

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS
METÁLICAS INDUSTRIALES TAMAÑO ESTÁNDAR
PARA EQUIPOS DE RESPALDO ELÉCTRICO**

PAULA FERNANDA DEL VALLE MORAGA

INFORME DE PROYECTO DE TÍTULO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL

Profesor Guía: Guillermo Bustamante Laissle.
Profesor Informante: Claudio Oyarzo Vera.

RESUMEN

El caso de estudio desarrollado en el presente proyecto de título, corresponde a una solución del tipo estructural y constructiva, adoptada para una disminución en los tiempos de entrega de los productos desarrollados por la empresa MEE LTDA. Dicha solución cumple con la entrega de las condiciones adecuadas y necesarias para los requerimientos impuestos en la normativa chilena vigente para equipos del tipo eléctrico, los cuales se encuentran permanentemente enfrentados a complejos escenarios con importantes solicitaciones.

Para dicho fin, se realizó una recopilación de datos respectivos a los proyectos llevados a cabo por la empresa durante un tiempo aproximado de un año y medio, de modo que la información empleada para el desarrollo de esta propuesta, sea representativa.

Las estructuras definidas en este proyecto responden a una clara necesidad de generar estructuras del tipo modular, de acceso inmediato, fabricadas en acero, las cuales deben soportar variadas distribuciones de cargas en su interior y además de esto, hacerle frente a condiciones eventuales a las cuales se podrían ver expuestas.

Nuestro país se ha visto enfrentado a lo largo de la historia a múltiples eventos sísmicos de importante consideración. Ubicado en el cinturón de Fuego del Pacífico, Chile corresponde a una de las regiones más sísmicas del planeta, acumulando gigantescas catástrofes durante su historia, registrándose en los últimos seis años al menos tres episodios de gran importancia.

Es así como se entiende la importancia del desarrollo de un diseño que permita cumplir con los requerimientos establecidos en la norma NCh 433, asegurando así un óptimo funcionamiento de los equipos almacenados en el interior de estas estructuras de tipo gabinete, para así prestar un alto porcentaje de seguridad ante eventuales movimientos telúricos, teniendo siempre en cuenta los requerimientos en distribución de los equipos eléctricos contenidos en su interior.

Las actividades de este proyecto consideraron la realización de un proceso de colaboración en la empresa MEE Ltda., ubicada en la comuna de San Bernardo, en la ciudad de Santiago de Chile, permitiendo así un constante flujo de información entre las partes, facilitando la elaboración de un propuesta mucho más cercana y apegada a la realidad inmediata.

ABSTRACT

The developed project corresponds to a structural and constructive solution to decrease delivery terms of products developed to MEE LTDA company. The propose solution allow to build products according to the necessary and required conditions imposed by Chilean regulations for electrical equipment, which are constantly confronted to complex scenarios with several stresses.

For this purpose, a data base of projects, carried out by the company, was performed during approximately one year and a half, which allows to have a representative information for the development of this proposal.

The structures defined in this project respond to a clear need of build modular types of structures with immediate access, made of steel, which must withstand many stress distributions inside and beyond that, to cope extraordinary conditions they are exposed. Our country has been faced throughout history to a number of important seismic events. Located in the Pacific Ring of Fire, Chile corresponds to one of the most seismic regions in the world, accumulating huge catastrophes in its history, recording in the past six years at least three episodes of great importance.

So, it is understood the importance of develop a design that allows to compliance with the established requirements in the NCH 433, ensuring optimal equipment performance of the stored inside these cabinet structures types, providing a high percentage of security against possible earthquakes, always taking care about requirements of electrical equipment distribution contained therein.

The activities of this project includes the completion of an intervention process in the MEE Ltda. company, located in San Bernardo, in the city of Santiago de Chile, allowing a constant flow of information between both sides, facilitating the development a much closer and immediate reality attached to the proposal.

Índice de Contenidos

| | |
|---|----|
| RESUMEN..... | 2 |
| ABSTRACT | 3 |
| Índice de Contenidos | 4 |
| Índice de Figuras | 6 |
| Índice de tablas..... | 7 |
| Índice de Figuras Anexo 1 | 8 |
| Índice de tablas Anexo 2..... | 9 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 10 |
| 1.1 Motivación | 10 |
| 1.2 Justificación | 11 |
| 1.3 Objetivos | 11 |
| 1.3.1 Objetivo General..... | 11 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos | 11 |
| 1.4 Alcances | 11 |
| 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS..... | 13 |
| 2.1 General | 13 |
| 2.2 Soluciones energéticas | 13 |
| 2.2.1 Integración..... | 13 |
| 2.3 Equipos..... | 14 |
| 2.3.1 UPS..... | 14 |
| 2.3.2 Batería..... | 14 |
| 2.3.3 Transformador | 15 |
| 2.3.4 Rectificador..... | 15 |
| 2.4 Normativa sísmica..... | 16 |
| 2.4.1 Norma Chilena 433. Of (96)..... | 16 |
| Zonificación sísmica..... | 16 |
| Tipo de suelo | 16 |
| Valor de aceleración efectiva | 18 |
| Factor de modificación de la respuesta..... | 18 |
| Método de Análisis | 18 |
| 2.4.2 Diseño de Acero | 20 |
| 3 METODOLOGÍA..... | 27 |
| 3.4 Base de datos | 27 |
| 3.5 Estudio cuantitativo de datos..... | 27 |
| 2.5.1 Distribuciones tipo | 28 |
| a. Distribución tipo A..... | 28 |
| b. Distribución tipo B..... | 31 |
| c. Distribución tipo C..... | 33 |
| 2.5.2 Determinación de la geometría..... | 34 |
| 4 DISEÑO ESTRUCTURAL..... | 36 |
| 4.1 Bases del cálculo | 36 |
| Estados de carga..... | 36 |
| 4.2 Verificaciones de diseño | 44 |
| 5. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y DE DEFORMACIONES | 63 |
| 5.1 Verificación de estabilidad..... | 63 |
| 5.2 Diseño de anclaje del Gabinete..... | 64 |
| TRACCIÓN..... | 64 |
| 6.3 Análisis de deformaciones..... | 65 |
| CONCLUSIONES | 74 |
| RECOMENDACIONES..... | 75 |

| | |
|--------------|----|
| Anexo 1..... | 88 |
| Anexo 2..... | 97 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Solución energética tipo Integración. | 13 |
| Figura 2: UPS tipo modular..... | 14 |
| Figura 3: Batería modelo Power Block OPzS..... | 14 |
| Figura 4: Transformador BT Pailamilla..... | 15 |
| Figura 5: Módulo rectificador PME - MODULE 2500 Watts..... | 15 |
| Figura 6: Distribución tipo A..... | 29 |
| Figura 7: Distribución tipo A..... | 30 |
| Figura 8: Distribución tipo B..... | 31 |
| Figura 9: Distribución tipo B..... | 32 |
| Figura 10: Distribución tipo C..... | 33 |
| Figura 11: Distribución tipo C..... | 34 |
| Figura 12: Carga viva en gabinete C2 tipo A, suelo D..... | 37 |
| Figura 13: EHXP, ingreso fuerza sísmica en eje x, sentido positivo, gabinete C2 tipo A, suelo D. RAM Advanse..... | 40 |
| Figura 14: EHXN, ingreso fuerza sísmica en eje x, sentido negativo, gabinete C2 tipo A, suelo D. RAM Advanse..... | 40 |
| Figura 15: EHZN, ingreso fuerza sísmica en eje z, sentido negativo, gabinete C2 tipo A, suelo D. RAM Advanse..... | 41 |
| Figura 16: EHZP, ingreso fuerza sísmica en eje z, sentido positivo, gabinete C2 tipo A, suelo D. RAM Advanse..... | 41 |
| Figura 17: Combinaciones de carga representadas gráficamente, gabinete C2 tipo A, suelo D..... | 44 |
| Figura 18: Momentos flectores de diseño 3'-3', columnas C2 Tipo A, suelo D..... | 59 |
| Figura 19: Momentos flectores de diseño 2'-2', columnas C2 Tipo A, suelo D..... | 60 |
| Figura 20: Fuerza de corte de diseño en 2', vigas C2 Tipo A, suelo D..... | 61 |
| Figura 21: Fuerza de corte de diseño en 3', vigas C2 Tipo A, suelo D..... | 62 |
| Figura 22: Direcciones de fuerzas y momentos positivos..... | 63 |
| Figura 23 : Deformada miembro 18, gabinete C2 tipo A, suelo D..... | 65 |
| Figura 24: Deformada columnas, gabinete C2 Tipo A, suelo D..... | 66 |
| Figura 25: Diagramas de esfuerzos miembro 18, gabinete C2 tipo A, suelo D..... | 67 |
| Figura 26: Deformada miembro 54, gabinete C2 tipo A, suelo D..... | 68 |
| Figura 27: Deformada vigas, gabinete C2 Tipo A, suelo D..... | 68 |
| Figura 28: Diagramas de esfuerzos, miembro 54, gabinete, gabinete C2 tipo A, suelo D..... | 70 |
| Figura 29: Deformada miembro 130, gabinete C2 tipo A, suelo D..... | 70 |
| Figura 30: Deformada ángulos, gabinete C2 Tipo A, suelo D..... | 71 |
| Figura 31: Diagramas de esfuerzos, miembro 130, gabinete, gabinete C2 tipo A, suelo D..... | 72 |
| Figura 32: Especificaciones de perfiles empleados en gabinete C2 Tipo A, suelo D... 72 | 72 |
| Figura 33: Deformada gabinete C2 Tipo A, suelo D..... | 73 |
| Figura N° 12: Tabla de coeficientes de importancia relativa al edificio extraída de la NCh 433.34 | 80 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Propiedades material acero ASTM A36 | 20 |
| Tabla 2: Especificaciones técnicas respectiva a cada proyecto | 28 |
| Tabla 3: Combinaciones geométricas para gabinetes tipo modular. | 35 |
| Tabla 4: Peso máximo y medio para diseño con respecto a su distribución respectiva. | 35 |
| Tabla 5: Proyectos seleccionados para diseño de gabinetes. | 36 |
| Tabla 6: Cálculo de carga de equipos transformada a fuerza distribuida. | 37 |
| Tabla 7: Combinaciones de cargas empleadas en el diseño. | 38 |
| Tabla 8: Secciones más solicitados en elementos, gabinete C2 tipo A, suelo D. | 44 |
| Tabla 9: Propiedades de la sección Cuadrado 3 x 3 x 0,3[cm ³], gabinete C2 tipo A, suelo D. | 45 |
| Tabla 10: Propiedades de la sección Cuadrado 3x3x0,3, gabinete C2 tipo A, suelo D. | 48 |
| Tabla 11: Propiedades de la sección Cuadrado 4x4 x0,3[cm ³], gabinete C2 tipo A, suelo D. | 51 |
| Tabla 12: Propiedades de la sección ELE 3 x 3 x 0,3 [cm ³], gabinete C2 tipo A, suelo D. | 54 |
| Tabla 13: Propiedades de la sección ELE 4 x 4 x 0,4 [cm ³], gabinete C2 tipo A, suelo D. | 56 |
| Tabla 14: Verificación de tensiones admisibles vs demandada. | 58 |
| Tabla 15: Reacciones en nodos de la base de gabinete C2 tipo A, suelo D. | 63 |
| Tabla 16: Deformación máxima en columnas, miembro 18, gabinete C2 Tipo A, suelo D. | 66 |
| Tabla 17: Deformación máxima en vigas, miembro 54, gabinete C2 Tipo A, suelo D. | 69 |
| Tabla 18: Deformación máxima en ángulos, miembro 130, gabinete C2 Tipo A, suelo D. | 71 |

Índice de Figuras Anexo 1

| | |
|--|-----|
| Figura N° 9: Tablas de zonificación perteneciente a la NCh433..... | 79 |
| Figura N° 10: Tablas de clasificación sísmica del terreno extraída de la NCh433. | 80 |
| Figura N° 11: Tabla de valores de aceleración efectiva A_0 extraída de la NCh433..... | 80 |
| Figura N° 12: Tabla de coeficientes de importancia relativa al edificio extraída de la NCh 433.41 | 80 |
| Figura N° 13: Tabla de valores máximos de los factores de modificación a la respuesta extraída de la NCH433. | 81 |
| Figura N° 14: Tabla de parámetros dependientes del tipo de suelo, extraída de la NCH433..... | 81 |
| Figura N° 15: Tabla valores máximos del coeficiente sísmico C, extraído de la NCh433. | 82 |
| Figura N° 16: Combinaciones de carga respectivas al diseño por tensiones admisibles..... | 82 |
| Figura N° 17 Tabla de valores del coeficiente C_p y del factor de desempeño K_d para el diseño y anclaje de elementos secundarios, extraída de la NCh 433..... | 83 |
| Figura N° 18: Tabla B4.1 AISC. | 84 |
| Figura N° 19: Tabla F1.1, AISC. | 85 |
| Figura N° 20: Tabla cálculo gabinete C1 TIPO C, suelo D. | 112 |

Índice de tablas Anexo 2

| | |
|--|-----|
| Tabla N° 1: Tabla cálculo gabinete C2 TIPO A. | 86 |
| Tabla N° 2: Diseño Perno de anclaje C2 tipo A, suelo C..... | 86 |
| Tabla N° 3: Miembros con mayor deformación en elementos de C2 tipo A, suelo C... 88 | |
| Tabla N° 4: Tabla cálculo gabinete C1 TIPO A. | 89 |
| Tabla N° 5: Diseño Perno de anclaje C1 tipo A, suelo C..... | 90 |
| Tabla N° 6: Miembros con mayor deformación en elementos de Gabinete C1 tipo A, suelo C. | 91 |
| Tabla N° 7: Diseño miembros más solicitados de gabinete C1 tipo A, suelo C. | 92 |
| Tabla N° 8: Diseño Perno de anclaje C1 tipo A, suelo D..... | 94 |
| Tabla N° 9: Miembros con mayor deformación en elementos de C1 tipo A, suelo D... 95 | |
| Tabla N° 10: Diseño miembros más solicitados de gabinete C1 tipo A, suelo D. | 96 |
| Tabla N° 11: Tabla cálculo gabinete C1 TIPO B. | 98 |
| Tabla N° 12: Diseño Perno de anclaje C1 tipo B, suelo C..... | 99 |
| Tabla N° 13: Miembros con mayor deformación en elementos de C1 tipo B, suelo C. | 100 |
| Tabla N° 14: Diseño miembros más solicitados de gabinete C1 tipo B, suelo C. | 101 |
| Tabla N° 15: Diseño Perno de anclaje C1 tipo B, suelo D..... | 103 |
| Tabla N° 16: Miembros con mayor deformación en elementos de C1 tipo B, suelo D. | 104 |
| Tabla N° 17: Diseño miembros más solicitados de gabinete C1 tipo B, suelo D. | 105 |
| Tabla N° 18: Tabla cálculo gabinete C1 TIPO C, suelo C. | 107 |
| Tabla N° 19: Diseño Perno de anclaje C1 tipo C, suelo C..... | 108 |
| Tabla N° 20: Miembros con mayor deformación en elementos de C1 tipo C, suelo C. | 109 |
| Tabla N° 21: Diseño miembros más solicitados de gabinete C1 tipo C, suelo C. | 110 |
| Tabla N° 22: Tabla cálculo gabinete C1 TIPO C, suelo D. | 112 |
| Tabla N° 23: Diseño Perno de anclaje C1 tipo C, suelo D..... | 113 |
| Tabla N° 24: Miembros con mayor deformación en elementos de C1 tipo C, suelo D. | 114 |
| Tabla N° 25: Diseño miembros más solicitados de gabinete C1 tipo C, suelo D. | 115 |
| Tabla N° 26: Tabla cálculo gabinete C2 TIPO B, suelo C. | 117 |
| Tabla N° 27: Diseño Perno de anclaje C2 tipo B, suelo C..... | 118 |
| Tabla N° 28: Miembros con mayor deformación en elementos de C2 tipo B, suelo C. | 119 |
| Tabla N° 29: Diseño miembros más solicitados de gabinete C2 tipo B, suelo C. | 120 |
| Tabla N° 30: Diseño Perno de anclaje C2 tipo B, suelo D..... | 122 |
| Tabla N° 31 Miembros con mayor deformación en elementos de C2 tipo B, suelo D.123 | |
| Tabla N° 32: Diseño miembros más solicitados de gabinete C2 tipo B, suelo D. | 124 |
| Tabla N° 33: Tabla cálculo gabinete C2 TIPO C, suelo C. | 126 |
| Tabla N° 34: Diseño Perno de anclaje C2 tipo C, suelo C..... | 127 |
| Tabla N° 35: Miembros con mayor deformación en elementos de C2 tipo C, suelo C. | 128 |
| Tabla N° 36: Diseño miembros más solicitados de gabinete C2 tipo C, suelo C. | 129 |
| Tabla N° 37: Diseño Perno de anclaje C2 tipo C, suelo D..... | 131 |
| Tabla N° 38: Miembros con mayor deformación en elementos de C2 tipo C, suelo D. | 132 |
| Tabla N° 39: Diseño miembros más solicitados de gabinete C2 tipo C, suelo D. | 133 |

Capítulo 1

1. INTRODUCCIÓN

El estudio que se presenta en este documento se realizó mediante una colaboración en la empresa MEE Ltda., ubicada en la comuna de San Bernardo, en la ciudad de Santiago de Chile. Ésta, desarrolla soluciones de energía y respaldo, la cual se ha caracterizado por el desarrollo de todas las funciones técnicas y profesionales orientadas a proyectos, instalación y mantenimiento de sistemas eléctricos y de comunicaciones. Entre lo más destacado, se encuentran los proyectos de integración de sistemas eléctricos de alta disponibilidad, los que entregan soluciones para la continuidad y calidad de servicio de la energía eléctrica, más el equipamiento, y las necesarias capacidades de monitoreo y control.

