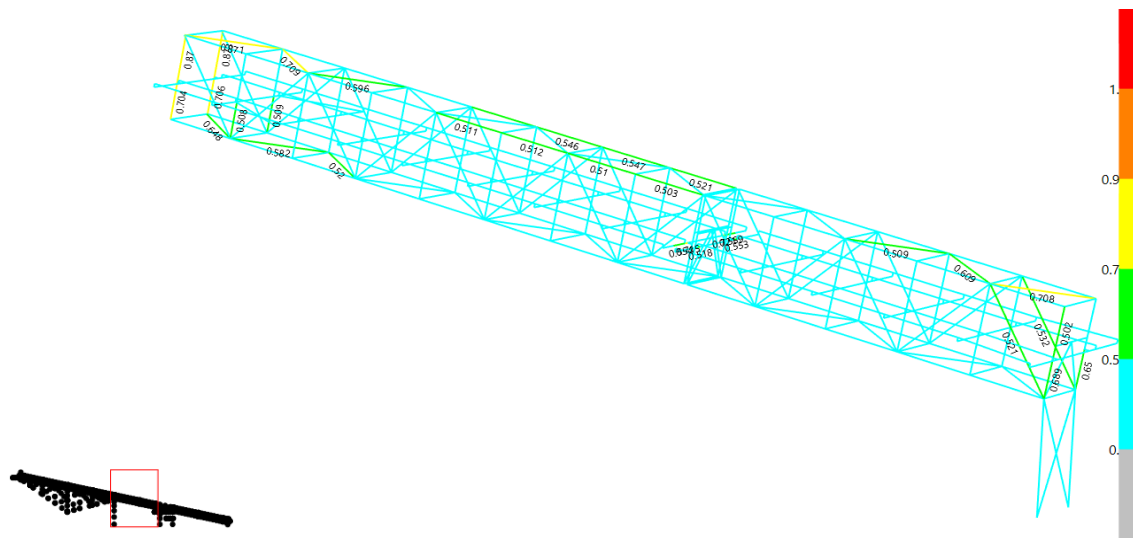
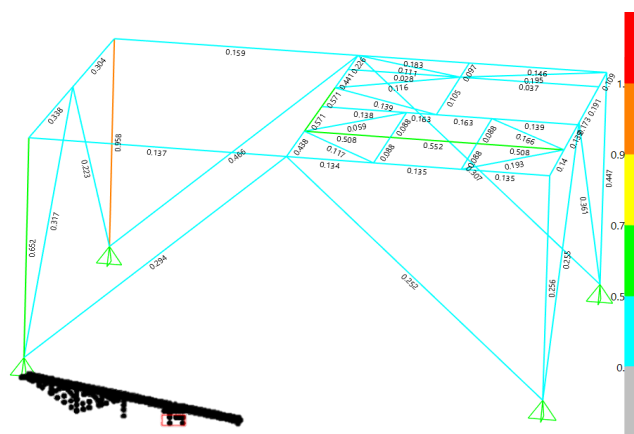
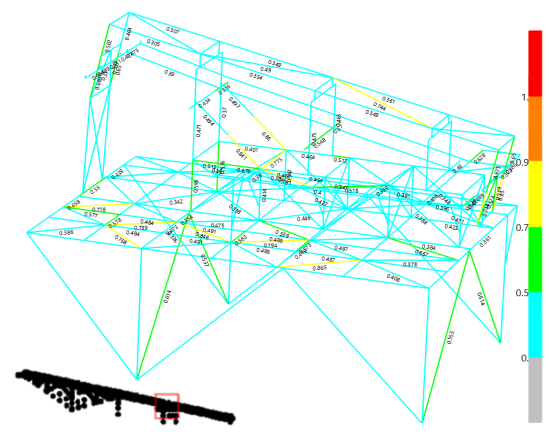


Figura A.3.2.3 Valores F.U. > 0.5 en los enrejados entre la cepa de apoyo B2 y la torre del motor, del modelo M_0 .



(a)



(b)

Figura A.3.2.4 Valores F.U. del (a) primer nivel y (b) segundo nivel (F.U. > 0.3) de la torre del motor del modelo M_0 .

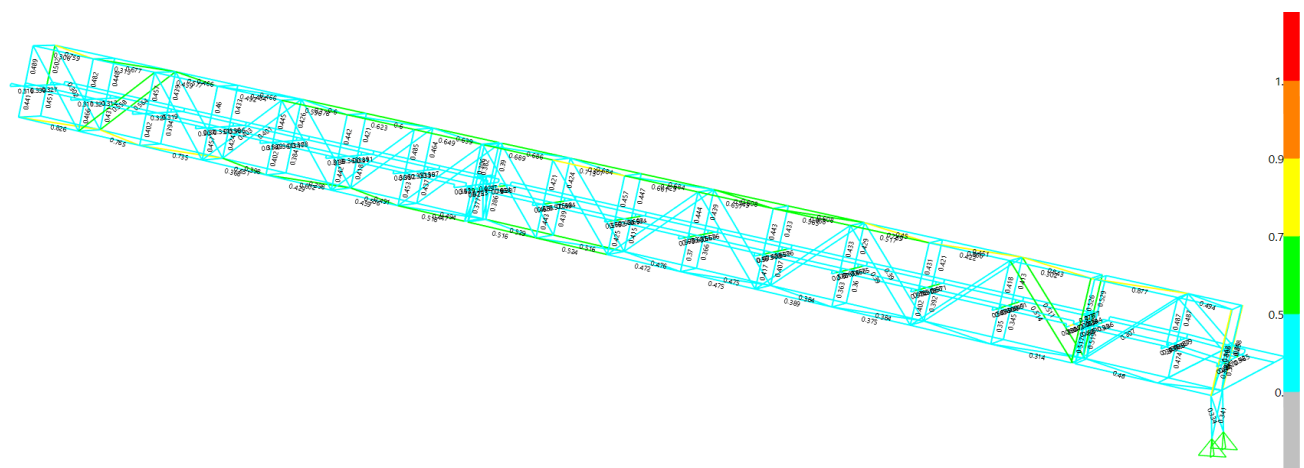


Figura A.3.2.5 Valores F.U. > 0.3 de los enrejados ubicados entre la torre del motor y la zona de carga, modelo M_0 .

