

MEMORIA DE CÁLCULO SUPERMERCADO ELTIT ALTO VILLARRICA

Revisión	Emitido para	Fecha	Elaboró	Revisó	Aprobó
0	Construcción. Se incluyen observaciones del revisor estructural.	27/08/2020	JRT	DML	JES
A	Ingreso Municipal	17/04/2020	JRT	DML	JES

1) INTRODUCCIÓN:

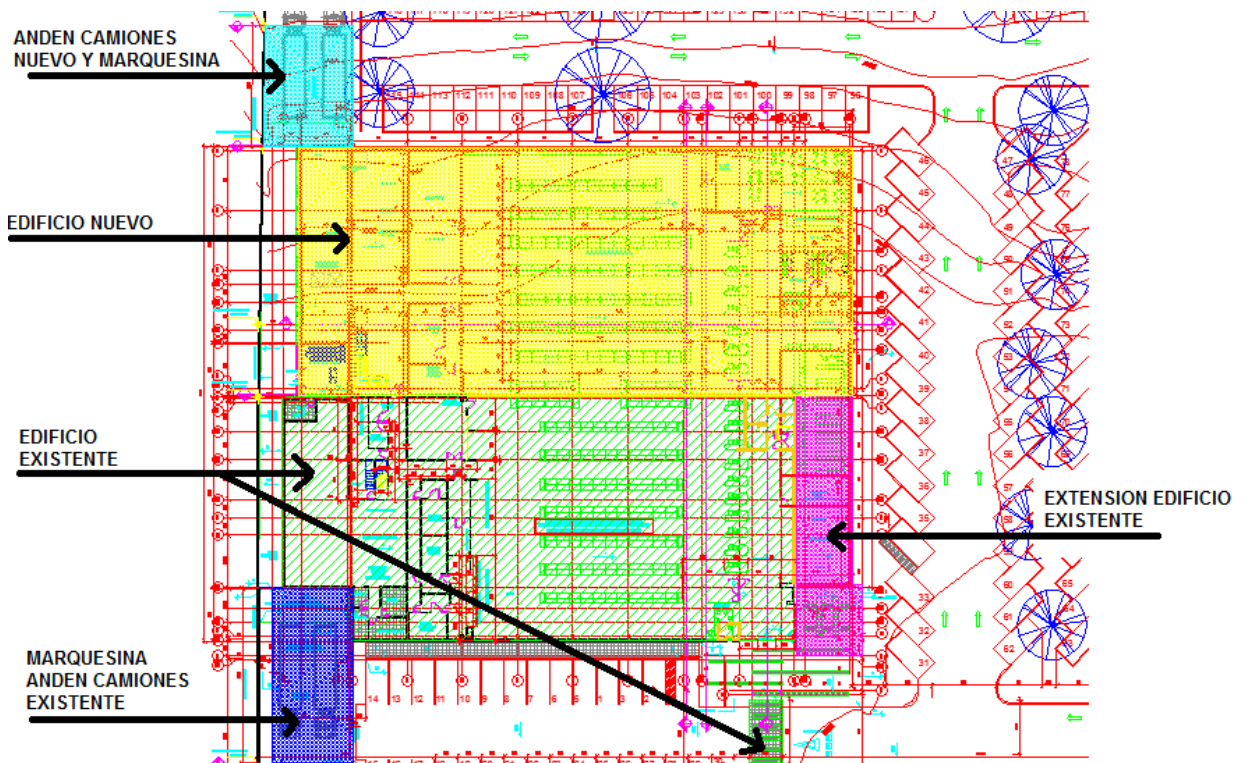
A petición de ELTIT, se desarrolla la ingeniería estructural de la nueva Supermercado ELTIT - Alto Villarrica, a ubicarse en Camino Segunda Faja al Volcán N°1500, Villarrica, Región de la Araucanía.

Se contempla el cálculo estructural de una ampliación del supermercado existente. La ampliación contempla un edificio nuevo de 2 niveles, una extensión del edificio existente , una marquesina nueva en andén de camiones existente y un andén de camiones nuevo, con marquesina respectiva.