Este proyecto consiste en el desarrollo de una propuesta de un diseño de gabinetes industriales de tamaño estándar que permitirá su armado de manera más óptima para la producción de dicha empresa. Se desarrolló mediante un estudio cuantitativo y cualitativo respectivo a la información recabada de los proyectos desarrollado por la empresa, de los cuales se obtuvieron como resultado tres distribuciones tipo de los equipos al interior de los armarios industriales, tres tipos de geometría adecuada para almacenar en su interior los instrumentos que permitirán el respaldo energético demandado, los cuales cumplen con las solicitaciones sísmicas respectivas. Estos resultados contribuirán en la mejora de los tiempos de entrega de los productos de MEE LTDA.

1.1 Motivación

El rápido avance tecnológico en las industrias de nuestro país y del mundo, ha creado la necesidad de implementar procesos cada vez más automatizados, para que de tal forma se logre optimizar la producción y a su vez también mejorar la calidad de sus productos, permitiendo el acceso de éstas a mercados internacionales.

La creciente demanda energética ha llevado a la generación de soluciones de respaldo y calidad en energía, presentando productos capaces de proporcionar una alimentación constante, la cual es requerida para los equipos eléctricos, tales como cargadores de baterías, bancos de batería estándar industrial, inversores, aire acondicionados de precisión, entre otros. Estas soluciones eléctricas, cumplen con una distribución ideal de sus equipos instaladas, los que se ubican al interior de estructuras de manufactura metalmecánica, estructuras que además deben cumplir con los requerimientos establecidos en la normativa chilena.

La manufactura metalmecánica se encuentra basada en la transformación de materias primas y en el desarrollo de productos mediante la aplicación de procesos propios, sin embargo factores como la complejidad de diseño y fabricación, influyen directamente en el proceso productivo de las ramas derivadas a éste.

Es así como confluyen dos áreas que corren por carriles distintos, pero que se dirigen a una misma dirección, sin embargo una de ellas se transforma directamente en dependiente de la otra para su producción. Estamos hablando de la industria de respaldo energético y de la fabricación metalmecánica, donde la primera actúa al inicio y al término del desarrollo de una solución eléctrica, pero considerando dentro de su desarrollo, el proceso de elaboración de estructuras metálicas soportantes que cumplan con los requisitos tanto sísmicos como eléctricos, señalados por la normativa chilena vigente. Por lo tanto, una solución eléctrica, consta de dos partes, el diseño y cálculo de energía necesaria para el respaldo requerido y el gabinete contenedor que

permitirá el funcionamiento y abastecimiento solicitado. De este modo, el producto final cuenta con una correcta distribución de los equipos contenidos en el armario industrial, el cual proporcionará a éstos la protección y permanencia dispuesta, manteniéndolos en perfecto estado para su entrega y posterior funcionamiento.

1.2 Justificación

La empresa MEE LTDA., dedicada al desarrollo de soluciones de energía y respaldo, cuenta con un amplio portafolio de productos de prestigiosas marcas y un equipo de profesionales, lo que garantiza el desarrollo de productos fiables y con una calidad de fabricación consistente, desde las materias primas hasta los productos terminados, respetando los plazos de entregas definidos directamente con sus clientes. Es en este escenario donde surge la necesidad de control de un factor que escapa a su dominio, el tiempo de diseño y construcción de estructuras metálicas que cumplan con los requisitos tanto estructurales como eléctricos, permitiendo así la entrega de sus productos en un tiempo óptimo y cumpliendo con los estándares de calidad de alto nivel establecidos tanto por dicha empresa como también los impuestos por el mercado.

En este contexto, surge la oportunidad de crear un diseño de un gabinete tamaño estándar, el cual permitirá un mayor control en el tiempo de entrega de los productos de la empresa. Este diseño se encuentra sobre las bases de la norma chilena, respetando la distribución determinada por el cálculo eléctrico, el tamaño y material respectivo.

Las estructuras corresponden a un diseño particular para cada solución energética, fabricadas en acero, con una geometría y distribución referida a los requerimientos de la propuesta. Se analiza y diseña una solución estructural que permita la adaptación de éste para cada proyecto, con piezas prefabricadas, disminuyendo los tiempos de construcción y por ende de entrega de los productos finales de la empresa.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Creación de una propuesta de estructuras metálicas industriales de tamaño estándar para equipos de respaldo eléctrico.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar las distribuciones tipo de los equipos de respaldo eléctrico al interior de los gabinetes industriales con mayor frecuencia en los proyectos estudiados.
- Definir la geometría de tipo estándar que permita el almacenaje de las soluciones de respaldo energético con mayor porcentaje de demanda en el mercado.
- Generar un diseño estructural para gabinetes industriales prefabricados.

1.4 Alcances

En el Capítulo 2, se presenta una revisión bibliográfica y análisis de la información disponible en la literatura respecto a los equipos eléctricos contenidos frecuentemente en los proyectos de estudio y de la normativa chilena requerida para el diseño sísmico

de las estructuras, además de las consideraciones necesarias para estructuras de almacenaje de equipos eléctricos.

En el Capítulo 3, se presenta la base de datos recopilada mediante un estudio de los proyectos proporcionados por la empresa, esto, para la generación de un estudio cuantitativo, el cual permitirá la definición de distribuciones tipo de los equipos eléctricos al interior de los armarios y por ende la geometría tipo para cada uno de ellos.

En el Capítulo 4, se desarrolla el diseño del tipo estructural de los gabinetes tipos, siendo éste sustancial en la generación del presente proyecto. En este capítulo podemos encontrar las bases del cálculo para los armarios, así como también las consideraciones para el desarrollo de éstos.

En el Capítulo 5, se lleva a cabo la verificación de la estabilidad de los armarios tipo, sus elementos y perfiles empleados, el diseño de anclaje de éstos y finalmente un análisis de la deformación experimenta por sus elementos más solicitados.

En el Capítulo Conclusiones y Recomendaciones, se desarrollan las conclusiones de este proyecto, basadas en los objetivos presentados previamente en el Capítulo 1.

En el Capítulo Referencias, se encuentra la información bibliográfica para la elaboración de este proyecto.

Finalmente, en el Capítulo Anexo, se pueden encontrar las tablas empleadas en el diseño y cálculo de los gabinetes tipos, además del resultado e información pertinente a los 5 modelos de gabinete tipo restantes.

Capítulo 2

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 General

En este capítulo se presenta la recopilación bibliográfica que se utilizó en este trabajo. Es de importancia para el desarrollo de este diseño tener un claro conocimiento de los productos y componentes de éstos para el diseño de prototipos de los armarios tipo modular.

Para llevar a cabo este trabajo se debió realizar una serie de visitas al departamento de producción, de modo que la información recabada sea lo más apegada a la realidad.

A continuación se definen algunos conceptos de interés para este proyecto.

2.2 Soluciones energéticas

2.2.1 Integración

Corresponde a una solución eléctrica, la cual está compuesta por distintos elementos (productos), los cuales trabajan en conjunto para entregar una prestación al cliente. Dichos equipos eléctricos, pueden ser UPS, transformadores, baterías, entre otros. Estos cumplen con una distribución de modo que cumpla con los requerimientos de energía necesaria para las solicitudes del cliente.



Figura 1: Solución energética tipo Integración.

2.3 Equipos

2.3.1 UPS

Es una fuente de suministro eléctrico que incorpora una batería, la cual tiene como finalidad de la entrega continua de energía a un dispositivo, frente el escenario de que exista una interrupción en la energía eléctrica. Corresponde a un sistema de alimentación ininterrumpida, las cuales por lo general son conectadas a la alimentación de las computadoras, permitiendo el uso de varios minutos en el caso de que se corte la electricidad.



Figura 2: UPS tipo modular.

2.3.2 Batería

Corresponde a un dispositivo que mediante el empleo de procedimientos electroquímicos, almacena energía eléctrica, la cual es devuelta en casi toda su totalidad. Están compuestas por celdas electroquímicas que permiten convertir la energía química, que está almacenada por éstas, en electricidad. Dichas celdas contienen en su interior un electrodo positivo y un ánodo negativo, los cuales permiten que se muevan entre electrodos, generando que la corriente fluya hacia el exterior de la batería, permitiendo que ésta cumpla con su función de abastecer de energía eléctrica.



Figura 3: Batería modelo Power Block OPzS.

2.3.3 Transformador

Dispositivo eléctrico que permite disminuir o aumentar la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia de onda. Este dispositivo electromagnético estático, permite proporcionar una tensión requerida de acuerdo a las características de los receptores. Dicho dispositivo son de gran utilidad en procesos de transporte de energía eléctrica en trechos largos a tensiones altas, con pérdidas mínimas y conductores de secciones moderadas.



Figura 4: Transformador BT Pailamilla.

2.3.4 Rectificador

Aparato estático diseñado para la transformación de corriente alterna a corriente continua. Dicho proceso es requerido debido a que la energía comercialmente se distribuye del tipo alterna, mientras que los equipos del hogar e industriales, requieren de continuidad de corriente, por lo cual esta transformación se hace imprescindible. Es así como este elemento constituido por diodos o tiristores se hace fundamental, si bien existen diversas maneras y elementos para hacer dicha conversión, los rectificadores corresponden a la elección más utilizada, teniendo en cuenta que para escoger el más adecuado se debe tener claro el tipo de red eléctrica, siendo muchas veces monofásica o trifásica.

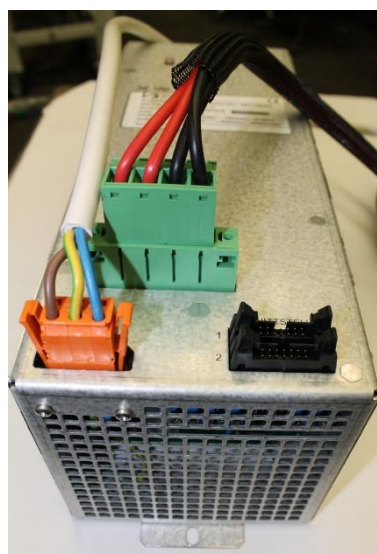


Figura 5: Módulo rectificador PME - MODULE 2500 Watts.

2.4 Normativa sísmica

2.4.1 Norma Chilena 433. Of (96)

La norma sísmica chilena, tiene base en la versión del año 1996, donde su orientación se encuentra en el logro de estructuras que “puedan presentar daños durante sismos de intensidad excepcionalmente severa, pero siempre evitando el colapso”. Por lo mismo es que esta norma viene a dar una clasificación tal como tipo de estructuración, tipo de suelo, zona sísmica, coeficiente de importancia, entre otras cosas.

Dicha normativa se vio en la necesidad de ser modificada a partir del evento sísmico ocurrido en Chile durante el 27 de febrero del año 2010. Dicho episodio provoca incertidumbre frente a la respuesta de las estructuras existentes en nuestro país, de modo que los resultados obtenidos frente a éste análisis sísmico, permite establecer una norma de emergencia, generado el decreto N°117 aprobado a fines del año 2010. Al año siguiente éste fue reemplazado por el decreto n° 61, donde este último en conjunto con la NCh433.Of96 Modificada en 2009, pasan a conformar la norma sísmica actualmente vigente para edificios.

Los principales cambios que la norma sufrió a partir del DS 61 fueron:

1. Creación de un nuevo tipo de suelos entre los suelos del tipo II y III, los cuales se definen ahora como B y D respectivamente, de modo que se aminore la diferencia que proporcionan los diseños basados en los suelos del tipo II y III, puesto que en muchas ocasiones presentan una diferencia de hasta un 50% en las armaduras de una estructura.
2. Eliminación del espectro del decreto N°117, volviendo al espectro original de la NCh433. Of 96, todo esto debido a los resultados arrojados posterior al 27F, los cuales concluyeron que las estructuras que presentaron mayor daño, corresponden a los que cumplían con la clasificación de dichos tipos de suelos contenidos en las normas anteriores al terremoto acontecido en el año 2010.
3. Calibración del espectro de desplazamientos por medio de un factor de amplificación C_d , el cual fue calculado mediante ecuaciones obtenidas de un ajuste analítico de los valores del espectro elástico de desplazamiento obtenidos con los registros del sismo del 27 de febrero de 2010.

Zonificación sísmica

Se distinguen tres zonas sísmicas en el territorio nacional, basada en la división política por comunas que se indica en Tabla 4.2 de la norma NCh433. (Ver anexo figura 9).

De los proyectos desarrollados se tiene registro que se encuentran mayormente establecidos en la zona 3 y en sólo una ocasión la zona 2, en base a las memorias sísmicas facilitadas por la empresa, donde se destacan principalmente las regiones de Antofagasta y la Metropolitana. Por lo cual, se decide diseñar el proyecto considerando la zona 3 como la zona de estudio.

Tipo de suelo

Para el caso en estudio, se establece que el diseño de cada combinación de tamaño de gabinete establecida, se diseña considerando un suelo tipo C y tipo D, los cuales se establecen en la norma NCh 433, DS61, la cual señala la clasificación sísmica del terreno de fundación para nuestro país (Ver anexo figura 10). Esto, de acuerdo a lo

datos proporcionados por los estudios de mecánica de suelos del edificio en que se instalan los equipos.

Del DS61, se extrae la siguiente información respecto a la definición de los tipos de suelo, de la última actualización a la norma:

SUELO TIPO A

Para Suelo Tipo A se debe justificar V_{s30} , más RQD en roca y q_u en suelo cementado, con un mínimo de 5 mediciones. En aquellos casos donde se demuestre que todo el perfil de los 15 metros superiores presenta una velocidad de onda de corte superior a 900 m/seg, no será necesaria la justificación de RQD, ni q_u . Cuando la estructura se apoya íntegramente en el basamento rocoso y este basamento cumple las características geotécnicas antes indicadas, independientemente de los materiales geotécnicos existentes sobre el sello de fundación, el sitio clasifica como Suelo Tipo A.