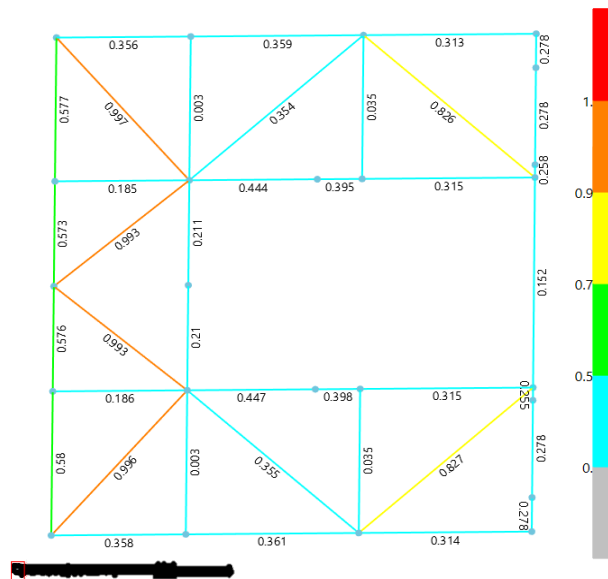


Figura A.3.2.6 F.U. sistema arriostrado horizontal de plataforma de descarga, vista cenital, $0.7R_1 \geq 1$.

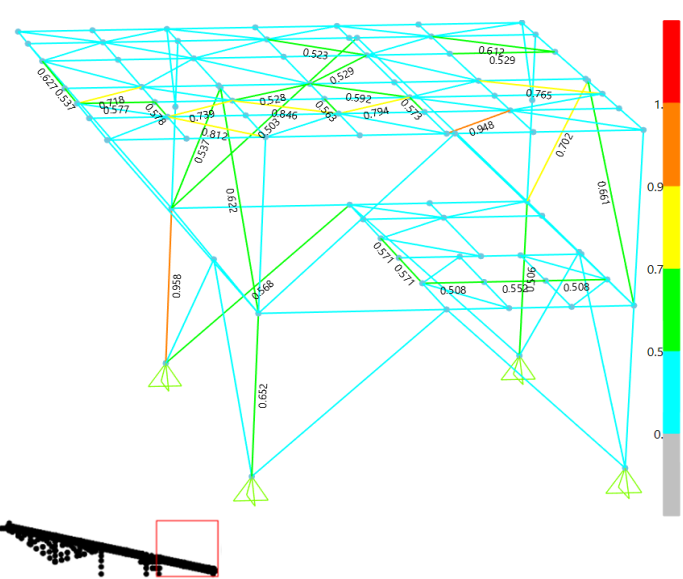


Figura A.3.2.7 Valores de F.U. > 0.5 sistema arriostrado horizontal y columnas de la torre del motor para $0.7R_1 \geq 1$.