A continuación, se detallan las características de los materiales y se describen resumidamente los criterios de diseño que se emplearon en el desarrollo del proyecto de cálculo.

2) DESCRIPCION DE LOS RECINTOS:

A continuación, se muestra la distribución general de los recintos que son parte del proyecto.



Edificio nuevo:

Se trata de un edificio de 2 niveles, con un sector en 1 solo nivel. El primer nivel corresponde a la ampliación integrada del supermercado existente y está destinado a la atención de público y sectores complementarios del supermercado como salas de venta, cámaras, trastienda, bodegas de tránsito y locales comerciales, mientras que el segundo nivel corresponde a una bodega general de almacenamiento y no recibe público. La superficie total de este edificio nuevo corresponde a 2777 m². Se trata de un edificio a ejecutarse en estructura metálica, con losa colaborante para la bodega del segundo nivel. Se plantea un edificio en base a marcos arriostrados, con fundaciones aisladas unidas mediante vigas de fundación. El edificio nuevo es independiente del edificio existente.

Extensión del edificio existente:

Se trata de una extensión solidaria al edificio existente e independiente del edificio nuevo. Como ya se indicó, esta extensión y el edificio existente mismo, están destinados a la atención de público y sectores complementarios del supermercado como salas de venta, cámaras, trastienda, bodegas de tránsito y locales comerciales. La solución contempla agregar otro módulo de 6 m, manteniendo la geometría y soluciones de la parte existente, desplazar el revestimiento perimetral existente debido a que el edificio crece y acomodar el volumen publicitario existente de modo que se compatibilice con la extensión. La superficie total de esta extensión corresponde a 178 m². La extensión se ejecutará en estructura metálica, manteniendo las soluciones existentes. Las fundaciones corresponden a zapatas aisladas unidas mediante vigas de fundación.

Marquesina andén camiones existente:

Se trata de un techo metálico a ejecutarse sobre el sector de andén camiones existente. Corresponde a una superficie de 153 m². Se ejecutará en estructura metálica con una línea de pilares cayendo sobre fundaciones nuevas y otra línea cayendo sobre un muro del andén existente. En esta zona se contempla la ejecución de un muro medianero, que corresponde a una extensión del muro del andén existente en el deslinde. Esta marquesina es sísmicamente solidaria al edificio existente.

Andén camiones nuevo y marquesina:

Se trata de un andén de camiones que se enlaza con el edificio nuevo. Se deben ejecutar una rampa, y muro de contención en el deslinde para resolver el desnivel con el terreno vecino, muro de contención para resolver desnivel con estacionamientos nuevos y el muro del andén mismo. El techo de este andén, corresponde a una marquesina en estructura metálica, sin pilares, que se soporta del edificio nuevo. La marquesina corresponde a una superficie de 124 m². En esta zona se contempla la ejecución de un muro medianero, que corresponde a una extensión de muro del andén a ejecutar en el deslinde.

3) ANTECEDENTES:

Para el cálculo, se utilizaron los siguientes antecedentes:

- PROYECTO DE ARQUITECTURA, de Archiplan Arquitectos, en su última versión.
- INFORME MECANICA DE SUELOS.
- PLANOS DE CALCULO EDIFICIO EXISTENTE, de Eduardo Vielma Méndez, versión Agosto de 2011.

4) MATERIALES:

4.1) Hormigón armado:

Hormigón

Emplantillados, Hormigón H-5, según NCh 170 Of 85. Dosis mínima de cemento 128 kg/m³.

Fundaciones: Zapatas, pedestales, vigas de fundación, vigas de amarre y muros.

Hormigón Grado H-35 con un 90% nivel de confianza, según NCh 170 Of85, que corresponde a G-30 según nueva clasificación de NCh 170 Of. 2016.

Losa colaborante:

Hormigón Grado H-25 con un 90% nivel de confianza, según NCh 170 Of85, que corresponde a G-20 según nueva clasificación de NCh 170 Of. 2016.

Acero de refuerzo

: En fundaciones, usar acero A 630-420 H con resaltes, según NCh 204 Of.2006.

En losa colaborante se podrá usar malla electro soldada tipo ACMA, acero alta resistencia AT 56-50 H.