SUELO TIPO B

Para Suelo Tipo B se debe justificar V_{s30} , más N_1 , en caso de arenas, y q_u , en el caso de suelos finos. En el caso de suelos granulares gruesos, donde no resulta posible el uso del Índice de Penetración, se deberá proporcionar una detallada descripción estratigráfica del terreno hasta una profundidad de 30 metros, medidos a partir de la superficie natural, indicando el tamaño máximo nominal de partícula cada 5 metros de profundidad. En el caso que sólo se disponga del perfil de V_s en profundidad y que dicho perfil indique claramente que V_s aumenta monótonamente con la profundidad y además, se cumple que $V_{s30} > 500$ m/s, se podrá clasificar automáticamente como suelo tipo C, sin necesidad de otras mediciones. Una excepción son las gravas fluviales de espesor mayor o igual a 30 metros (medidos a partir de la superficie natural), las cuales clasifican en Suelo Tipo B sin necesidad de medir V_s , ni presentar la descripción estratigráfica detallada. El sustento para establecer la presencia de gravas fluviales de espesor mayor o igual a 30 metros, puede ser de tipo geológico, o información confiable y demostrable de sectores del entorno inmediato.

SUELO TIPO C

Para Suelo Tipo C se debe justificar V_{s30} , más N_1 , en caso de arenas, y q_u , en el caso de suelos finos. En el caso de suelos granulares gruesos, donde no resulta posible el uso del Índice de Penetración, se deberá proporcionar una descripción estratigráfica del terreno hasta una profundidad de 30 metros, medidos desde la superficie natural, indicando el tamaño máximo nominal de partícula cada 5 metros de profundidad. En el caso que sólo se disponga del perfil de V_s en profundidad y que dicho perfil indique claramente que V_s aumenta monótonamente con la profundidad y además, se cumple que $V_{s30} > 350$ m/s, se podrá clasificar automáticamente como suelo tipo D, sin necesidad de otras mediciones.

SUELO TIPO D

Para Suelo Tipo D se debe justificar V_{s30} , más N_1 , en caso de arenas, y S_u en el caso de suelos finos. En depósitos de suelos arenosos donde se disponga de mediciones del Índice de Penetración, al menos cada un metro de profundidad en los 30 metros superiores y se cumpla que $N_1 > 30$ golpes/pie, se podrá clasificar automáticamente el terreno como Suelo Tipo D, sin necesidad de otras mediciones. Dentro de los 30 metros de medición del N-SPT se aceptan en total no más de 5 metros con N_1 , en el rango de 20 - 29 golpes/pie. En el caso que sólo se disponga del perfil de V_s en profundidad y que dicho perfil indique claramente que V_s aumenta monótonamente con la profundidad y además, se cumple que $V_{s30} > 180$ m/s, se podrá clasificar automáticamente como Suelo Tipo E, sin necesidad de otras mediciones.

SUELO TIPO E

Para suelo tipo E se debe justificar V_{s30} , más N_{10} , en caso de arenas y S_u en el caso de suelos finos.

SUELO TIPO F

Se consideran Suelos Especiales (Tipo F) aquellos que presentan singularidades en su comportamiento mecánico y por tanto requieren estudios geotécnicos especiales. Como ejemplo se pueden citar: suelos licuables, suelos colapsables, suelos orgánicos, suelos sensitivos, turba, entre otros.

Valor de aceleración efectiva

Respecto a lo establecido en el punto 4.1 de la NCh 433.Of996.mod, 2009 de la zonificación sísmica, los edificios estudiados que se considerarán emplazados en zona sísmica 3, estimada como la zona sísmica más desfavorable, le corresponde un valor de aceleración efectiva A_0 obtenida mediante el uso de la Tabla 6.2 (Ver anexo figura 11).

De acuerdo a lo previamente señalado la aceleración que se emplea en este diseño tiene un valor de 0,4 g considerando una aceleración de gravedad de 9,81m/s.

Factor de modificación de la respuesta

El factor de modificación de la respuesta R_0 (o R) se establece en tabla 5.1 de la NCh 433 (Ver anexo figura 13). Este factor refleja las características de absorción y disipación de energía de la estructura resistente, así como la experiencia sobre el comportamiento sísmico de los diferentes tipos de estructuraciones y materiales empleados.

Es necesario tener en cuenta que para el diseño de los gabinetes tipo en este informe, se considera un valor de $T^0=0,11$ seg. Esta consideración es respectiva a las averiguaciones del período fundamental de un edificio de 4 pisos y considerando un período del modo con mayor masa traslacional equivalente en la dirección de análisis de 0,2 seg. De este modo y de acuerdo a lo definido en la tabla 5.1 de la norma NCh 433, los factores de modificación de la respuesta correspondientes para el cálculo son $R=5$ y $R_0=6$.

Método de Análisis

ANÁLISIS ESTÁTICO

De la Norma Chilena NCh 433 se extrae lo siguiente, el método de análisis estático sólo se puede usar en el análisis sísmico de las siguientes estructuras resistentes:

- a) todas las estructuras de las categorías I y II ubicadas en la zona sísmica 1 de la zonificación indicada.
- b) todas las estructuras de no más de 5 pisos y de altura no mayor que 20 m;
- c) las estructuras de 6 a 15 pisos cuando se satisfagan las siguientes condiciones para cada dirección de análisis:
 - i) los cocientes entre la altura total h del edificio, y los períodos de los modos con mayor masa traslacional equivalente en las direcciones "x" e "y", T_x y T_y , respectivamente, deben ser iguales o superiores a 40 m/s;
 - ii) el sistema de fuerzas sísmicas horizontales del método estático debe ser tal que los esfuerzos de corte y momentos volcantes en cada nivel no difieran en más de 10%

respecto del resultado obtenido mediante un análisis modal espectral con igual esfuerzo de corte basal.

Si se cumplen las condiciones (i) e (ii) anteriores y el esfuerzo de corte basal que se obtenga de la aplicación de las fuerzas sísmicas estáticas horizontales resultase menor que el determinado según 6.2.3, dichas fuerzas se deben multiplicar por un factor de manera que el esfuerzo de corte basal alcance el valor señalado, como mínimo.

En el método de análisis, la acción sísmica se asimila a un sistema de fuerzas cuyos efectos sobre la estructura se calculan siguiendo los procedimientos de la estática. Este sistema de fuerzas horizontales aplicadas en el centro de masas de cada una de las partes se define.

El esfuerzo de corte basal está dado por:

$$Q_0 = CIP \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

C = Coeficiente sísmico.

I = Coeficiente de importancia del edificio.

El coeficiente Sísmico C, se obtiene de la expresión:

$$C = \frac{2,75 A_0}{g R} \cdot \left(\frac{T'}{T^*} \right)^n \quad \text{Ecuación 2}$$

En que los parámetros tienen el significado dado en la Norma Chilena NCh433.Of1996, mod.2009 (Ver anexo figura14).

Donde:

n, T' = son parámetros relativos al tipo de suelo de fundación que se determinan del diseño (Ver anexo figura 14).

R = factor de reducción (Ver anexo figura 13).

T* = período del modo con mayor masa traslacional equivalente en la dirección de análisis.

En ningún caso el valor de C será menor que $A_0/6 g$. En el caso de que el cálculo del coeficiente sísmico C sea mayor, se debe calcular empleando la fórmula correspondiente a la tabla señalada en el anexo (Ver anexo 1 figura 15).

Existen dos métodos de análisis y son los siguientes:

- a) El método ASD, Diseño en base a Resistencias Admisibles, se diseña de manera tal que las tensiones calculadas por efectos de las cargas de servicio no superen los valores máximos en las especificaciones, es decir que se trabaja en función de las tensiones admisibles, donde éstas son una fracción de las tensiones cedentes del material, ya que por basarse en el análisis elástico de las estructuras, los elementos deben ser diseñados para comportarse elásticamente.
- b) El método de Diseño por Resistencia usando factores de carga y resistencia (LRFD) emplea como criterios de análisis y diseño los de la teoría plástica o una combinación de análisis y diseño plástico. En este caso, basado en estados límites, hay consistencia con el método de diseño para concreto reforzado ACI-318, que emplea procedimientos probabilísticos y provee un nivel más uniforme de confiabilidad.

En este caso se empleará el método ASD, parámetros que serán expuestos más adelante en el capítulo 4 de Diseño Estructural.

Para el diseño de los armarios es necesario considerar las combinaciones de carga nominales (Ver anexo 1 figura 16).

Para el caso en estudio se utilizarán las siguientes combinaciones:

1. D
2. D+L
3. D+0,75(L)
4. D+ (1,0E)
5. D+ (1,0E)+0,75L
6. 0,6D
7. 0,6D+1,0E

Donde:

- D: carga muerta
 E: carga sísmica
 L: carga viva

Tabla 1: Propiedades material acero ASTM A36

| PROPIEDADES | UNIDAD | VALOR |
|-------------------------------|----------------------|------------------------|
| Tensión de fluencia (Fy) | [Kg/m ²] | 2,53 x10 ¹³ |
| Tensión de rotura (Fu) | [Kg/m ²] | 4,08 x10 ¹³ |
| Módulo de elasticidad E | [Kg/m ²] | 2,04 x10 ¹⁶ |
| Módulo de corte del acero (G) | [Kg/m ²] | 8,09 x10 ¹⁵ |

Para el diseño se definen los siguientes tipos de cargas:

Carga Muerta (D): Corresponde al peso propio de la estructura, tales como perfiles, planchas, entre otros. Son aquellas cuya magnitud y posición, permanecen prácticamente constantes durante la vida útil de la estructura.

Carga Viva (L): Corresponde al peso de los equipos, el cual puede ser variable. Son cargas variables en magnitud y posición debidas al funcionamiento propio de la estructura.

Carga Sísmica (E): Corresponde a fuerza sísmica, tanto en las direcciones de "x" y "z", tanto en sentido positivo como en sentido negativo. Estas cargas inducidas en las estructuras están en relación a su masa y elevación a partir del suelo.

2.4.2 Diseño de Acero

MÉTODO AISC360-ASD

Esta especificación establece criterios para el diseño de edificios o construcciones en acero estructural, donde sus elementos resistentes a cargas verticales y laterales son similares a la de edificios.

Las estructuras se diseñan considerando acero estructural del tipo ASTM A36, con perfiles laminados en caliente.

La modelación fue realizada en base a marcos estructurales rígidos de acero, columna y viga.

1. Requisitos de Diseño

1.1 Disposiciones generales

El diseño de miembros y conexiones deberá ser consistente con el comportamiento que se espera que tenga el sistema estructural diseñado.

1.2 Cargas y combinaciones de cargas

Las combinaciones de cargas son definidas como se presentan en el método de análisis previamente, de acuerdo a la norma NCh 433.

1.3 Base de Diseño

El diseño, como se mencionó previamente, se realizará de acuerdo a las disposiciones del método en base a resistencias admisibles (ASD).

La resistencia requerida de los miembros estructurales y conexiones será determinada mediante análisis estructural para las combinaciones de carga que corresponda según se indica en Ref. 1.

$$R_a \leq R_n / \Omega \quad \text{Ecuación 3}$$

R_a : Resistencia requerida

R_n : Resistencia nominal

Ω : Factor de seguridad

R_n / Ω : Resistencia admisible

1.4 Diseño de conexiones

Se consideran uniones soldadas en taller, arco manual según AWS D1.1.

1.5 Determinación de Área bruta y neta

En este caso, al no poseer conectores, el área bruta y neta son iguales.

1.6 Clasificación de las secciones según Pandeo local.

Las secciones se clasifican como secciones compactas, no compactas y esbeltas. Para que una sección califique como compacta, la razón ancho-espesor de sus miembros comprimidos no debe exceder la razón límite ancho-espesor λ_p , de acuerdo a la tabla B4.1 (Ver anexo 1, figura 18). Si la razón ancho-espesor, excede λ_p , pero no λ_r , entonces es considerado como no compacto. Por otro lado, si la razón ancho-espesor excede λ_r , es considerado como esbelto.

-Elementos atiesados: Son los que están soportados a lo largo de los dos bordes paralelos a la dirección de la fuerza de compresión.

-Elementos no atiesados: Son los que están soportados a lo largo de uno solo de los bordes paralelos a la dirección de la fuerza de compresión.

Esta clasificación puede visualizarse gráficamente las dimensiones de los miembros atiesados y no atiesados en la tabla B4.1 (Ver anexo 1, figura 18).

2. Análisis y diseño para estabilidad

2.1 Requisitos de diseño para la estabilidad de miembros.

La estabilidad de los miembros individuales se suministra mediante el diseño a flexión, corte, tracción, compresión y torsión. Esto se indicará más adelante.

2.2 Requisitos de diseño para la estabilidad del sistema estructural.

La estabilidad lateral en este caso es suministrada mediante marcos arriostrados.

3. Cálculo de resistencias requeridas para sección tubular de espesor uniforme con simetría simple o doble

3.1 Diseño de miembros en tracción

3.1.1 Límites de esbeltez.

No existen límites de esbeltez para miembros en tracción. Si están diseñados básicamente en tracción, la razón de esbeltez L/r preferiblemente no debe exceder de 300.

3.1.2 Resistencia en tracción

$$P_n = F_y A_g \quad \text{Ecuación 4}$$

$$\Omega = 1,67$$

P_n / Ω = Resistencia de diseño a tracción

F_y = Tensión de fluencia mínima del acero.

A_g = Área bruta de la sección.

3.2 Diseño de miembros en compresión

3.2.1 Límites de esbeltez y longitud efectiva.

$$\frac{KL}{r} \leq 200 \quad \text{Ecuación 5}$$

K = Factor de longitud efectiva.

L = Longitud no arriostrada lateralmente del miembro.

r = Radio de giro.

3.2.2 Pandeo por flexión de miembros sin elementos esbeltos.

$$P_n = F_{cr} A_g \quad \text{Ecuación 6}$$

$$\Omega = 1,67$$

P_n/Ω = Resistencia de diseño a compresión

F_{cr} = Tensión de pandeo por flexión crítica.

A_g = Área bruta de la sección.

La tensión de pandeo por flexión F_{cr} se determina de acuerdo al capítulo E, punto E3, Ref. 1.

$$\frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \text{ó} \quad F_e \geq 0,44 F_y \quad \text{Ecuación 7}$$

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y \quad \text{Ecuación 8}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad \text{Ecuación 9}$$

3.2.3 Resistencia a compresión, pandeo torsional y flexo-torsional de miembros sin elementos esbeltos.

$$P_n = F_{cr} A_g \quad \text{Ecuación 10}$$

$$\Omega = 1,67$$

P_n/Ω = Resistencia de diseño a compresión

F_{cr} = Tensión de pandeo por flexión crítica.

A_g = Área bruta de la sección.

Para miembros con simetría doble:

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y} \quad \text{Ecuación 11}$$

C_w = Constante de alabeo.

G = Módulo elástico de corte del acero.

J = Constante torsional.

K_z = Factor de longitud efectiva para pandeo torsional.

I_x, I_y = Momento de inercia en torno de los ejes principales.

3.3 Diseño de miembros en flexión

3.3.1 Fluencia

$$M_n = M_p = F_y Z \quad \text{Ecuación 12}$$

$$\Omega = 1,67$$

Z = Módulo plástico de la sección en torno al eje de flexión.

M_n = Resistencia de flexión nominal.

M_p = Momento plástico.

F_y = Tensión de fluencia mínima del acero.

M_n/Ω = Resistencia de diseño a flexión.

3.3.2 Pandeo Local de ala

(a) Para secciones compactas, no aplica el límite de pandeo local del ala.

3.3.3 Pandeo local de alma.

(a) Para secciones compactas, no aplica el límite de pandeo local del alma.