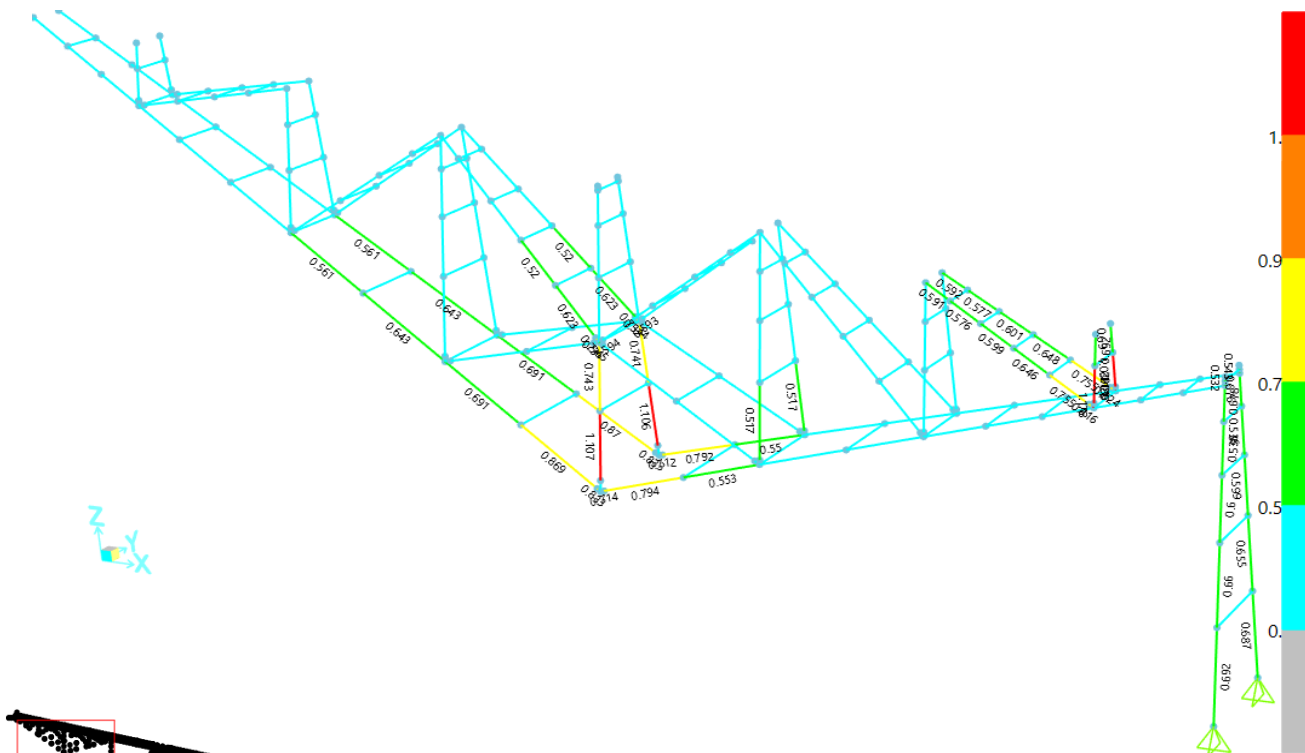


Figura A.3.2.8 Valores F.U. > 0.5 sistema de cepas de apoyo para sismo horizontal amplificado $0.7R_1 \geq 1$.

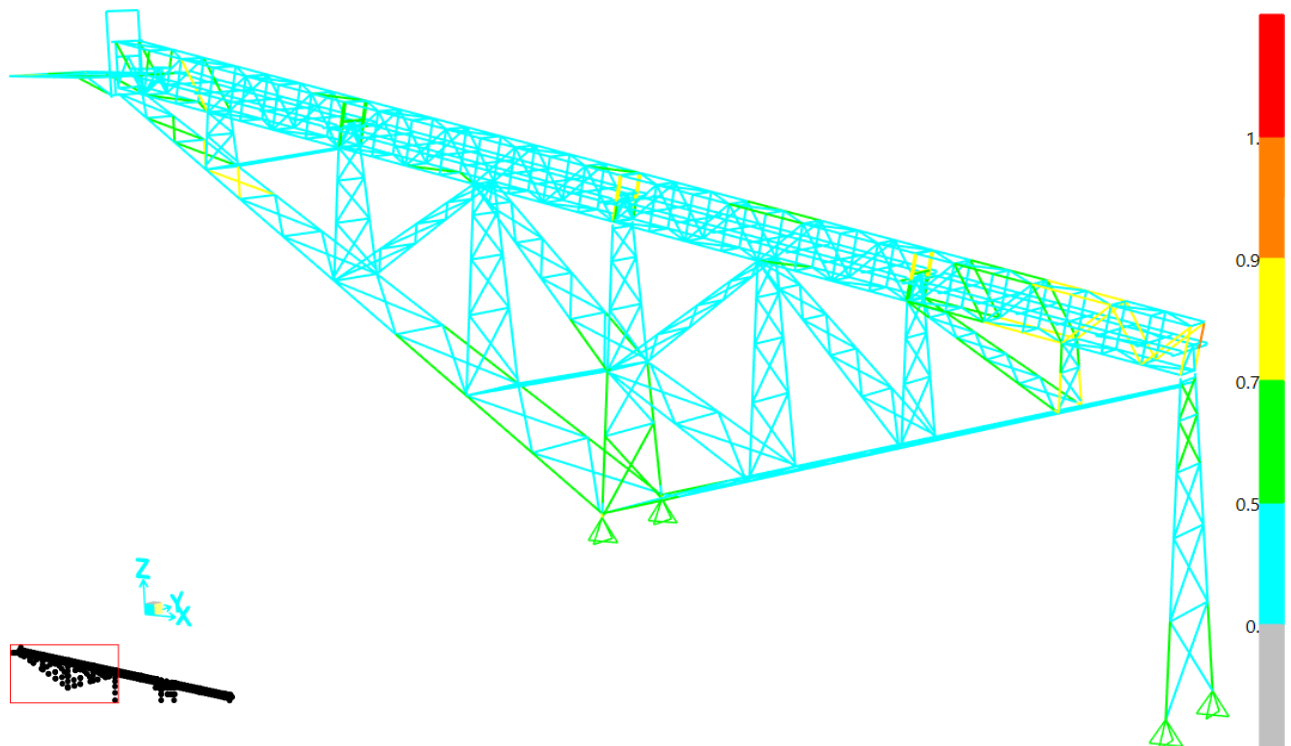


Figura A.3.2.9 Factores de utilización modelo M_1 para combinaciones de carga sin amplificar el estado de carga de sismo, vista de los enrejados sobre las cepas de apoyo, el conjunto de cepas y plataforma de descarga.