4.2) Anclajes:

Pernos de anclaje

: Acero ASTM A36 o A270ES. No se permiten pernos tipo SAE.

4.3) Acero estructural:

Acero de refuerzo

: Perfiles plegados, en acero A270ES (S.I.C).

: Planchas, perfiles laminados y armados, en acero ASTM A36.

: Perfiles tipo MM de Formac en acero A345ESP.

: Pernos de conexión de alta resistencia ASTM A325 o ASTM A490 para $\phi \geq 5/8"$ y ASTM A307 para $\phi \leq 1/2"$.

: Soldadura: E70XX y E60XX, AWS. Filete mínimo en 5 mm en taller y 6 mm en terreno.

5) CRITERIOS DE DISEÑO

5.1) Hormigón Armado:

Dimensionamiento a rotura, según el ACI 318-08 y D.S. N° 60 de 2011.

Factores de Minoración de la resistencia según las Secciones 9.3.2 y 9.3.4 del ACI 318-08.

Tensiones de diseño

$$f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2 \text{ (H-25, G-20 según nueva clasificación).}$$

$$f'_c = 300 \text{ kg/cm}^2 \text{ (H-35, G-30 según nueva clasificación).}$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A 630-420 H)}$$

$$f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A 56-50 H)}$$

Módulo de de Elasticidad, según sección 8.5 del ACI 318-08:

$$E_c = 15100 * f'_c{}^{0.5}$$

$$E_c = 213546 \text{ kg/cm}^2 \text{ (H-25, G-20 según nueva clasificación)}$$

$$E_c = 261540 \text{ kg/cm}^2 \text{ (H-35, G-30 según nueva clasificación)}$$

5.2) Acero Estructural:

Diseño por Tensiones Admisibles, según AISC 360-05 para perfiles armados y laminados, AISI 2001 para perfiles plegados.

Tensiones para el diseño en acero A270ES:

$$F_y = 2700 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Fluencia)}$$

$$F_u = 4200 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Rotura)}$$

Tensiones para el diseño en acero ASTM A36:

$$F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Fluencia)}$$

$$F_u = 4080 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Rotura)}$$

Tensiones para el diseño en acero A345ESP:

$$F_y = 3450 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Fluencia)}$$

$$F_u = 4500 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Rotura)}$$

Módulo de Elasticidad (A270ES, ASTM A36 y A345ESP):

$$E_s = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

5.3) Suelo de Fundación:

La estructura se fundará en estrato definido el Informe de Mecánica de Suelos. Para efectos del diseño sísmico, se considera suelo tipo III, según NCh 2369 Of.2003. Para efectos del diseño sísmico según NCh 433 Of.96 Mod. en 2009 + D.S. N° 61 de 2011, se considera suelo tipo D.

Para las tensiones admisibles se consideró los siguientes valores:

$$\sigma_{EST} = 1.2 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{DIN} = 1.8 \text{ kg/cm}^2$$

Para el módulo de Balasto se consideró los siguientes valores, ajustados según las dimensiones reales de las fundaciones:

$$\kappa_{EST} = 5.0 \text{ kg/cm}^3$$

$$\kappa_{DIN} = 10.0 \text{ kg/cm}^3$$

El módulo de balasto al giro se consideró como 2.5 veces los valores anteriores.

No se considera la presencia de napa para efectos del desarrollo del proyecto.

Propiedades mecánicas del estrato apto para fundar:

- Densidad natural: $\gamma = 1.8 \text{ ton/m}^3$
- Ángulo de fricción interna: $\phi = 25^\circ$
- Cohesión: 0 ton/m^2
- Densidad natural del terreno que actúa como sobrecarga en fundaciones: $\gamma = 1.80 \text{ ton/m}^3$.

6) CARGAS:

6.1) Cargas Muertas, D:

- PP elementos de hormigón 2.5 ton/m^3
- PP suelo de relleno para fundaciones según sección 5.3.
- PP elementos de acero 7.85 ton/m^3
- PP cubierta de techumbre o revestimientos se consideró 12 kg/m^2 para Kover Panel y 6 kg/m^2 para PV4.
- PP de cielos colgados y similares se consideró 15 kg/m^2 .