3.4 Diseño de miembros en corte

3.4.1 Miembros con almas no atiesadas o atiesadas.

Resistencia nominal:

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v \quad \text{Ecuación 13}$$

$$\Omega = 1,67$$

| | | |
|--------------|---|--|
| V_n | = | Resistencia de corte nominal. |
| F_y | = | Tensión de fluencia mínima del acero. |
| A_w | = | Altura total multiplicada por el espesor del alma. |
| V_n/Ω | = | Resistencia de diseño a corte. |
| C_v | = | Coefficiente de corte del alma. |

Cuando:

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} \quad \text{Ecuación 14}$$

el valor de $C_v = 1$.

Para almas no atiesadas con:

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,6 \quad \text{Ecuación 15}$$

el valor de $k_v = 5$.

h = Para secciones laminadas, la distancia libre entre alas menos el filete o radio de esquina.

t_w = Espesor de la sección.

k_v = Coeficiente de pandeo de placa del alma.

F_y = Tensión de fluencia mínima del acero.

E = Módulo de elasticidad del acero.

3.5 Diseño de miembros para solicitaciones combinadas y torsión.

3.5.1 Miembros bajo torsión y combinación de torsión, flexión, corte y/o carga axial.

-Resistencia torsional de secciones tubulares rectangulares

$$T_n = F_{cr} C \quad \text{Ecuación 16}$$

$$\Omega = 1,67$$

T_n/Ω = Resistencia torsional admisible.

F_{cr} = Tensión de pandeo por flexión crítica.

C = Constante torsional para secciones tubulares.

Para tubos rectangulares:

Cuando:

$$h/t \leq 2,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \text{Ecuación 17}$$

El valor de la tensión crítica es:

$$F_{cr} = 0,6 F_y \quad \text{Ecuación 18}$$

h = Para secciones laminadas, la distancia libre entre alas menos el filete o radio de esquina.

t = Espesor de la sección.

F_{cr} = Tensión crítica.

F_y = Tensión de fluencia mínima del acero.

E = Módulo de elasticidad del acero.

La constante torsional C , puede ser tomada conservadoramente para tubos rectangulares:

$$C = 2(B - t)(H - t)t - 4,5(4 - \pi)t^3 \quad \text{Ecuación 19}$$

-Miembros bajo torsión y combinación de torsión, flexión, corte y/o carga axial.

$$T_n = F_{cr} C \quad \text{Ecuación 20}$$

Cuando la resistencia torsional requerida T_r es menor o igual que el 20% de la resistencia torsional disponible T_c , la interacción de torsión, corte, flexión y/o carga axial para secciones tubulares, debe calcularse de la siguiente manera:

Cuando:

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad \text{Ecuación 21}$$

- $P_r =$ Resistencia de compresión axial requerida.
- $P_c = \frac{P_n}{\Omega_c} =$ Resistencia de compresión axial disponible.
- $M_r =$ Resistencia de flexión requerida.
- $M_c = \frac{M_n}{\Omega_b} =$ Resistencia de flexión disponible.
- $x =$ Subíndice que indica flexión en torno al eje fuerte.
- $y =$ Subíndice que indica flexión en torno al eje débil.
- $\Omega_c = 1,67 =$ Factor de seguridad en compresión.
- $\Omega_b = 1,67 =$ Factor de seguridad en flexión.

4. Cálculo de resistencias requeridas para sección ángulo simple con simetría simple, alas de ángulos dobles

4.1 Diseño de miembros en tracción

4.1.1 Límites de esbeltez.

No existen límites de esbeltez para miembros en tracción. Si están diseñados básicamente en tracción, la razón de esbeltez L/r preferiblemente no debe exceder de 300.

4.1.2 Resistencia en tracción

$$P_n = F_y A_g \quad \text{Ecuación 22}$$

$$\Omega = 1,67$$

$P_n/\Omega =$ Resistencia de diseño a tracción

$F_y =$ Tensión de fluencia mínima del acero.

$A_g =$ Área bruta de la sección.

4.2 Diseño de miembros en compresión

4.2.1 Límites de esbeltez y longitud efectiva.

Cuando:

$$0 \leq \frac{L}{r_x} \leq 80 \quad \text{Ecuación 23}$$

$$\frac{KL}{r} = 72 + 0,75 \cdot \frac{L}{r_x} \quad \text{Ecuación 24}$$

$$\frac{KL}{r} \leq 200 \quad \text{Ecuación 25}$$

$K =$ Factor de longitud efectiva.

$L =$ Longitud no arriostrada lateralmente del miembro.

$r =$ Radio de giro.

4.2.2 Pandeo por flexión de miembros sin elementos esbeltos.

$$P_n = F_{cr} A_g \quad \text{Ecuación 26}$$

$$\Omega = 1,67$$

$P_n/\Omega =$ Resistencia de diseño a compresión

$F_{cr} =$ Tensión de pandeo por flexión crítica.

A_g = Área bruta de la sección.

La tensión de pandeo por flexión F_{cr} se determina de acuerdo al capítulo E, punto E3, Ref. 1.

$$\frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \text{ó} \quad F_e \geq 0,44 F_y \quad \text{Ecuación 27}$$

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y \quad \text{Ecuación 28}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad \text{Ecuación 29}$$

4.3 Diseño de miembros en flexión

4.3.1 Fluencia

$$M_n = 1,5 \cdot M_y \quad \text{Ecuación 30}$$

$$\Omega = 1,67$$

M_n = Resistencia de flexión nominal.

M_y = Momento primera fluencia.

M_n/Ω = Resistencia de diseño a flexión.

$$M_y = S \cdot F_y \quad \text{Ecuación 31}$$

S = Módulo de sección elástico

$$C_b = \frac{12,5 M_{\text{máx}}}{2,5 M_{\text{máx}} + 3 \cdot M_A + 4 \cdot M_B + 4 \cdot M_C} \quad \text{Ecuación 32}$$

4.3.2 Pandeo Lateral Torsional

(a) Con máxima compresión en el borde extremo

$$M_e = \frac{0,66 E b^4 t C_b}{L^2} \left(\sqrt{1 + 0,78 \left(\frac{L t}{b^2}\right)^2} - 1 \right) \quad \text{Ecuación 33}$$

(b) Con máxima tracción en el borde extremo

$$M_e = \frac{0,66 E b^4 t C_b}{L^2} \left(\sqrt{1 + 0,78 \left(\frac{L t}{b^2}\right)^2} + 1 \right) \quad \text{Ecuación 34}$$

Cuando:

$$M_e > M_n \quad \text{Ecuación 35}$$

$$M_n = \left(1,92 - 1,17 \sqrt{\frac{M_y}{M_e}} \right) M_y \leq 1,5 M_y \quad \text{Ecuación 36}$$

4.3.3 Pandeo Local de ala

(a) Para secciones no compactas:

$$M_n = F_y S_c \left(2,43 - 1,72 \left(\frac{b}{t}\right) \sqrt{\frac{F_y}{E}} \right) \quad \text{Ecuación 37}$$

4.4 Diseño de miembros en corte

4.4.1 Miembros con almas no atiesadas o atiesadas.

Resistencia nominal:

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v \quad \text{Ecuación 38}$$

$$\Omega = 1,67$$

V_n = Resistencia de corte nominal.

F_y = Tensión de fluencia mínima del acero.

A_w = Altura total multiplicada por el espesor del alma.

V_n/Ω = Resistencia de diseño a corte.

$C_v =$ Coeficiente de corte del alma.
Se adopta conservadoramente valor de $C_v = 1$ y $k_v = 5$.

Capítulo 3

3 METODOLOGÍA

3.4 Base de datos

Para la elaboración de un diseño prefabricado de estructuras metálicas del tipo gabinete para equipos eléctricos, es de importancia conocer los requerimientos asociados a los proyectos desarrollados por la empresa.

Para esta investigación se utilizó información proveniente de una base de datos de proyectos elaborados, la cual es propiedad de la empresa para la cual se desarrolló esta propuesta.

Esta base de datos cuenta con información respecto a los requerimientos por parte de los clientes de MEE LTDA., además de contar con datos particulares de proyecto, especificaciones técnicas, entre otros. Cada proyecto evaluado y llevado a cabo durante los años 2014 y 2015 que sea de relevancia para esta propuesta, fue considerado para el diseño presente. La información se encuentra organizada por número de nota de pedido realizado a la empresa, presentándose de forma organizada mediante el empleo tablas de datos.

Los datos incluyen un formato digital de la propuesta, el archivo ACad, cálculo de energía eléctrica de respaldo y otros adicionales. Sin embargo, para el desarrollo de este proyecto se indicarán sólo los detalles abocados al diseño estructural.

3.5 Estudio cuantitativo de datos

Para el desarrollo de este proyecto, fue necesario desarrollar una exhaustiva investigación, procedimiento mediante el cual se consiguió decidir la geometría adecuada para los gabinetes del tipo modular.

Para la realización de este estudio cuantitativo se requirió de datos representativos, permitiendo realizar una predicción del comportamiento en cuanto a la demanda de productos que son fabricados.

En primer lugar, se estudió cada proyecto y se registró cada uno por número de nota de pedido en una tabla de organización. Se analizaron los planos de cada una de las estructuras y se registraron para cada uno de ellos las dimensiones exteriores de cada una de ellas, plasmándolas respectivo a su número de identificación.

Cada producto final cuenta con una cantidad de equipos eléctricos de respaldo con distintas funciones, de diferentes tipos, con especificaciones variadas, dimensiones, pesos, formas, entre otros. Para cada solución eléctrica, se cuentan con diferentes disposiciones de los equipos en el interior de los armarios, con variadas distribuciones de carga y medidas para éste. Se analizaron las fichas técnicas de los equipos, tales como baterías, transformadores, rectificadores, UPS's y además se tomó nota de su peso de acuerdo al modelo que se contempla en el funcionamiento de cada producto diseñado.

A continuación se muestra una organización de los proyectos estudiados y su información respectiva, dimensiones de los gabinetes, equipos contenidos y los pesos de los equipos contenidos en cada uno.

Tabla 2: Especificaciones técnicas respectiva a cada proyecto

| N° PROJ. | ALTO | ANCHO | PROF. | U. BAT. | P. UND. | P.TOT. | U. UPS | P. UND. | P.TOT. | U. TRANSF. | P. UND. | P.TOT. | U. RECT. | P. UND. | P.TOT. | P. TOTAL EQUIPOS |
|----------|-------|-------|-------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|------------|---------|--------|----------|---------|--------|------------------|
| | [mm] | [mm] | [mm] | | [Kg] | [Kg] | | [Kg] | [Kg] | | [Kg] | [Kg] | | [Kg] | [Kg] | [Kg] |
| 1 | 2.100 | 1.200 | 850 | 20 | 23 | 460 | 1 | 24 | 24 | 2 | 95 | 190 | 0 | 0 | 0 | 674 |
| 2 | 2.100 | 800 | 800 | 16 | 6 | 93 | 1 | 21 | 21 | 1 | 38 | 38 | 0 | 0 | 0 | 152 |
| 3 | 2.100 | 800 | 800 | 12 | 6 | 70 | 1 | 7 | 7 | 1 | 20 | 20 | 0 | 0 | 0 | 96 |
| 4 | 2.100 | 1.190 | 850 | 20 | 17 | 346 | 1 | 45 | 45 | 1 | 78 | 78 | 0 | 0 | 0 | 469 |
| 5 | 2.100 | 1.190 | 850 | 20 | 17 | 346 | 1 | 45 | 45 | 1 | 78 | 78 | 0 | 0 | 0 | 469 |
| 6 | 2.100 | 1.190 | 850 | 20 | 17 | 346 | 1 | 45 | 45 | 1 | 78 | 78 | 0 | 0 | 0 | 469 |
| 7 | 2.100 | 1.190 | 850 | 20 | 17 | 346 | 1 | 45 | 45 | 1 | 78 | 78 | 0 | 0 | 0 | 469 |
| 8 | 2.100 | 1.190 | 850 | 20 | 17 | 346 | 1 | 45 | 45 | 1 | 78 | 78 | 0 | 0 | 0 | 469 |
| 9 | 1.500 | 590 | 500 | 10 | 17 | 173 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 80 | 80 | 253 |
| 10 | 2.100 | 1.000 | 850 | 40 | 11 | 420 | 1 | 21 | 21 | 1 | 38 | 38 | 0 | 0 | 0 | 479 |
| 11 | 2.100 | 600 | 850 | 20 | 6 | 110 | 1 | 23 | 23 | 2 | 94 | 94 | 0 | 0 | 0 | 320 |
| 12 | 2.100 | 1.300 | 1.000 | 20 | 30 | 590 | 1 | 23 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 613 |
| 13 | 2.100 | 800 | 980 | 40 | 32 | 1.280 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.280 |
| 14 | 2.100 | 800 | 980 | 40 | 32 | 1.280 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.280 |
| 15 | 2.100 | 800 | 980 | 0 | 0 | 0 | 1 | 23 | 23 | 1 | 152 | 152 | 0 | 0 | 0 | 175 |
| 16 | 2.100 | 800 | 1.000 | 60 | 3 | 168 | 1 | 44 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 212 |
| 17 | 2.100 | 600 | 950 | 60 | 17 | 1.038 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.038 |
| 18 | 2.100 | 600 | 950 | 60 | 17 | 1.038 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.038 |
| 19 | 2.100 | 800 | 680 | 60 | 30 | 1.770 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.770 |
| 20 | 2.100 | 950 | 600 | 60 | 24 | 1.410 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.410 |
| 21 | 2.100 | 600 | 950 | 60 | 17 | 1.038 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.038 |
| 22 | 2.100 | 1.000 | 850 | 32 | 11 | 352 | 1 | 21 | 21 | 2 | 59 | 118 | 0 | 0 | 0 | 491 |
| 23 | 2.100 | 1.200 | 800 | 10 | 17 | 173 | 1 | 23 | 23 | 1 | 70 | 70 | 0 | 0 | 0 | 266 |

Luego de registrarse las longitudes externas de los armarios y las especificaciones de los equipos, se procedió al análisis cuantitativo de los datos registrados, se analizó las combinaciones de la geometría de éstos, considerando el alto, ancho y profundidad de la estructura. Mediante el análisis de la información contenida se identificaron tres tipos principales de distribución interna de equipos de respaldo, presentando una orientación variada, debido a la disposición requerida para el correcto funcionamiento de éstos. Los tipos de distribución se identifican con las letras A, B y C, como se muestra más adelante.

De acuerdo a lo previamente señalado, se decide respecto a la geometría que deben tener las estructuras, con el fin de albergar las distribuciones y los equipos, todo basado en el registro con el que se cuenta, identificando los máximos tamaños de armarios construidos y la media de aquellos.

Los gabinetes no sólo protegen los sistemas eléctricos, sino que también equipos electrónicos y son ideales para brindar protección a las cajas de conexión de la intemperie o elementos como el agua, golpes, etc. Estos versátiles gabinetes se fabrican en una gran variedad de tamaños, para dar solución a necesidades específicas, considerando diversas formas de protección. Por lo mismo es que es necesaria la definición de las dimensiones que permitan su modificación para cada producto, permitiendo una fabricación más rápida y con las medidas de seguridad pertinentes.

Los tipos de distribuciones, se detallan más adelante, destacándose claras tendencias.

2.5.1 Distribuciones tipo

a. Distribución tipo A

Corresponde a una disposición interna de los equipos, en la cual se estructura a la derecha o izquierda un espacio para ubicar baterías de suministro, mientras que al lado opuesto superior se concentran equipos de menor tamaño, como UPS y/o tablero

de distribución. Adicionalmente se dispone en la parte baja algún tipo de transformador o equipo de mayor tamaño y/o peso. Esta distribución es característica de soluciones del tipo integración.



Figura 6: Distribución tipo A.