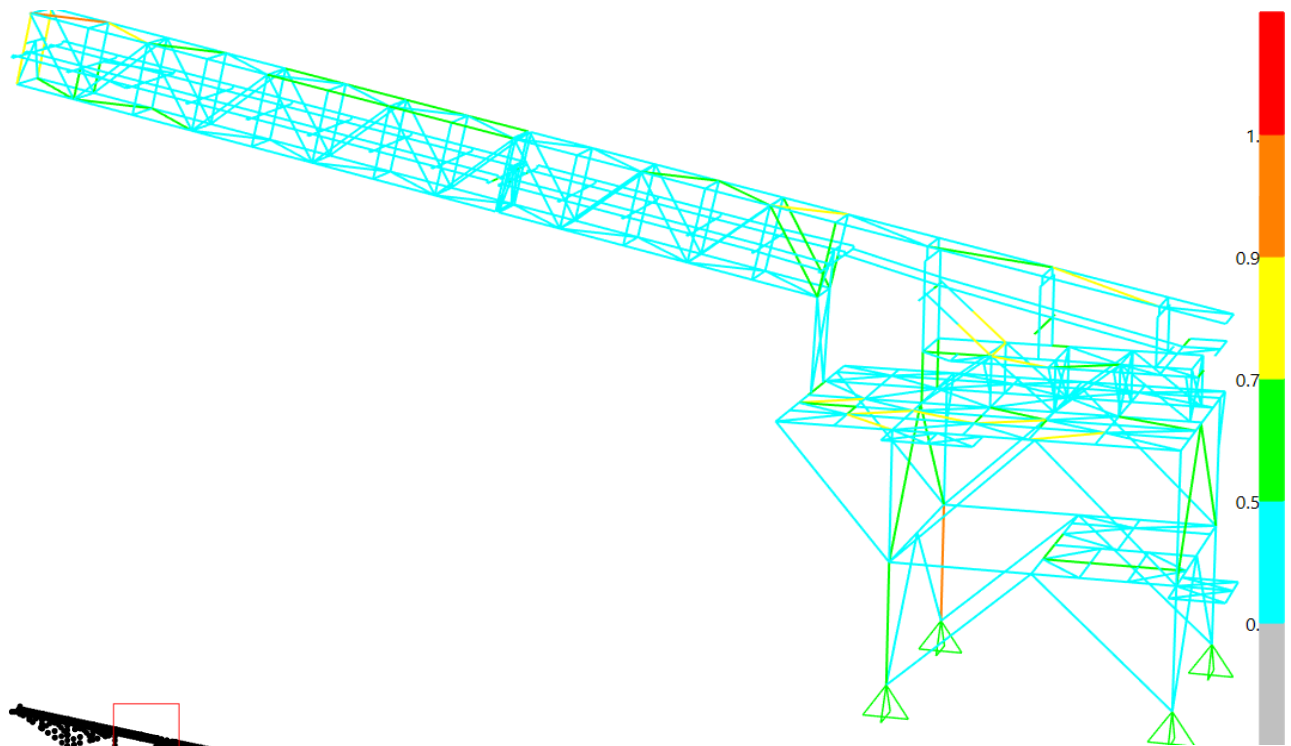


Figura A.3.2.10 Factores de utilización del modelo modificado (M_1) para combinaciones de carga sin amplificación del estado de carga de sismo. Vista de los enrejados entre cepa B2 y torre del motor, y torre del motor.

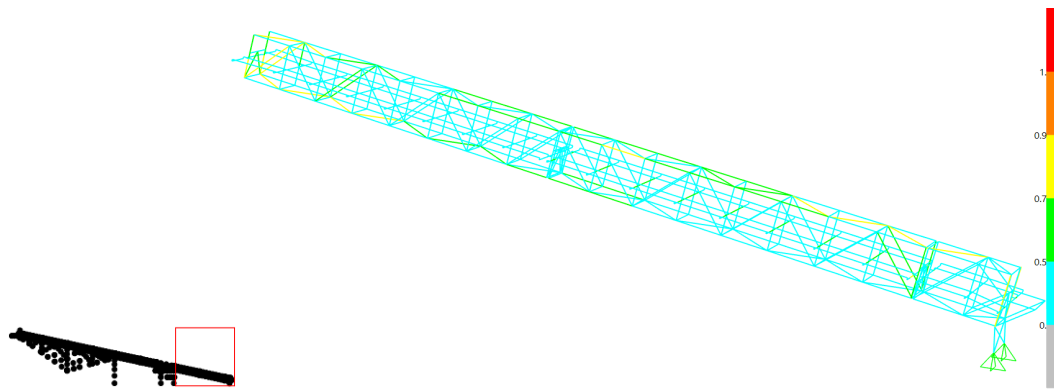


Figura A.3.2.11 Factores de utilización del modelo modificado (M_1) para combinaciones de carga sin amplificación del estado de carga de sismo. Vista de los enrejados entre torre del motor y zona de carga.

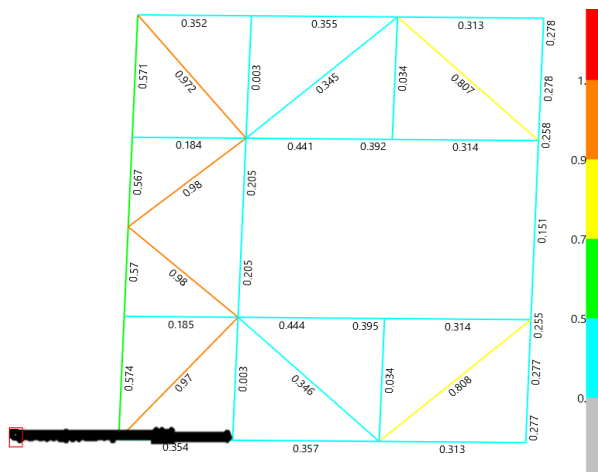


Figura A.3.2.12 F.U. sistema arriostrado horizontal de plataforma de descarga, modelo M_1 con $0.7R_1 \geq 1$.

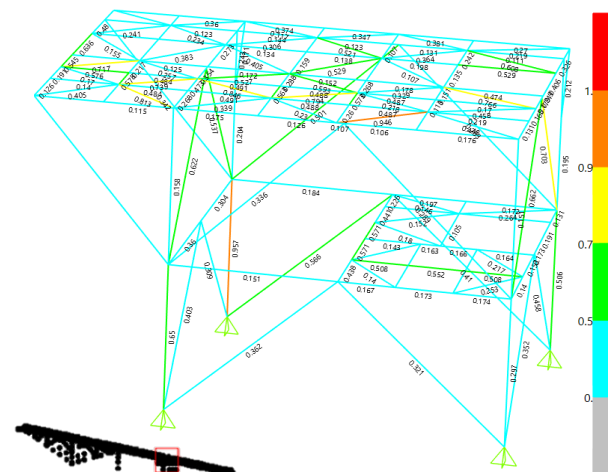


Figura A.3.2.13 F.U. sistema arriostrado horizontal y columnas torre motor para $0.7R_1 \geq 1$.