6.2) Sobrecargas de uso, L:

Se consideran de acuerdo al uso del recinto:

Bodegas general 2do piso: 1200 kg/m^2

Escaleras, pasillos y vías de escape: 500 kg/m^2

Bodegas livianas nivel radier: 600 kg/m^2

Pavimentos tránsito camiones y grúas horquillas: 1500 kg/m^2

6.3) Sobrecargas de uso de techo, Lr:

SC de techo 100 kg/m^2 según NCh 1537 Of.2009, reducidas según área y pendiente. Para todos los recintos se considera techo accesible solo para mantención.

6.4) Sismo, E:

Las solicitaciones por sismo para la estructura principal se calcularon para el más desfavorable, según la NCh 2369 Of.2003. y NCh 433 Of.96 Mod.2009 + D.S. N°61 de 2011, quedando el análisis controlado por este ultimo. El análisis sísmico se hizo por método modal espectral. Se considera Zona Sísmica 2 y suelo tipo III y D, según la norma utilizada. Los parámetros más importantes del análisis sísmico se presentan a continuación:

Edificio Nuevo y marquesina anden camiones nuevo:

Edificio nuevo y marquesina anden camiones nuevo son solidarios, de modo que se indican los parámetros utilizados para el edificio nuevo en su totalidad.

PARÁMETROS ESPECTRALES		NCh 433 Of.96 Mod. 2009+ D.S. Nº61 de 2011
Categoría de la estructura	:	III
Coeficiente de Importancia "I"	:	1.2
Zona Sísmica	:	2
Tipo de Suelo	:	D
R (marco acero arriostrado)	:	3
Ro (marco acero arriostrado)	:	5
ξ	:	0.05
Ao/g	:	0.3

Corte Basal Mínimo a usar (% Peso Total) : 6.0 %

Corte Basal Máximo por norma (% Peso Total) : 21.6 %

SC de uso bodegas 1200 kg/m², se considera un 50% en peso sísmico de la estructura.

No se considera la SC de techo en el peso sísmico.

Extensión edificio existente y marquesina anden camiones existente:

Como estos 2 sectores son solidarios a edificio existente, se indican los parámetros utilizados para el edificio existente en su totalidad.

PARÁMETROS ESPECTRALES		NCh 433 Of.96 Mod. 2009+ D.S. Nº61 de 2011
Categoría de la estructura	:	III
Coeficiente de Importancia "I"	:	1.2
Zona Sísmica	:	2
Tipo de Suelo	:	D
R (marco acero - arriostrado y rígido)	:	3
Ro (marco acero - arriostrado y rígido)	:	5
ξ	:	0.05
Ao/g	:	0.3

Corte Basal Mínimo a usar (% Peso Total) : 6.0 %

Corte Basal Máximo por norma (% Peso Total) : 21.6 %

SC de uso altillo bodegas existentes 1000 kg/m², se considera un 50% en peso sísmico de la estructura.

No se considera la SC de techo en el peso sísmico.

Por el uso de los recintos, se ha considerado pertinente considerar el análisis sísmico y criterios de deformaciones sísmicas más desfavorable entre la norma de diseño de edificios y la norma de estructuras industriales. Sin embargo y reconociendo que se trata de recintos en estructura metálica, se han aplicado todas las disposiciones normativas para estructuras industriales.

Para todos los recintos, el peso sísmico se define a nivel del tope del pedestal según lo permite la NCh 2369 Of.2003. Las fundaciones se consideran confinadas por un terreno compactado apto para recibir el radier, de modo que las solicitaciones por sismo horizontal debido a la masa de la fundación no se consideran en el análisis de la misma.

6.5) Viento, W:

El análisis para cargas de viento se realizó según Norma Chilena NCh. 432 Of.71 y NCh 432 de 2010, considerando el caso más desfavorable.

Para la utilización de la NCh 432 Of.71, se consideró presión básica para estructura a campo abierto, variable en altura, según la tabla 1 y factores de forma según la sección 9 de la misma. Coeficientes de forma básicos aplicados: C= 0.8 presión en cara a barlovento; C=-0.4 succión en cara a sotavento. C= 1.2 total.