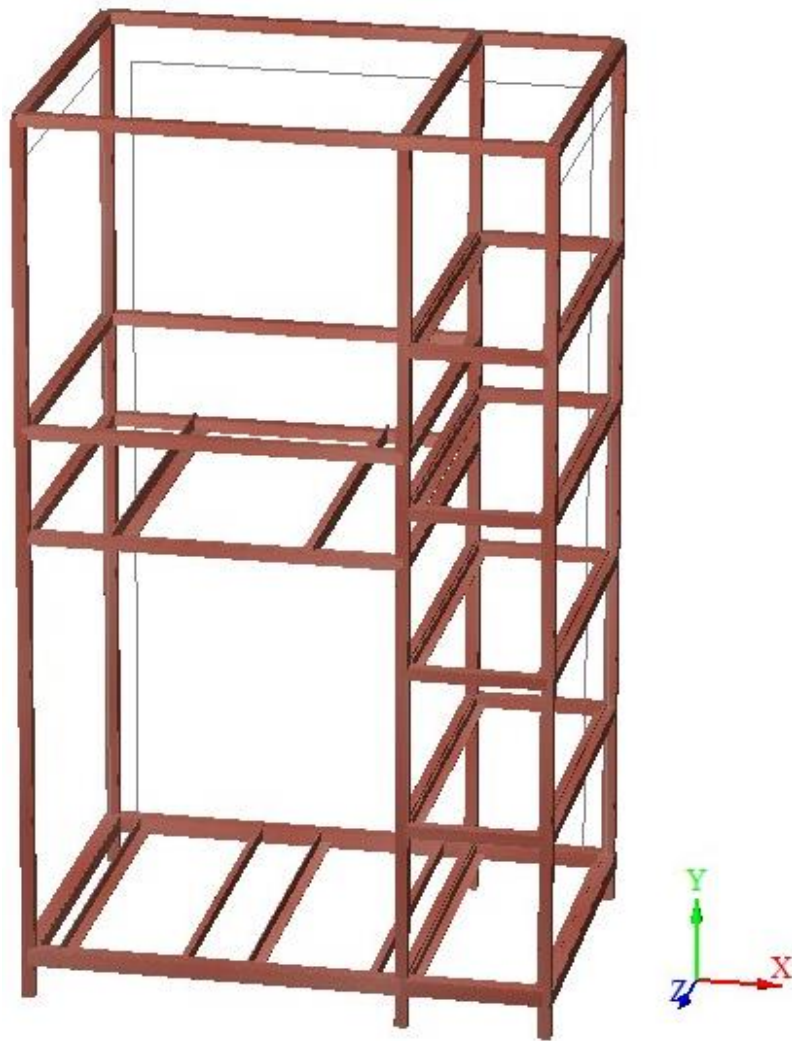


Figura 7: Distribución tipo A.

b. Distribución tipo B

Corresponde a una distribución caracterizada por una disposición interna en la cual los equipos de mayor peso se encuentran en la parte baja, como baterías de gran tamaño o transformadores, sin embargo a diferencia de la distribución anterior esta cuenta con un sólo lineamiento vertical, orientando en su parte superior los equipos de menor peso, tales como UPS, un módulo rectificador o algún tablero de distribución, entre otros.



Figura 8: Distribución tipo B.



Figura 9: Distribución tipo B.

c. Distribución tipo C

Este tipo de distribución se distingue por su formación uniforme. Corresponde a una estructura contenedora de una organización de baterías, las cuales deben cumplir con una capacidad para solucionar un requisito energético, para lo cual su infraestructura interior debe ser más simple que las distribuciones tipo mencionadas anteriormente.



Figura 10: Distribución tipo C.

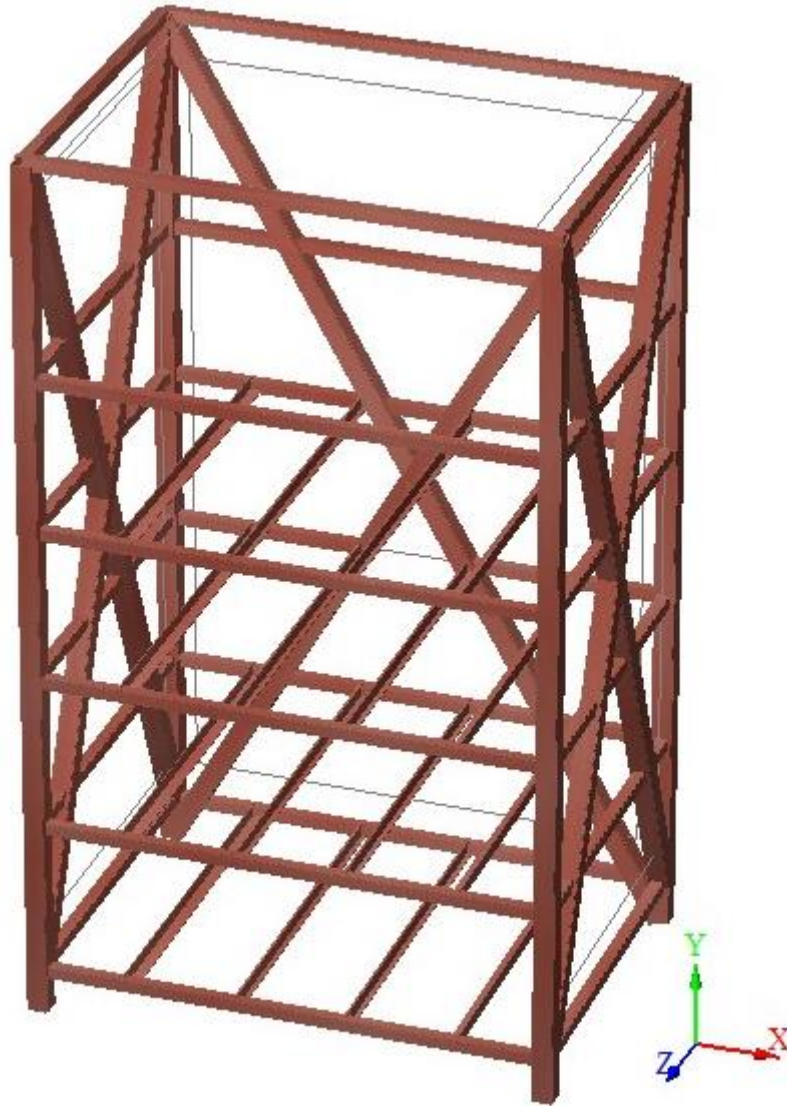


Figura 11: Distribución tipo C.

Estas distribuciones definidas, permiten estimar de qué manera se distribuyen las cargas al interior de los gabinetes, por lo cual es de gran importancia conocer las cargas que se consideraron para el diseño propuesto.

Para el cálculo de las cargas distribuidas, se analizó el registro de los pesos obtenidos de las fichas técnicas de los equipos asociadas a las combinaciones de tamaños que se establecieron, como se detallará más adelante.

2.5.2 Determinación de la geometría

Para la definición de la geometría, se tomó en cuenta las diferentes combinaciones de longitudes externas de los gabinetes elaborados históricamente por la empresa. Se clasificaron éstas estudiando sus frecuencias de repetición dentro del intervalo de tiempo señalado. Además de consideró que si bien habían algunas combinaciones con menor repetición, éstas dimensiones eran cercanas a la las de mayor frecuencia, pero con un valor mayor, por lo tanto permitía incluir un mayor número de combinaciones de medidas para la arquitectura de los armarios.

De esta forma se obtuvo del estudio cuantitativo que las combinaciones geométricas más adecuadas eran las siguientes:

Tabla 3: Combinaciones geométricas para gabinetes tipo modular.

| | ALTURA | ANCHO | PROFUNDIDAD |
|---------------|--------|-------|-------------|
| COMBINACION 1 | 2100 | 800 | 1000 |
| PORCENTAJE | 96% | 32% | 9% |
| COMBINACION 2 | 2100 | 1200 | 850 |
| PORCENTAJE | 96% | 23% | 39% |

Como se indica en la tabla n°2, los porcentajes de frecuencias de cada una de sus medidas son consistentes, además, cabe señalar que el porcentaje menor que corresponde a 9%, es una dimensión que permite albergar las de mayor frecuencia.

Es de este modo que se consigue definir dos tipos de geometría para los gabinetes industriales, los cuales se señalarán más adelante.

Considerando los tipos de distribución interna, se estudió las tendencias de estas combinaciones, atendiendo a una necesidad de calcular el peso asociado a ellas, contemplando para éste la máxima y la media, con el objetivo de desarrollar el diseño.

Tabla 4: Peso máximo y medio para diseño con respecto a su distribución respectiva.

| | ALTURA | ANCHO | PROFUNDIDAD | N° PROYECTOS | 12 | | | |
|---------------|--------|--------|-------------|-----------------|-------|-------|-------|--|
| Combinación 1 | 2100 | 800 | 1000 | Distribución | TIPO | TIPO | TIPO | |
| Porcentaje | 95,65% | 31,82% | 8,70% | Cantidad | 3 | 3 | 6 | |
| | | | | Porcentaje[%] | 25,00 | 25,00 | 50,00 | |
| | | | | Peso máximo[Kg] | 151,8 | 613 | 1770 | |
| | | | | Peso medio[Kg] | 124 | 266,1 | 1159 | |
| Combinación 2 | 2100 | 1190 | 850 | N° PROYECTOS | 10 | | | |
| Porcentaje | 95,65% | 22,73% | 39,13% | Distribución | TIPO | TIPO | TIPO | |
| | | | | Cantidad | 5 | 4 | 1 | |
| | | | | Porcentaje[%] | 50,00 | 40,00 | 10,00 | |
| | | | | Peso máximo[Kg] | 674 | 490,6 | 1410 | |
| | | | | Peso medio[Kg] | 469,2 | 479 | 1410 | |

Como se puede visualizar en la tabla n°3, la carga máxima asociada a la combinación 1, es de 1770 kg y la media es de 1159 kg, mientras que para la combinación 2, el peso máximo y medio es de 1410 kg.

Se debe señalar que estas combinaciones de dimensiones, permitirán abordar del universo de proyectos considerados alrededor de un 92%, por lo cual facultaría al diseño la posibilidad de albergar exactamente 22 productos desarrollados por MEE LTDA.

Capítulo 4

4 DISEÑO ESTRUCTURAL

4.1 Bases del cálculo

Este ítem tiene como objeto mostrar un resumen de los criterios, métodos y materiales empleados, los cuales controlan el diseño de los armarios.

En primer lugar, es necesario indicar que para el diseño de los gabinetes tipos, se consideró los proyectos que se ajustaban a las distribuciones de cargas y combinaciones geométricas tipo respectivas, escogiendo para el diseño los casos más desfavorables, en cuanto a carga se refiere. Estos son indicados a continuación:

Tabla 5: Proyectos seleccionados para diseño de gabinetes.

| N° PROY. | ALTO | ANCHO | PROF. | UNID. | PESO | PESO | UNID. | PESO | PESO | UNID. | PESO | PESO | UNID. | PESO | PESO | PESO.TOT. | DISTRIB. | COMB. |
|----------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|---------|-------|------|-------|-------|------|-----------|----------|-----------|
| | [mm] | [mm] | [mm] | BAT. | UNIT. | TOT. | UPS | UNIT. | TOT. | TRANSF. | UNIT. | TOT. | RECT. | UNIT. | TOT. | EQUIPOS | | |
| | | | | | [Kg] | [Kg] | | [Kg] | [Kg] | | [Kg] | [Kg] | | [Kg] | [Kg] | [Kg] | | |
| 1 | 2100 | 1200 | 850 | 20 | 23 | 460 | 1 | 24 | 24 | 2 | 95 | 190 | 0 | 0 | 0 | 674 | A | C2 TIPO A |
| 3 | 2100 | 800 | 800 | 12 | 6 | 70 | 1 | 7 | 7 | 1 | 20 | 20 | 0 | 0 | 0 | 96 | A | C1 TIPO A |
| 16 | 2100 | 800 | 1000 | 60 | 3 | 168 | 1 | 44 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 212 | B | C1 TIPO B |
| 19 | 2100 | 800 | 680 | 60 | 30 | 1770 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1770 | C | C1 TIPO C |
| 20 | 2100 | 950 | 600 | 60 | 24 | 1410 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1410 | C | C2 TIPO C |
| 22 | 2100 | 1000 | 850 | 32 | 11 | 352 | 1 | 21 | 21 | 2 | 59 | 118 | 0 | 0 | 0 | 491 | B | C2 TIPO B |

Es necesario señalar que ningún gabinete considera dentro de sus distribuciones el empleo de rectificadores, debido a que los proyectos con mayor carga, no contemplan en ningún caso el uso de estos. Por lo cual, si los prototipos cumplen con dichas solicitud, perfectamente podrían ser utilizados incluyendo el uso de éste.

Como es posible distinguir en la tabla 4, existen seis tipos de combinaciones relacionadas con las distribuciones de equipos. Además, cabe señalar que para cada combinación, es necesario el cálculo y diseño de la estructura para los diferentes tipos de suelo señalados en el capítulo 3. De este modo, por cada combinación, se decidió diseñar un gabinete para el suelo tipo A, tipo B, tipo C y tipo D, de este modo, se obtienen 24 tipos de armarios distintos. Sin embargo, luego del desarrollo de estos 24 prototipos, se logró identificar que los expuestos a los suelos C y D son los más solicitados y por ende corresponden al caso más desfavorable. En consecuencia, para las distintas combinaciones y distribuciones se diseñará considerando dichos suelos, obteniéndose 12 prototipos finales.

Para describir el proceso de diseño de un gabinete tipo, se muestra a continuación el caso de la combinación C2 Tipo A, suelo D.

Estados de carga

En el caso de la carga viva, se ingresa el peso de los equipos, como carga distribuida sobre los perfiles soportantes. Para esto se realizó el registro y transformación de las cargas a fuerza distribuida respecto a la distribución de los equipos, el peso unitario y la profundidad del armario.