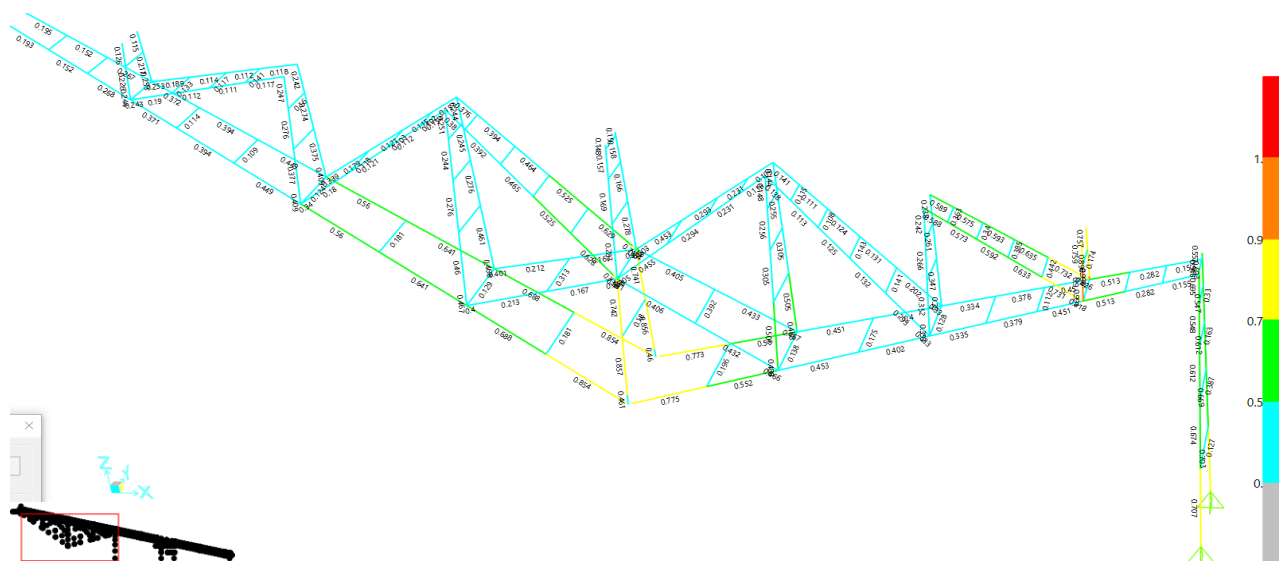


Figura A.3.2.14 Valores de F.U. > 0.5 sistema de cepas de apoyo para sismo horizontal amplificado $0.7R_1 \geq 1$.

La estimación de los desplazamientos sísmicos, según se estipula en el Capítulo 6 de la NCh2369:2023, se realiza empleando el espectro de referencia. En particular, se verifican los desplazamientos sísmicos para la torre del motor que cuenta con dos niveles.

En las tablas de la verificación se emplean las combinaciones posibles resultantes de aplicar la regla de simultaneidad.

Tabla A.3.2.1 Verificación desplazamientos sísmicos mediante *drifts* en nivel 1 de la torre del motor, modelo M₀.

Entrepiso 1								
Sismo	Col. Ejes 1- A		Col. Ejes 2- A		Col. Ejes 2- B		Col. Ejes 1- B	
	<i>drift</i> X	<i>drift</i> Y	<i>drift</i> X	<i>drift</i> Y	<i>drift</i> X	<i>drift</i> Y	<i>drift</i> X	<i>drift</i> Y
Ed. 1.1	0.00089	0.00027	0.00070	0.00033	0.00071	0.00029	0.00089	0.00023
-Ed. 1.1	0.00089	0.00027	0.00070	0.00033	0.00071	0.00029	0.00089	0.00023
Ed. 1.2	0.00089	0.00027	0.00070	0.00033	0.00071	0.00029	0.00089	0.00023
-Ed. 1.2	0.00089	0.00027	0.00070	0.00033	0.00071	0.00029	0.00089	0.00023
Ed. 1.3	0.00045	0.00065	0.00039	0.00073	0.00038	0.00059	0.00041	0.00054
-Ed. 1.3	0.00045	0.00065	0.00039	0.00073	0.00038	0.00059	0.00041	0.00054
Ed. 1.4	0.00045	0.00065	0.00039	0.00073	0.00038	0.00059	0.00041	0.00054
-Ed. 1.4	0.00045	0.00065	0.00039	0.00073	0.00038	0.00059	0.00041	0.00054
Ed. 2.1	0.00058	0.00019	0.00046	0.00023	0.00047	0.00020	0.00058	0.00016
-Ed. 2.1	0.00058	0.00019	0.00046	0.00023	0.00047	0.00020	0.00058	0.00016
Ed. 2.2	0.00058	0.00019	0.00046	0.00023	0.00047	0.00020	0.00058	0.00016
-Ed. 2.2	0.00058	0.00019	0.00046	0.00023	0.00047	0.00020	0.00058	0.00016
Ed. 2.3	0.00032	0.00041	0.00028	0.00046	0.00028	0.00037	0.00030	0.00034
-Ed. 2.3	0.00032	0.00041	0.00028	0.00046	0.00028	0.00037	0.00030	0.00034
Ed. 2.4	0.00032	0.00041	0.00028	0.00046	0.00028	0.00037	0.00030	0.00034
-Ed. 2.4	0.00032	0.00041	0.00028	0.00046	0.00028	0.00037	0.00030	0.00034
Ed. 3.1	0.00089	0.00027	0.00070	0.00033	0.00071	0.00029	0.00089	0.00023
-Ed. 3.1	0.00089	0.00027	0.00070	0.00033	0.00071	0.00029	0.00089	0.00023
Ed. 3.2	0.00089	0.00027	0.00070	0.00033	0.00071	0.00029	0.00089	0.00023
-Ed. 3.2	0.00089	0.00027	0.00070	0.00033	0.00071	0.00029	0.00089	0.00023
Ed. 3.3	0.00045	0.00065	0.00039	0.00073	0.00038	0.00059	0.00041	0.00054
-Ed. 3.3	0.00045	0.00065	0.00039	0.00073	0.00038	0.00059	0.00041	0.00054
Ed. 3.4	0.00045	0.00065	0.00039	0.00073	0.00038	0.00059	0.00041	0.00054
-Ed. 3.4	0.00045	0.00065	0.00039	0.00073	0.00038	0.00059	0.00041	0.00054
Ed. 4.1	0.00058	0.00019	0.00046	0.00023	0.00047	0.00020	0.00058	0.00016
-Ed. 4.1	0.00058	0.00019	0.00046	0.00023	0.00047	0.00020	0.00058	0.00016
Ed. 4.2	0.00058	0.00019	0.00046	0.00023	0.00047	0.00020	0.00058	0.00016
-Ed. 4.2	0.00058	0.00019	0.00046	0.00023	0.00047	0.00020	0.00058	0.00016
Ed. 4.3	0.00032	0.00041	0.00028	0.00046	0.00028	0.00037	0.00030	0.00034
-Ed. 4.3	0.00032	0.00041	0.00028	0.00046	0.00028	0.00037	0.00030	0.00034
Ed. 4.4	0.00032	0.00041	0.00028	0.00046	0.00028	0.00037	0.00030	0.00034
-Ed. 4.4	0.00032	0.00041	0.00028	0.00046	0.00028	0.00037	0.00030	0.00034