Para la utilización de la NCh 432 2010, se considero rugosidad tipo B, exposición tipo B, ubicación Villarrica, v=45 m/s (162 km/h), edificio categoría III.

De acuerdo a nuestro análisis los elementos secundarios están controlados por la aplicación de la nueva norma y la estructura principal está controlada por la aplicación de la norma antigua.

6.6) Empujes de tierra en muros de contención, F:

Variables en profundidad. Se consideran de acuerdo a lo indicado en mecánica de suelos.

6.7) Napa freática, H:

En este caso no aplican.

6.8) Cargas de Nieve, S:

En este caso no se consideran, pues no producen un efecto más desfavorable a las cargas de techo ya mencionadas. El análisis para cargas de nieve se realizó según Norma Chilena NCh. 431 Of.77 y NCh 431 de 2010, considerando el caso más desfavorable.

Para la utilización de la NCh 431 Of.77, Los parámetros para Villarrica son: Latitud 39° 16', Altitud 225 msnm. Se tiene:

SC nieve = 25 kg/m².

Para la utilización de la NCh 431 de 2010 se obtiene una carga menor, por lo tanto el diseño queda controlado por la aplicación de la norma antigua.

Para esta estructura se considera la nieve como una condición excepcional y no se combina ni con el viento, ni con el sismo, ni con la sobrecarga de techo.

7) COMBINACIONES DE CARGAS:

7.1) Combinaciones de cargas en estado último:

Se consideran las siguientes combinaciones de carga para asegurar el dimensionamiento de las secciones de hormigón, según la NCh 3171 Of.2010:

$1.4 D$
 $1.2 D + 1.6 L + 0.5 L_r$
 $1.2 D + 1.0 L + 1.6 L_r$
 $1.2 D + 0.8 W$
 $1.2 D + 1.6 W + 1.0 L$
 $1.2 D \pm 1.4 E + 1.0 L$
 $0.9 D \pm 1.6 W$
 $0.9 D \pm 1.4 E$

Siendo D: cargas muertas, L: cargas de uso, L_r : cargas de uso de techo, W: cargas de viento, E: cargas de sismo.

7.2) Combinaciones de cargas en estado de servicio

Se consideran las siguientes combinaciones de carga para el cálculo de la estructura metálica, cálculo de deformaciones y para asegurar la estabilidad de la fundación, según la NCh 3171 Of.2010 y NCh 2369 Of.2003:

D
 $D + L$
 $D + L_r$
 $D + 0.75 L + 0.75 L_r$
 $D \pm W$
 $D \pm E$
 $D \pm 0.75 W + 0.75 L$
 $D \pm 0.75 E + 0.75 L$
 $0.6D \pm W$
 $0.6D \pm E$

Se considera que la sobrecarga de techo, no se combina ni con el viento, ni con el sismo. Para las combinaciones que incluyen viento o sismo, se amplificó las tensiones las admisibles por 1.33.

8) NORMATIVA Y MANUALES UTILIZADOS:

Las normas chilenas y extranjeras aplicables utilizadas son las siguientes:

- ACI 318S-08 - Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary.
- NCh 430 Of.2008 - Hormigón Armado. Requisitos de diseño y cálculo.
- DS N°60 2011 MINVU - Reglamento que fija los Requisitos de diseño y cálculo para el hormigón.
- NCh 2369 Of.2003 - Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales.
- NCh 3171 Of.2010 - Diseño estructural - Disposiciones generales y combinaciones de carga.

- Nch 1537 Of.2009 - Diseño estructural - Cargas permanentes y cargas de uso.
- Nch 432 Of.71 - Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones.
- Nch 432 2010 - Diseño Estructural - Cargas de viento.
- Nch 431 Of.77 - Construcción - Sobrecargas de nieve.
- Nch 431 2010 - Diseño Estructural - Sobrecargas de nieve.
- ANSI/AISC 360 - 2005, Método ASD. Specification for Structural Steel Buildings.
- AISI S100 - 2007. North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members.
- NCh 427/1 - 2016: Construcción - Estructuras de acero - Parte 1: Requisitos para el cálculo de estructuras de acero para edificios.
- Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Manuales de cálculo utilizados:

- Manual de Diseño Estructural de Cintac: Perfiles Abiertos, Perfiles Tubulares y Perfiles Compuestos. Edición 2004.
- Manual de Diseño Tecnoform de Formac. Edición 2016.
- Manual de Diseño Estructural de Cintac: Perfil Z Tubest. Edición 2001.