La fuerza ejercida por los equipos al interior del gabinete es transformada en fuerza distribuida, considerando la longitud de los perfiles que sostienen dichos equipos, luego, se tiene en cuenta la cantidad de equipos y el peso unitario de estos, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 6: Cálculo de carga de equipos transformada a fuerza distribuida.

| CÁLCULO DE CARGA | | | | |
|------------------|---------------|------------|--------------|------|
| Equipo | Unid./Bandeja | Unid.*Peso | (U*P)/Perfil | Kg/m |
| Baterías | 4 | 92 | 46 | 54 |
| UPS | 1 | 24 | 12 | 14 |
| Transformador | 1 | 95 | 48 | 55,9 |

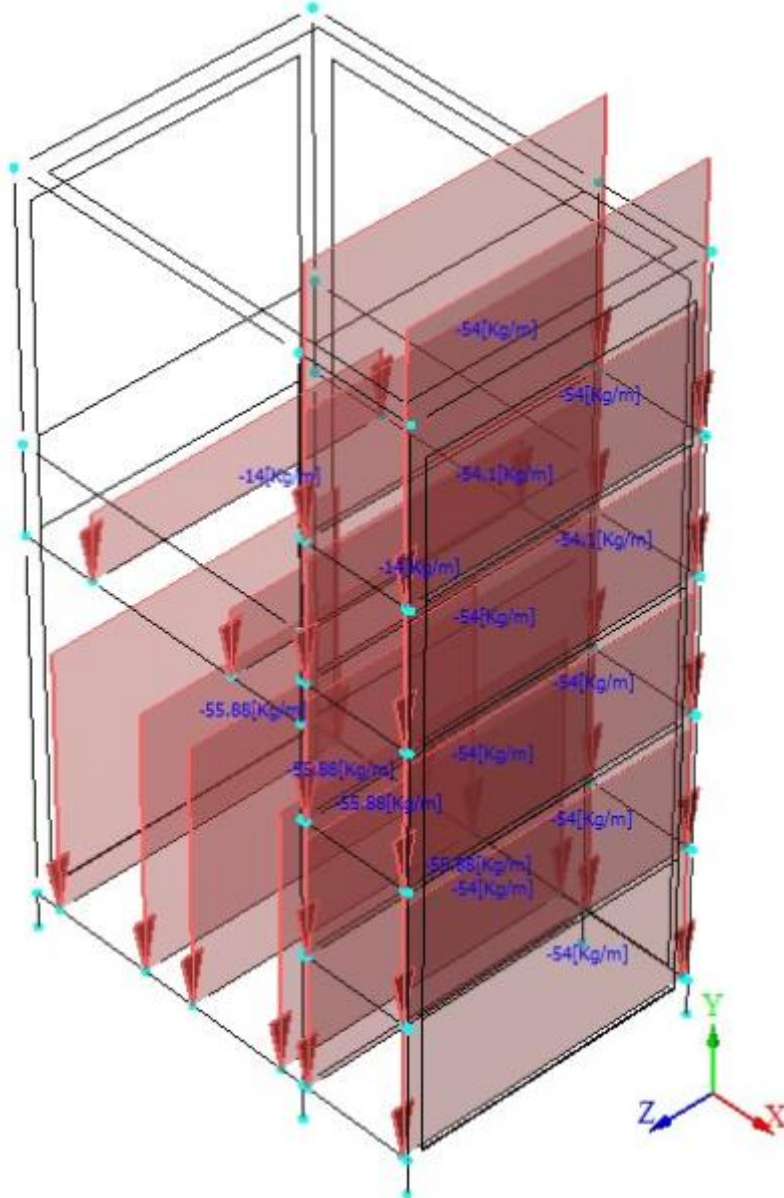


Figura 12: Carga viva en gabinete C2 tipo A, suelo D.

Como se puede observar en la figura 12, el ingreso de cargas considera la carga sísmica en el eje x en sentido positivo (EHXP) y en sentido negativo (EHXN), del mismo modo en el eje z, siendo EHZP y EHZN en sentido positivo y negativo respectivamente. Se emplea un total de 16 combinaciones de carga, teniendo en cuenta que la fuerza del sismo actúa sólo en un sentido a la vez.

Tabla 7: Combinaciones de cargas empleadas en el diseño.

| COMBINACIÓN | D | L | EHXP | EHZP | EHXN | EHZN |
|-------------|-----|------|------|------|------|------|
| C1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C3 | 1 | 0.75 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C4 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| C5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| C6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| C7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| C8 | 1 | 0.75 | 0.75 | 0 | 0 | 0 |
| C9 | 1 | 0.75 | 0 | 0.75 | 0 | 0 |
| C10 | 1 | 0.75 | 0 | 0 | 0.75 | 0 |
| C11 | 1 | 0.75 | 0 | 0 | 0 | 0.75 |
| C12 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C13 | 0.6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| C14 | 0.6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| C15 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| C16 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Para el cálculo de las fuerzas sísmicas, se requiere tener en cuenta los parámetros previamente señalados en el Capítulo 2, Fundamentos Teóricos, en el tópico 2.4, Normativa Sísmica.

Donde:

T*: 0,11s
g: 9,81m/s
A₀: 3,924 s
R: 3
R₀: 5

| | n | T' | S |
|---------|------|------|------|
| Suelo A | 1 | 0,2 | 0,91 |
| Suelo B | 1,33 | 0,35 | 1 |
| Suelo C | 1,4 | 0,45 | 1,05 |
| Suelo D | 1,8 | 0,85 | 1,2 |

Mediante el empleo de la Ec. N°2 se obtiene para los diferentes tipos de suelo, el valor del coeficiente sísmico como se tiene a continuación:

| | |
|---------|-------|
| Suelo A | 0,73 |
| Suelo B | 1,94 |
| Suelo C | 3,01 |
| Suelo D | 17,27 |

Como sabemos del Capítulo 2, el valor de C debe ser menor que A₀/6g. De este modo se comprueba que el valor es 0,067, de este modo, entendemos que corresponde calcular el valor de C_{máx}, tal que Q_{mín}<Q<Q_{máx}, así el valor de C_{máx} debe ser calculado como sigue:

$$C_{máx} = 0,6 \cdot S \cdot \frac{A_0}{g} \quad \text{Ecuación 39}$$

De esta se obtiene los siguientes valores para C_{máx}:

| | C _{máx} |
|---------|------------------|
| Suelo A | 0,216 |
| Suelo B | 0,24 |
| Suelo C | 0,252 |
| Suelo D | 0,288 |

Para el cálculo del corte basal, se consideran los siguientes parámetros respectivos:

I: 1,2
P: 832 Kg

Donde:

- I: Coeficiente de importancia, relativo a la categoría del edificio contenedor.
- P: Peso propio, considerado en este caso como carga muerta más la carga viva, en su 100%, debido a que ésta puede variar, sin embargo, siempre debe estar contenida en el gabinete.

De este modo el corte basal, aplicando la Ec. N°1, para los distintos tipos de suelo queda como se muestra a continuación:

| | | |
|---|---------|--------|
| Q | Suelo A | 215,65 |
| | Suelo B | 239,62 |
| | Suelo C | 251,60 |
| | Suelo D | 287,54 |

Como nuestro gabinete tipo se encuentra contenido en un edificio, corresponde diseñarlo como elemento secundario, de este modo la fuerza sísmica se calcula de la siguiente forma:

$$F = Q_p C_p K_d \quad \text{Ecuación 40}$$

Donde C_p y K_d provienen de la tabla 8.1 de la norma NCh 433 (Ver anexo figura 17).

De este modo:

$$C_p: 2$$

$$K_d: 1,35$$

Así, la fuerza sísmica total para los suelos respectivos queda como sigue:

| FUERZA SÍSMICA HORIZONTAL | | | | | |
|---------------------------|-----|------|------|------|------|
| F=Q Cp Kd | | EHXP | EHXN | EHZP | EHZN |
| Suelo A | 582 | 116 | 83 | 73 | 73 |
| Suelo B | 647 | 129 | 92 | 81 | 81 |
| Suelo C | 679 | 136 | 97 | 85 | 85 |
| Suelo D | 776 | 155 | 111 | 97 | 97 |

Para el ingreso de la fuerza sísmica, es importante considerar la cantidad de niveles de la estructura, por lo cual la fuerza sísmica total queda dividida en la cantidad de niveles de la estructura, como se muestra a continuación para el gabinete C2 TIPO A, Suelo tipo D.

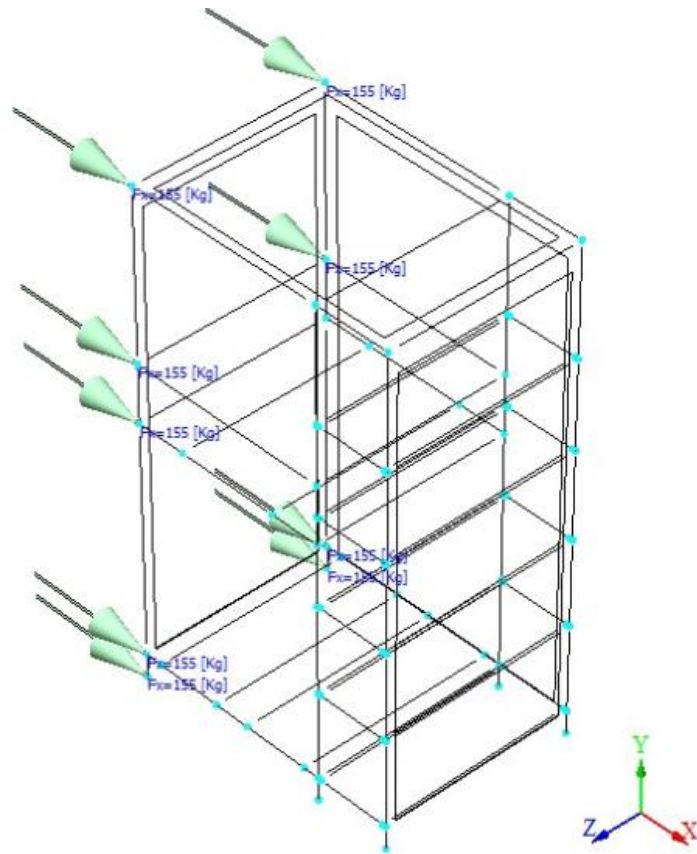


Figura 13: EHXP, ingreso fuerza sísmica en eje x, sentido positivo, gabinete C2 tipo A, suelo D. RAM Advanse.

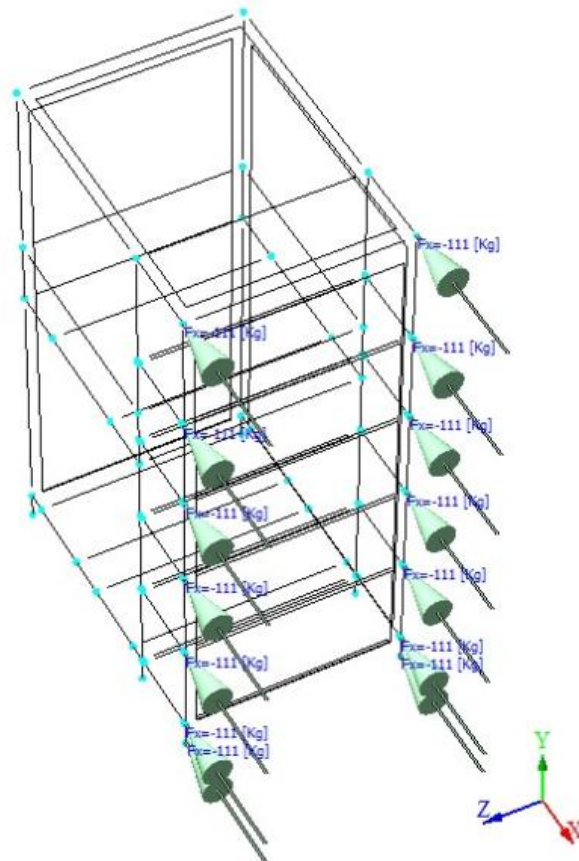


Figura 14: EHXN, ingreso fuerza sísmica en eje x, sentido negativo, gabinete C2 tipo A, suelo D. RAM Advanse.

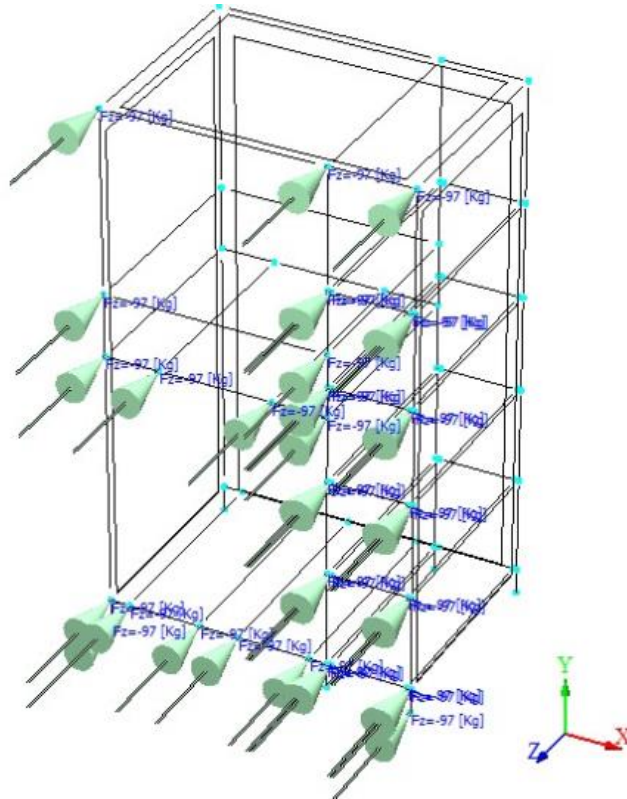


Figura 15: EHZN, ingreso fuerza sísmica en eje z, sentido negativo, gabinete C2 tipo A, suelo D. RAM Advance

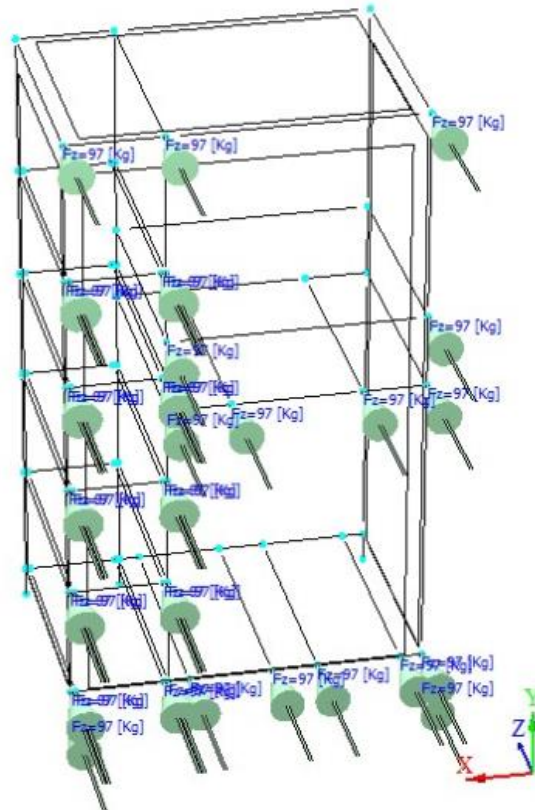
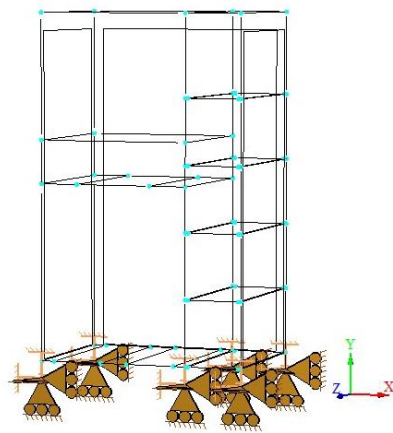
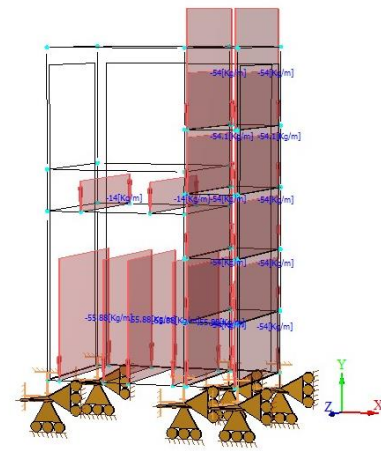


Figura 16: EHZN, ingreso fuerza sísmica en eje z, sentido positivo, gabinete C2 tipo A, suelo D. RAM Advance.

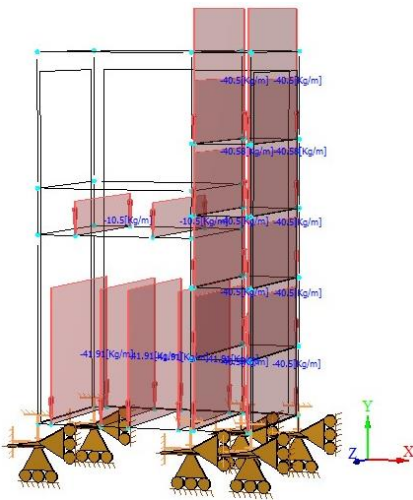
Las combinaciones de carga previamente señaladas, son empleados en todos los gabinetes tipos. A continuación, se muestran los estados de carga en gabinete C2 tipo A, suelo D.