Tabla A.3.2.2 Verificación desplazamientos sísmicos mediante *drifts* en nivel 2 de la torre del motor, modelo M₀.

Entrepiso 2								
Sismo	Col. Ejes 1- A		Col. Ejes 2- A		Col. Ejes 2- B		Col. Ejes 1- B	
	<i>drift</i> X	<i>drift</i> Y	<i>drift</i> X	<i>drift</i> Y	<i>drift</i> X	<i>drift</i> Y	<i>drift</i> X	<i>drift</i> Y
Ed. 1.1	0.00092	0.00021	0.00082	0.00014	0.00078	0.00018	0.00089	0.00022
-Ed. 1.1	0.00092	0.00021	0.00082	0.00014	0.00078	0.00018	-0.00274	-0.00069
Ed. 1.2	0.00092	0.00021	0.00082	0.00014	0.00078	0.00018	0.00089	0.00022
-Ed. 1.2	0.00092	0.00021	0.00082	0.00014	0.00078	0.00018	-0.00274	-0.00069
Ed. 1.3	0.00028	0.00052	0.00035	0.00044	0.00036	0.00046	0.00139	-0.00011
-Ed. 1.3	0.00028	0.00052	0.00035	0.00044	0.00036	0.00046	-0.00223	-0.00102
Ed. 1.4	0.00028	0.00052	0.00035	0.00044	0.00036	0.00046	0.00139	-0.00011
-Ed. 1.4	0.00028	0.00052	0.00035	0.00044	0.00036	0.00046	-0.00223	-0.00102
Ed. 2.1	0.00063	0.00014	0.00055	0.00010	0.00052	0.00011	0.00014	0.00090
-Ed. 2.1	0.00063	0.00014	0.00055	0.00010	0.00052	0.00011	-0.00135	-0.00124
Ed. 2.2	0.00063	0.00014	0.00055	0.00010	0.00052	0.00011	0.00014	0.00090
-Ed. 2.2	0.00063	0.00014	0.00055	0.00010	0.00052	0.00011	-0.00135	-0.00124
Ed. 2.3	0.00026	0.00032	0.00028	0.00027	0.00028	0.00027	0.00043	0.00071
-Ed. 2.3	0.00026	0.00032	0.00028	0.00027	0.00028	0.00027	-0.00106	-0.00143
Ed. 2.4	0.00026	0.00032	0.00028	0.00027	0.00028	0.00027	0.00043	0.00071
-Ed. 2.4	0.00026	0.00032	0.00028	0.00027	0.00028	0.00027	-0.00106	-0.00143
Ed. 3.1	0.00092	0.00021	0.00082	0.00014	0.00078	0.00018	0.00027	0.00008
-Ed. 3.1	0.00092	0.00021	0.00082	0.00014	0.00078	0.00018	-0.00212	-0.00055
Ed. 3.2	0.00092	0.00021	0.00082	0.00014	0.00078	0.00018	0.00027	0.00008
-Ed. 3.2	0.00092	0.00021	0.00082	0.00014	0.00078	0.00018	-0.00212	-0.00055
Ed. 3.3	0.00028	0.00052	0.00035	0.00044	0.00036	0.00046	0.00077	-0.00025
-Ed. 3.3	0.00028	0.00052	0.00035	0.00044	0.00036	0.00046	-0.00162	-0.00087
Ed. 3.4	0.00028	0.00052	0.00035	0.00044	0.00036	0.00046	0.00077	-0.00025
-Ed. 3.4	0.00028	0.00052	0.00035	0.00044	0.00036	0.00046	-0.00162	-0.00087
Ed. 4.1	0.00063	0.00014	0.00055	0.00010	0.00052	0.00011	-0.00001	0.00049
-Ed. 4.1	0.00063	0.00014	0.00055	0.00010	0.00052	0.00011	-0.00119	-0.00083
Ed. 4.2	0.00063	0.00014	0.00055	0.00010	0.00052	0.00011	-0.00001	0.00049
-Ed. 4.2	0.00063	0.00014	0.00055	0.00010	0.00052	0.00011	-0.00119	-0.00083
Ed. 4.3	0.00026	0.00032	0.00028	0.00027	0.00028	0.00027	0.00027	0.00031
-Ed. 4.3	0.00026	0.00032	0.00028	0.00027	0.00028	0.00027	-0.00091	-0.00102
Ed. 4.4	0.00026	0.00032	0.00028	0.00027	0.00028	0.00027	0.00027	0.00031
-Ed. 4.4	0.00026	0.00032	0.00028	0.00027	0.00028	0.00027	-0.00091	-0.00102

Tabla A.1.2.3 Verificación desplazamientos sísmicos mediante *drifts* en nivel 1 de la torre del motor, modelo M₁.