9) METODOLOGÍA DE CÁLCULO:

Cálculo de la estructura metálica:

El análisis estructural se hace mediante elementos finitos. Se generó un modelo estructural en el Software SAP 2000, incluyendo geometría, cargas, materiales, condiciones de apoyo y uniones entre los distintos elementos componentes de la estructura resistente del galpón. En general los elementos estructurales se modelan como elementos de barra tipo "Frame", salvo muros y losas que se modelan como elementos tipo "Shell". Las cargas de peso propio las determina internamente el programa. Las cargas muertas, sobrecargas, el viento se ingresan directamente sobre los elementos. El sismo lo determina y aplica internamente el software, para ello es necesario ingresar el espectro de aceleraciones que se define con los parámetros espectrales antes citados. El resultado del análisis permite determinar las solicitaciones y deformaciones necesarias para el cálculo.

El cálculo es un procedimiento iterativo, verificando que las solicitaciones en los elementos estén por debajo de sus resistencias. También se verifica que las deformaciones sean menores que los valores admisibles. Las resistencias de los elementos se determinan mediante el uso de tablas de manuales citados, planillas de fuente propia, software, etc.

Cálculo de las fundaciones:

Se determinan las dimensiones de los elementos componentes de la fundación (zapatas, vigas de fundación y pedestales) de manera de asegurar la estabilidad de la estructura, en función de las cargas solicitantes de la misma.

La estabilidad está condicionada a verificar los siguientes requisitos:

- Área de contacto en compresión mínima: 80%
- Factor de seguridad al volcamiento, $F.S_{volc} > 1.5$
- Factor de seguridad al deslizamiento, $F.S_{desl} > 1.5$
- Factor de seguridad al levantamiento, $F.S_{lev} > 1.5$
- Tensión de contacto en el suelo $< \sigma_{ADM}$

Los requisitos anteriores se verifican en servicio, según las combinaciones de cargas indicadas en la sección 7.2. Para el análisis, las zapatas se asumen y diseñan como fundaciones rígidas. Se asume que el corte basal a nivel de pedestal se traspasa completamente al sistema de fundación. Junto con lo anterior, en estado último se verifica que las secciones de hormigón estén acordes a las solicitaciones según las combinaciones de cargas indicadas en la sección 7.1.

10) RESULTADOS DEL ANÁLISIS:

El diseño es seguro y cumple con toda la normativa vigente.

El diseño de las estructuras principales y fundaciones de los dos edificios, nuevo y existente, está controlado por la acción del sismo o el viento, según sea el caso. El diseño de la estructura de cierre lateral está controlado por cargas de viento y el diseño de las estructuras de techo y piso está controlado por las cargas estáticas ($D+L_r$ o $D+L$).

Los desplazamientos a nivel de techo satisfacen la condición de ser menores al 0.015 de la altura según establece la Norma Sísmica NCh 2369.Of2003, y no se requiere análisis por efecto $P-\Delta$.

Para el caso del análisis con NCh 433, los desplazamientos a nivel de piso y techo satisfacen la condición de ser menores al 0.002 de la altura.

Se indica que las fundaciones son estables y en general están controladas por la condición de volcamiento. Las presiones en el suelo son menores que los valores admisibles indicados en la mecánica de suelos y las secciones de hormigón verifican el diseño en estado último.

Los resultados del análisis y supuestos particulares de diseño para cada uno de los elementos estructurales están guardados sus respectivas memorias de cálculo o en archivos digitales. Cualquier consulta al respecto será aclarada a la brevedad.

LUIS SOLER Y CIA. LTDA.



JUAN ERENCHUN SOLER
Ingeniero Civil