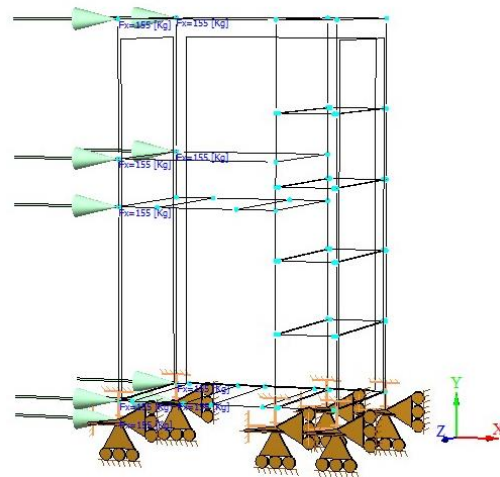
Combinación 1.



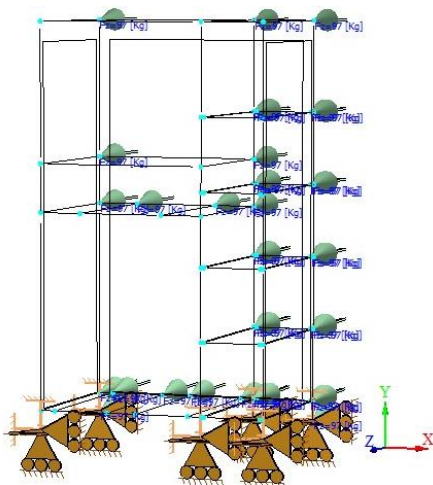
Combinación 2.



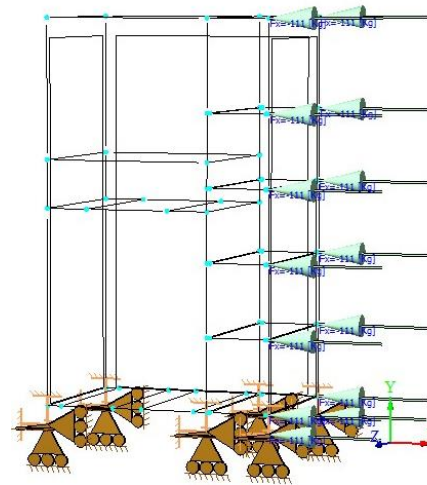
Combinación 3.



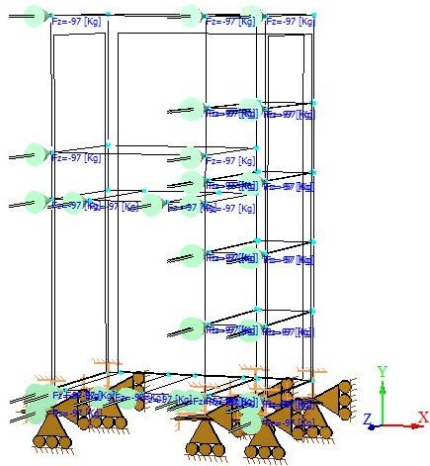
Combinación 4.



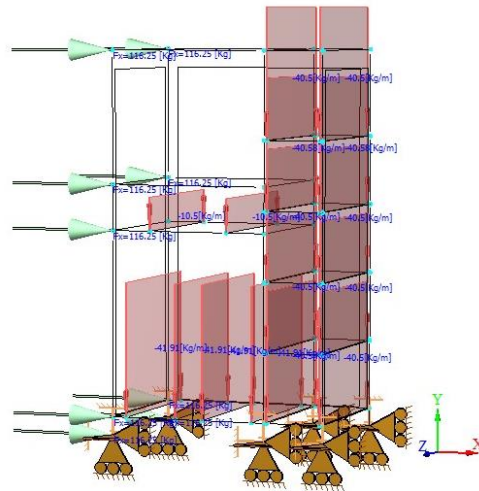
Combinación 5.



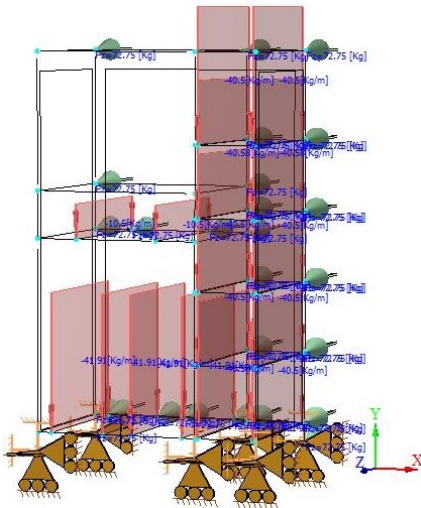
Combinación 6.



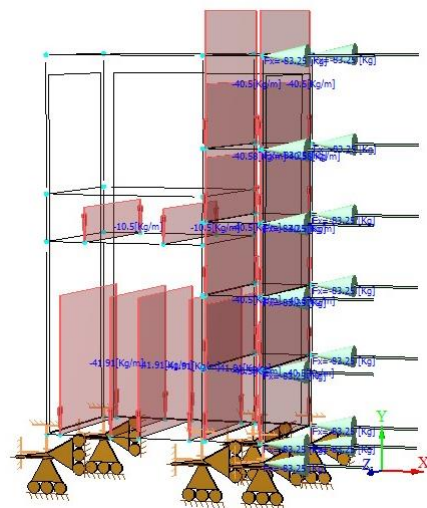
Combinación 7.



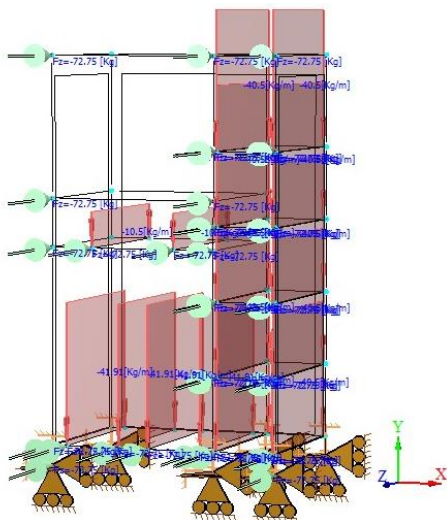
Combinación 8.



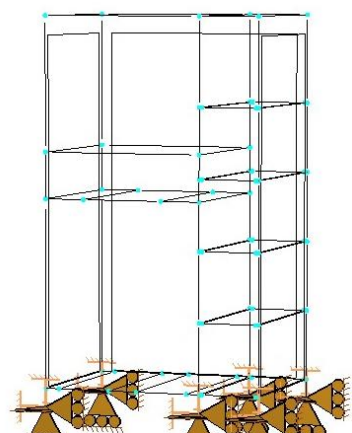
Combinación 9.



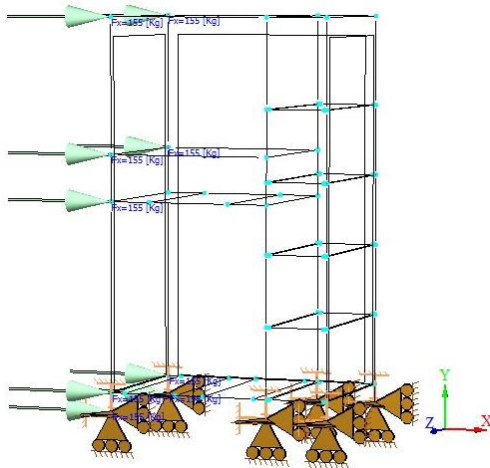
Combinación 10.



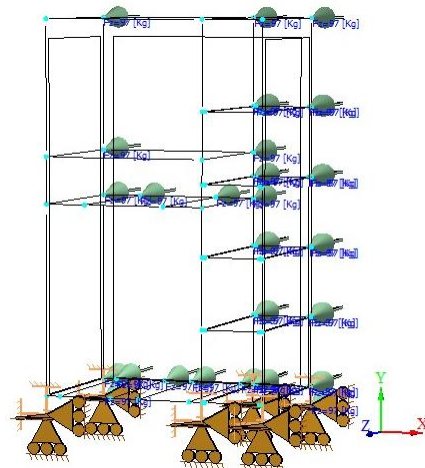
Combinación 11.



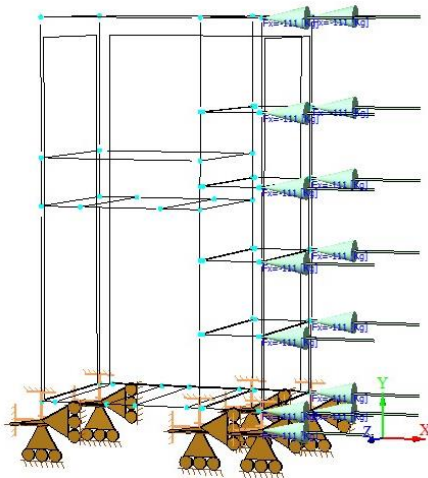
Combinación 12.



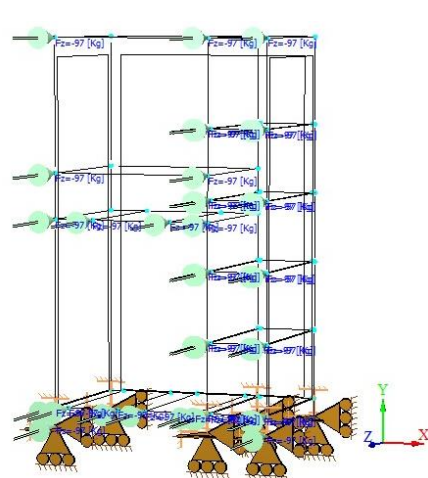
Combinación 13.



Combinación 14.



Combinación 15.



Combinación 16.

Figura 17: Combinaciones de carga representadas gráficamente, gabinete C2 tipo A, suelo D.

4.2 Verificaciones de diseño

Mediante el empleo del software RAM Advanse, analizamos la herramienta “ratio”, la cual relaciona la demanda/capacidad del perfil escogido. Del gabinete C2 tipo A, suelo D, se extrae que los perfiles más solicitados y bajo la ecuación de control sobre éste son los siguientes:

Tabla 8: Secciones más solicitados en elementos, gabinete C2 tipo A, suelo D.

| DESCRIPCIÓN | SECCIÓN | MIEMBRO | EC.CTRL. | RATIO |
|--------------|----------------------|---------|----------|-------|
| Ángulo | ELE 3 X 3 X 0,3 | 110 | C7 | 0,69 |
| | ELE 4 x 4 x 0,4 | 127 | C7 | 0,65 |
| Columna | Cuadrado 3 x 3 x 0,3 | 138 | C14 | 0,56 |
| Columna base | Cuadrado 3 x 3 x 0,3 | 6 | C6 | 0,59 |
| Viga | Cuadrado 4 x 4 x 0,3 | 80 | C6 | 0,21 |
| | Cuadrado 3 x 3 x 0,3 | 105 | C7 | 0,68 |

Columnas

En el caso de las columnas, ya sea la columna base o columna, el miembro más solicitado es el número 6, teniendo una sollicitación más alta, una relación demanda/capacidad de 0,59.

Tabla 9: Propiedades de la sección Cuadrado 3 x 3 x 0,3[cm3], gabinete C2 tipo A, suelo D.

| PROPIEDADES DE LA SECCIÓN | UNIDAD | EJE MAYOR | EJE MENOR |
|--|--------|-----------|-----------|
| Área completa de la sección (A) | [cm2] | 2,24 | |
| Momento de inercia (eje local) (I) | [cm4] | 2,93 | 2,93 |
| Momento de inercia (eje principal) (I') | [cm4] | 2,93 | 2,93 |
| Constante de diseño para la flexión (eje principal) (J') | [cm] | 0 | 0 |
| Radio de giro (eje local) (r) | [cm] | 1,14 | 1,14 |
| Radio de giro (eje principal) (r') | [cm] | 1,14 | 1,14 |
| Constante de torsión de Saint Venant (J) | [cm4] | 4,39 | |
| Coefficiente de alabeo de la sección (Cw) | [cm6] | 0 | |
| Distancia del centro de gravedad al centro de corte (eje principal) (xo, yo) | [cm] | 0 | 0 |
| Módulo de sección elástico superior de la sección (eje local) (S sup) | [cm3] | 1,95 | 1,95 |
| Módulo de sección elástico inferior de la sección (eje local) (S inf) | [cm3] | 1,95 | 1,95 |
| Módulo de sección elástico superior de la sección (eje principal) (S' sup) | [cm3] | 1,95 | 1,95 |
| Módulo de sección elástico inferior de la sección (eje principal) (S' inf) | [cm3] | 1,95 | 1,95 |
| Módulo de sección plástico (eje local) (Z) | [cm3] | 2,35 | 2,35 |
| Módulo de sección plástico (eje principal) (Z') | [cm3] | 2,35 | 2,35 |
| Radio de giro polar (ro) | [cm] | 1,62 | |
| Área para corte (Aw) | [cm2] | 1,12 | 1,12 |
| Módulo de torsión (1/C) | -- | 0,32 | |
| Longitud superior no arriostrada entre soportes laterales (LbTop) | [m] | 0,38 | |
| Longitud inferior no arriostrada entre soportes laterales (LbBot) | [m] | 0,38 | |
| Factor de longitud efectiva (K) | -- | 1 | 1 |
| Factor de longitud efectiva para torsión | -- | 1 | |
| Longitud para tensión axial (L) | [m] | 0,38 | |
| Longitud no arriostrada de compresión (Lx, Ly) | [m] | 0,38 | 0,38 |
| Longitud para pandeo torsional y lateral torsional | [m] | 0,38 | |

Para la verificación de diseño, empleamos lo señalado en el capítulo 2, en el punto 2.4.2.

Clasificación de las secciones según Pandeo local

De acuerdo a la figura N° 1 del anexo 1, tabla B4.1 AISC, la razón ancho-espesor se calcula como

$$\frac{b}{t} = \frac{(3 - (0,2 \cdot 3))}{0,2} = 12$$

Razón límite ancho-espesor λ_p

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,12 \sqrt{\frac{2,04 \cdot 10^{10}}{2,53 \cdot 10^7}} = 31,8$$

$$\lambda_r = 1,4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,4 \sqrt{\frac{2,04 \cdot 10^{10}}{2,53 \cdot 10^7}} = 39,74$$

En el caso de los perfiles tubulares de sección cuadrada, sólo tiene almas, por lo cual sus valores son iguales.

De este modo $\lambda \leq \lambda_p$, por lo tanto las almas son compactas y la sección es atiesada, como se visualiza gráficamente en la figura N° 2 del anexo 1.

Análisis y diseño para estabilidad de miembros

DISEÑO DE MIEMBROS EN TRACCIÓN

-Límites de esbeltez.