Entrepiso 1								
Sismo	Col. Ejes 1- A		Col. Ejes 2- A		Col. Ejes 2- B		Col. Ejes 1- B	
	<i>drift</i> X	<i>drift</i> Y	<i>drift</i> X	<i>drift</i> Y	<i>drift</i> X	<i>drift</i> Y	<i>drift</i> X	<i>drift</i> Y
Ed. 1.1	0.00089	0.00026	0.00070	0.00033	0.00070	0.00029	0.00089	0.00022
-Ed. 1.1	0.00089	0.00026	0.00070	0.00033	0.00070	0.00029	0.00089	0.00022
Ed. 1.2	0.00089	0.00026	0.00070	0.00033	0.00070	0.00029	0.00089	0.00022
-Ed. 1.2	0.00089	0.00026	0.00070	0.00033	0.00070	0.00029	0.00089	0.00022
Ed. 1.3	0.00042	0.00064	0.00037	0.00071	0.00036	0.00058	0.00039	0.00053
-Ed. 1.3	0.00042	0.00064	0.00037	0.00071	0.00036	0.00058	0.00039	0.00053
Ed. 1.4	0.00042	0.00064	0.00037	0.00071	0.00036	0.00058	0.00039	0.00053
-Ed. 1.4	0.00042	0.00064	0.00037	0.00071	0.00036	0.00058	0.00039	0.00053
Ed. 2.1	0.00057	0.00019	0.00046	0.00023	0.00046	0.00020	0.00058	0.00016
-Ed. 2.1	0.00057	0.00019	0.00046	0.00023	0.00046	0.00020	0.00058	0.00016
Ed. 2.2	0.00057	0.00019	0.00046	0.00023	0.00046	0.00020	0.00058	0.00016
-Ed. 2.2	0.00057	0.00019	0.00046	0.00023	0.00046	0.00020	0.00058	0.00016
Ed. 2.3	0.00031	0.00040	0.00027	0.00045	0.00027	0.00037	0.00029	0.00034
-Ed. 2.3	0.00031	0.00040	0.00027	0.00045	0.00027	0.00037	0.00029	0.00034
Ed. 2.4	0.00031	0.00040	0.00027	0.00045	0.00027	0.00037	0.00029	0.00034
-Ed. 2.4	0.00031	0.00040	0.00027	0.00045	0.00027	0.00037	0.00029	0.00034
Ed. 3.1	0.00089	0.00026	0.00070	0.00033	0.00070	0.00029	0.00089	0.00022
-Ed. 3.1	0.00089	0.00026	0.00070	0.00033	0.00070	0.00029	0.00089	0.00022
Ed. 3.2	0.00089	0.00026	0.00070	0.00033	0.00070	0.00029	0.00089	0.00022
-Ed. 3.2	0.00089	0.00026	0.00070	0.00033	0.00070	0.00029	0.00089	0.00022
Ed. 3.3	0.00042	0.00064	0.00037	0.00071	0.00036	0.00058	0.00039	0.00053
-Ed. 3.3	0.00042	0.00064	0.00037	0.00071	0.00036	0.00058	0.00039	0.00053
Ed. 3.4	0.00042	0.00064	0.00037	0.00071	0.00036	0.00058	0.00039	0.00053
-Ed. 3.4	0.00042	0.00064	0.00037	0.00071	0.00036	0.00058	0.00039	0.00053
Ed. 4.1	0.00057	0.00019	0.00046	0.00023	0.00046	0.00020	0.00058	0.00016
-Ed. 4.1	0.00057	0.00019	0.00046	0.00023	0.00046	0.00020	0.00058	0.00016
Ed. 4.2	0.00057	0.00019	0.00046	0.00023	0.00046	0.00020	0.00058	0.00016
-Ed. 4.2	0.00057	0.00019	0.00046	0.00023	0.00046	0.00020	0.00058	0.00016
Ed. 4.3	0.00031	0.00040	0.00027	0.00045	0.00027	0.00037	0.00029	0.00034
-Ed. 4.3	0.00031	0.00040	0.00027	0.00045	0.00027	0.00037	0.00029	0.00034
Ed. 4.4	0.00031	0.00040	0.00027	0.00045	0.00027	0.00037	0.00029	0.00034
-Ed. 4.4	0.00031	0.00040	0.00027	0.00045	0.00027	0.00037	0.00029	0.00034

Tabla A.3.2.4 Verificación desplazamientos sísmicos mediante *drifts* en nivel 2 de la torre del motor, modelo M₁.

Entrepiso 2								
Sismo	Col. Ejes 1- A		Col. Ejes 2- A		Col. Ejes 2- B		Col. Ejes 1- B	
	<i>drift</i> X	<i>drift</i> Y	<i>drift</i> X	<i>drift</i> Y	<i>drift</i> X	<i>drift</i> Y	<i>drift</i> X	<i>drift</i> Y
Ed. 1.1	0.00093	0.00020	0.00082	0.00014	0.00078	0.00018	-0.00092	-0.00023
-Ed. 1.1	0.00093	0.00020	0.00082	0.00014	0.00078	0.00018	-0.00092	-0.00023
Ed. 1.2	0.00093	0.00020	0.00082	0.00014	0.00078	0.00018	-0.00092	-0.00023
-Ed. 1.2	0.00093	0.00020	0.00082	0.00014	0.00078	0.00018	-0.00092	-0.00023
Ed. 1.3	0.00028	0.00051	0.00034	0.00043	0.00035	0.00045	-0.00041	-0.00056
-Ed. 1.3	0.00028	0.00051	0.00034	0.00043	0.00035	0.00045	-0.00041	-0.00056
Ed. 1.4	0.00028	0.00051	0.00034	0.00043	0.00035	0.00045	-0.00041	-0.00056
-Ed. 1.4	0.00028	0.00051	0.00034	0.00043	0.00035	0.00045	-0.00041	-0.00056
Ed. 2.1	0.00063	0.00014	0.00055	0.00009	0.00052	0.00011	-0.00060	-0.00017
-Ed. 2.1	0.00063	0.00014	0.00055	0.00009	0.00052	0.00011	-0.00060	-0.00017
Ed. 2.2	0.00063	0.00014	0.00055	0.00009	0.00052	0.00011	-0.00060	-0.00017
-Ed. 2.2	0.00063	0.00014	0.00055	0.00009	0.00052	0.00011	-0.00060	-0.00017
Ed. 2.3	0.00026	0.00031	0.00027	0.00026	0.00027	0.00027	-0.00031	-0.00035
-Ed. 2.3	0.00026	0.00031	0.00027	0.00026	0.00027	0.00027	-0.00031	-0.00035
Ed. 2.4	0.00026	0.00031	0.00027	0.00026	0.00027	0.00027	-0.00031	-0.00035
-Ed. 2.4	0.00026	0.00031	0.00027	0.00026	0.00027	0.00027	-0.00031	-0.00035
Ed. 3.1	0.00093	0.00020	0.00082	0.00014	0.00078	0.00018	-0.00092	-0.00023
-Ed. 3.1	0.00093	0.00020	0.00082	0.00014	0.00078	0.00018	-0.00092	-0.00023
Ed. 3.2	0.00093	0.00020	0.00082	0.00014	0.00078	0.00018	-0.00092	-0.00023
-Ed. 3.2	0.00093	0.00020	0.00082	0.00014	0.00078	0.00018	-0.00092	-0.00023
Ed. 3.3	0.00028	0.00051	0.00034	0.00043	0.00035	0.00045	-0.00041	-0.00056
-Ed. 3.3	0.00028	0.00051	0.00034	0.00043	0.00035	0.00045	-0.00041	-0.00056
Ed. 3.4	0.00028	0.00051	0.00034	0.00043	0.00035	0.00045	-0.00041	-0.00056
-Ed. 3.4	0.00028	0.00051	0.00034	0.00043	0.00035	0.00045	-0.00041	-0.00056
Ed. 4.1	0.00063	0.00014	0.00055	0.00009	0.00052	0.00011	-0.00060	-0.00017
-Ed. 4.1	0.00063	0.00014	0.00055	0.00009	0.00052	0.00011	-0.00060	-0.00017
Ed. 4.2	0.00063	0.00014	0.00055	0.00009	0.00052	0.00011	-0.00060	-0.00017
-Ed. 4.2	0.00063	0.00014	0.00055	0.00009	0.00052	0.00011	-0.00060	-0.00017
Ed. 4.3	0.00026	0.00031	0.00027	0.00026	0.00027	0.00027	-0.00031	-0.00035
-Ed. 4.3	0.00026	0.00031	0.00027	0.00026	0.00027	0.00027	-0.00031	-0.00035
Ed. 4.4	0.00026	0.00031	0.00027	0.00026	0.00027	0.00027	-0.00031	-0.00035
-Ed. 4.4	0.00026	0.00031	0.00027	0.00026	0.00027	0.00027	-0.00031	-0.00035

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN – FACULTAD DE INGENIERÍA
RESUMEN DE MEMORIA DE TÍTULO

Departamento : Departamento de Ingeniería Civil
Carrera : Ingeniería Civil
Nombre del memorista : Christhoper Cortez Cortez
Título de la memoria : Diseño de estructura de soporte de correa transportadora de uso minero mediante NCh2369.Of2025
Fecha de la presentación oral : 16 de Abril de 2026

Profesor(es) Guía : Rodrigo Silva Muñoz
Profesor(es) Revisor(es) : Patricio Cendoya Hernández
Concepto :
Calificación :

Resumen

Los terremotos son una constante en Chile. Un ámbito donde la realidad sísmica nacional ha tenido gran incidencia es en el quehacer de la industria nacional. Ante ello, surge así la NCh2369: “Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales”, cuya primera versión oficial se publica en 2003, los objetivos de desempeño sísmico de esta norma se alinean con dos principios clave: La protección de la vida y la continuidad operacional y, su filosofía de diseño se basa en proveer sobrerresistencia y ductilidad moderada. En 2025 tras un proceso de actualización entra en vigencia la actual NCh2369.Of2025 oficializada en marzo de 2026.

Este trabajo tiene el objetivo estudiar las implicancias de la actualización de las disposiciones de la norma en el diseño de una estructura industrial de acero, para ello se desarrolla en el *software* SAP2000 un modelo de la estructura cuyos resultados se analizan comparativamente. El modelo resultado de la replicación del diseño original o “*as-built*”; el modelo luego es actualizado, resultado de la modificación de diseño original a conformidad de la NCh2369.Of2025 vigente. Los modelos son sometidos a un análisis comparativo que permite, a priori, evaluar las implicaciones de la actualización normativa en el diseño. Este análisis evalúa los efectos de la modificación de la norma y la coherencia de la norma vigente con los objetivos de desempeño y filosofía de diseño que declarados.