No existen límites de esbeltez para miembros en tracción.

$$\frac{L}{r} = \frac{0,38}{\frac{1,15}{100}} = 33,04 < 300$$

-Resistencia en tracción

$$P_n = 2,53 \cdot 10^7 \cdot \left(\frac{2,24}{100^2}\right) \quad \text{Ecuación 4}$$

$$P_n = 5,66 \cdot 10^3 \text{ Kg}$$

$$\frac{P_n}{\Omega} = \frac{5,66 \cdot 10^3 \text{ Kg}}{1,67} = 3393,4 \text{ Kg} \quad \text{Resistencia de diseño a tracción (admisible).}$$

DISEÑO DE MIEMBROS EN COMPRESIÓN

-Límites de esbeltez y longitud efectiva.

$$\frac{1 \cdot 0,38}{1,15/100} = 33,04 \leq 200 \quad \text{Ecuación 5}$$

-Pandeo por flexión de miembros sin elementos esbeltos.

$$\frac{1 \cdot 0,38}{\frac{1,15}{100}} \leq 4,71 \sqrt{\frac{2,04 \cdot 10^{10}}{2,53 \cdot 10^7}} \quad \text{ó} \quad F_e \geq 0,44 \cdot 2,53 \cdot 10^7 \quad \text{Ecuación 7}$$
$$33,04 \leq 133,8$$

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{2,53 \cdot 10^7}{1,84 \cdot 10^8} \right] 2,53 \cdot 10^7 = 2,39 \cdot 10^7 \text{ Kg/m}^2 \quad \text{Ecuación 8}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot 2,04 \cdot 10^{10}}{\left(\frac{1,15}{100}\right)^2} = 1,84 \cdot 10^8 \text{ Kg} \quad \text{Ecuación 9}$$

$$P_n = 2,39 \cdot 10^7 \cdot \frac{2,24}{100^2} \quad \text{Ecuación 6}$$
$$P_n = 5,35 \cdot 10^3 \text{ Kg}$$

$$\frac{P_n}{\Omega} = \frac{5,35 \cdot 10^3}{1,67} = 3205,7 \text{ Kg} \quad \text{Resistencia de diseño a compresión (admisible).}$$

-Resistencia a compresión, pandeo torsional y flexo-torsional de miembros sin elementos esbeltos.

$$F_e = [8,09 \cdot 10^9 \cdot 4,39] \frac{1}{2,96+2,96} = 6,01 \cdot 10^9 \text{ Kg} \quad \text{Ecuación 11}$$

$$P_n = 2,53 \cdot 10^7 \cdot \frac{2,24}{100^2} \quad \text{Ecuación 10}$$

$$P_n = 5667,2 \text{ Kg}$$

$$\frac{P_n}{\Omega} = \frac{5667,2}{1,67} = 3393,5 \text{ Kg} \quad \text{Resistencia de diseño a compresión (admisible).}$$

DISEÑO DE MIEMBROS EN FLEXIÓN

-Fluencia

$$M_p = 2,53 \cdot 10^7 \cdot \frac{2,36}{100^3} \quad \text{Ecuación 12}$$

$$M_n = M_p = 59,71 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$M_n/\Omega = \frac{59,71}{1,67} \text{ Kg} \cdot \text{m} \quad \text{Resistencia de diseño a flexión (admisible).}$$

-Pandeo Local de ala

Para secciones compactas, no aplica el límite de pandeo local del ala.

-Pandeo local de alma.

Para secciones compactas, no aplica el límite de pandeo local del alma.

DISEÑO DE MIEMBROS EN CORTE

Miembros con almas no atiesadas o atiesadas.

-Resistencia nominal:

el valor de $C_v = 1$

$$k_v = 5$$

Cuando:

$$\frac{h}{t_w} = \frac{3-(0,2 \cdot 3)}{0,2} = 12 \leq 1,1 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2,039 \cdot 10^{10}}{2,53 \cdot 10^7}} = 69,83 \quad \text{Ecuación 14}$$

$$12 \leq 69,83$$

$$V_n = 0,6 \cdot 2,53 \cdot 10^7 \cdot \left(\frac{1,12}{100^2}\right) \cdot 1 \quad \text{Ecuación 13}$$

$$V_n = 1700 \text{ Kg}$$

$$\frac{V_n}{\Omega} = \frac{1700}{1,67} = 1018,1 \text{ Kg} \quad \text{Resistencia de diseño a corte (admisible).}$$

DISEÑO DE MIEMBROS PARA SOLICITACIONES COMBINADAS Y TORSIÓN.

Miembros bajo torsión y combinación de torsión, flexión, corte y/o carga axial.

-Resistencia torsional de secciones tubulares rectangulares

Para tubos rectangulares:

Cuando:

$$\frac{h}{t} = \frac{3-(0,2 \cdot 3)}{0,2} = 12 \leq 2,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,45 \sqrt{\frac{2,039 \cdot 10^{10}}{2,53 \cdot 10^7}} = 69,56 \quad \text{Ecuación 17}$$

$$12 \leq 69,56$$

El valor de la tensión crítica es:

$$F_{cr} = 0,6 \cdot 2,53 \cdot 10^7 \quad \text{Ecuación 18}$$

$$F_{cr} = 15180000 \text{ Kg/m}^2$$

$$C = 2(3 - 0,2)(3 - 0,2)0,2 - 4,5(4 - \pi)0,2^3 \quad \text{Ecuación 19}$$

$$C = 3,12 \text{ cm}^3$$

$$T_n = 15180000 \cdot \left(\frac{3,12}{100^3}\right) \quad \text{Ecuación 20}$$

$$T_n = 47,36 \text{ Kg/m}$$

$$\frac{T_n}{\Omega} = \frac{47,36}{1,67} = 28,36 \text{ Kg/m} \quad \text{Resistencia torsional admisible.}$$

-Miembros bajo torsión y combinación de torsión, flexión, corte y/o carga axial.

$$\frac{686,6}{3205,6} + \frac{8}{9} \left(\frac{16,94}{35,75} + \frac{1,38}{35,75} \right) = 0,6 \leq 1$$

Ecuación 21

Vigas

En el caso de las vigas, el miembro más solicitado es el número 105, teniendo una sollicitación más alta, una relación demanda/capacidad de 0,68.

Debido a que corresponde al mismo perfil más solicitado en las columnas, sólo es necesario el cálculo reemplazando las sollicitudes, ya que los criterios de diseño son exactamente los mismos.

Es necesario señalar que hay algunos parámetros que son diferentes, los cuales se muestran a continuación:

Tabla 10: Propiedades de la sección Cuadrado 3x3x0,3, gabinete C2 tipo A, suelo D.

| Propiedades de la sección | Unidad | Eje mayor | Eje menor |
|---|--------|-----------|-----------|
| Longitud superior no arriostrada entre soportes laterales | [m] | 0,3 | |
| Longitud inferior no arriostrada entre soportes laterales | [m] | 0,3 | |
| Factor de longitud efectiva (K) | -- | 1 | 1 |
| Factor de longitud efectiva para torsión | -- | 1 | |
| Longitud para tensión axial (L) | [m] | 0,3 | |
| Longitud no arriostrada de compresión (Lx, Ly) | [m] | 0,3 | 0,3 |
| Longitud para pandeo torsional y lateral torsional | [m] | 0,3 | |

Clasificación de las secciones según Pandeo local

De acuerdo a la figura N° 3 del anexo 1, tabla B4.1 AISC, la razón ancho-espesor se calcula como:

$$\frac{b}{t} = \frac{(3 - (0,2 \cdot 3))}{0,2} = 12$$

Razón límite ancho-espesor λ_p

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,12 \sqrt{\frac{2,04 \cdot 10^{10}}{2,53 \cdot 10^7}} = 31,8$$

$$\lambda_r = 1,4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,4 \sqrt{\frac{2,04 \cdot 10^{10}}{2,53 \cdot 10^7}} = 39,74$$

En el caso de los perfiles tubulares de sección cuadrada, sólo tiene almas, por lo cual sus valores son iguales.

De este modo $\lambda \leq \lambda_p$, por lo tanto las almas son compactas y la sección es atiesada, como se visualiza gráficamente en la figura N° 4 del anexo 1.

Análisis y diseño para estabilidad

DISEÑO DE MIEMBROS EN TRACCIÓN

-Límites de esbeltez.

No existen límites de esbeltez para miembros en tracción.

$$\frac{L}{r} = \frac{0,3}{\frac{1,14}{100}} = 26,32 < 300$$

-Resistencia en tracción

$$P_n = 2,53 \cdot 10^7 \cdot \left(\frac{2,24}{100^2} \right) \quad \text{Ecuación 4}$$

$$P_n = 5,66 \cdot 10^3 \text{ Kg}$$

$$\frac{P_n}{\Omega} = \frac{5,66 \cdot 10^3 \text{ Kg}}{1,67} = 3393,4 \text{ Kg} \quad \text{Resistencia de diseño a tracción (admisible).}$$

DISEÑO DE MIEMBROS EN COMPRESIÓN

-Límites de esbeltez y longitud efectiva.

$$\frac{1,0,3}{1,14/100} = 26,32 \leq 200 \quad \text{Ecuación 5}$$

-Pandeo por flexión de miembros sin elementos esbeltos.

$$\frac{1,0,3}{\frac{1,14}{100}} \leq 4,71 \sqrt{\frac{2,04 \cdot 10^{10}}{2,53 \cdot 10^7}} \quad \text{ó} \quad F_e \geq 0,44 \cdot 2,53 \cdot 10^7 \quad \text{Ecuación 7}$$

$$26,32 \leq 133,8$$

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{2,53 \cdot 10^7}{1,84 \cdot 10^8} \right] 2,53 \cdot 10^7 = 2,39 \cdot 10^7 \text{ Kg/m}^2 \quad \text{Ecuación 8}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot 2,04 \cdot 10^{10}}{\left(\frac{1,15}{100}\right)^2} = 2,9 \cdot 10^8 \text{ Kg} \quad \text{Ecuación 9}$$

$$P_n = 2,39 \cdot 10^7 \cdot \frac{2,24}{100^2} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$P_n = 5,35 \cdot 10^3 \text{ Kg}$$

$$\frac{P_n}{\Omega} = \frac{5,35 \cdot 10^3}{1,67} = 3205,7 \text{ Kg} \quad \text{Resistencia de diseño a compresión.}$$

-Resistencia a compresión, pandeo torsional y flexo-torsional de miembros sin elementos esbeltos.

$$F_e = [8,09 \cdot 10^9 \cdot 4,39] \frac{1}{2,96+2,96} = 6,01 \cdot 10^9 \text{ Kg} \quad \text{Ecuación 11}$$

$$P_n = 2,53 \cdot 10^7 \cdot \frac{2,24}{100^2} \quad \text{Ecuación 10}$$

$$P_n = 5667,2 \text{ Kg}$$

$$\frac{P_n}{\Omega} = \frac{5667,2}{1,67} = 3393,5 \text{ Kg} \quad \text{Resistencia de diseño a compresión (admisible)}$$

basada en el límite de pandeo por flexo-torsión y torsión

DISEÑO DE MIEMBROS EN FLEXIÓN

-Fluencia

$$M_p = 2,53 \cdot 10^7 \cdot \frac{2,35}{100^3} \quad \text{Ecuación 12}$$

$$M_n = M_p = 59,45 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_n}{\Omega} = \frac{59,45}{1,67} \text{ Kg} \cdot \text{m} = 35,6 \text{ Kg} \cdot \text{m} \quad \text{Resistencia de diseño a flexión (admisible).}$$

-Pandeo Local de ala

Para secciones compactas, no aplica el límite de pandeo local del ala.

-Pandeo local de alma.

Para secciones compactas, no aplica el límite de pandeo local del alma.

DISEÑO DE MIEMBROS EN CORTE

Miembros con almas no atiesadas o atiesadas.

-Resistencia nominal:

el valor de $C_v = 1$

$$k_v = 5$$

Cuando:

$$\frac{h}{t_w} = \frac{4-(0,3 \cdot 3)}{0,3} = 10,33 \leq 1,1 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2,039 \cdot 10^{10}}{2,53 \cdot 10^7}} = 69,83 \quad \text{Ecuación 14}$$

$$10,33 \leq 69,83$$

$$V_n = 0,6 \cdot 2,53 \cdot 10^7 \cdot \left(\frac{1,12}{100^2}\right) \cdot 1 \quad \text{Ecuación 13}$$

$$V_n = 1700 \text{ Kg}$$

$$\frac{V_n}{\Omega} = \frac{1700}{1,67} = 1018,1 \text{ Kg} \quad \text{Resistencia de diseño a corte (admisible).}$$

DISEÑO DE MIEMBROS PARA SOLICITACIONES COMBINADAS Y TORSIÓN

Miembros bajo torsión y combinación de torsión, flexión, corte y/o carga axial.

-Resistencia torsional de secciones tubulares rectangulares

Para tubos rectangulares:

Cuando:

$$\frac{h}{t} = \frac{3-(0,2 \cdot 3)}{0,2} = 12 \leq 2,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,45 \sqrt{\frac{2,039 \cdot 10^{10}}{2,53 \cdot 10^7}} = 69,56 \quad \text{Ecuación 17}$$

$$12 \leq 69,56$$

El valor de la tensión crítica es:

$$F_{cr} = 0,6 \cdot 2,53 \cdot 10^7 \quad \text{Ecuación 18}$$

$$F_{cr} = 15180000 \text{ Kg/m}^2$$

$$C = 2(3 - 0,2)(3 - 0,2)0,2 - 4,5(4 - \pi)0,2^3 \quad \text{Ecuación 19}$$

$$C = 3,12 \text{ cm}^3$$

$$T_n = 15180000 \cdot \left(\frac{3,12}{100^3}\right) \quad \text{Ecuación 20}$$

$$T_n = 47,36 \text{ Kg/m}$$

$$\frac{T_n}{\Omega} = \frac{47,36}{1,67} = 28,36 \text{ Kg/m} \quad \text{Resistencia torsional admisible.}$$

-Miembros bajo torsión y combinación de torsión, flexión, corte y/o carga axial.

$$\frac{686,6}{3205,6} + \frac{8}{9} \left(\frac{16,94}{35,75} + \frac{1,38}{35,75} \right) = 0,6 \leq 1 \quad \text{Ecuación 21}$$

En el caso de las vigas, se emplea otra sección 4x4x0,3 [cm³] el miembro más solicitado es el número 80, teniendo una solicitud más alta, una relación demanda/capacidad de 0,21.

Tabla 11: Propiedades de la sección Cuadrado 4x4 x0,3[cm3], gabinete C2 tipo A, suelo D.

| Propiedades de la sección | Unidad | Eje mayor | Eje menor |
|--|--------|-----------|-----------|
| Área completa de la sección (A) | [cm2] | 4,44 | |
| Momento de inercia (eje local) (I) | [cm4] | 10,15 | 10,15 |
| Momento de inercia (eje principal) (I') | [cm4] | 10,15 | 10,15 |
| Constante de diseño para la flexión (eje principal) (J') | [cm] | 0 | 0 |
| Radio de giro (eje local) (r) | [cm] | 1,51 | 1,51 |
| Radio de giro (eje principal) (r') | [cm] | 1,51 | 1,51 |
| Constante de torsión de Saint Venant (J) | [cm4] | 15,2 | |
| Coefficiente de alabeo de la sección (Cw) | [cm6] | 0 | |
| Distancia del centro de gravedad al centro de corte (eje principal) (x _o , y _o) | [cm] | 0 | 0 |
| Módulo de sección elástico superior de la sección (eje local) (S sup) | [cm3] | 5,07 | 5,07 |
| Módulo de sección elástico inferior de la sección (eje local) (S inf) | [cm3] | 5,07 | 5,07 |
| Módulo de sección elástico superior de la sección (eje principal) (S' sup) | [cm3] | 5,07 | 5,07 |
| Módulo de sección elástico inferior de la sección (eje principal) (S' inf) | [cm3] | 5,07 | 5,07 |
| Módulo de sección plástico (eje local) (Z) | [cm3] | 6,16 | 6,16 |
| Módulo de sección plástico (eje principal) (Z') | [cm3] | 6,16 | 6,16 |
| Radio de giro polar (r _o) | [cm] | 2,14 | |
| Área para corte (A _w) | [cm2] | 2,22 | 2,22 |
| Módulo de torsión (1/C) | -- | 0,12 | |
| Longitud superior no arriostrada entre soportes laterales (L _{bTop}) | [m] | 0,01 | |
| Longitud inferior no arriostrada entre soportes laterales (L _{bBot}) | [m] | 0,01 | |
| Factor de longitud efectiva (K) | -- | 1 | 1 |
| Factor de longitud efectiva para torsión | -- | 1 | |
| Longitud para tensión axial (L) | [m] | 0,01 | |
| Longitud no arriostrada de compresión (L _x , L _y) | [m] | 0,01 | 0,01 |
| Longitud para pandeo torsional y lateral torsional | [m] | 0,01 | |

Clasificación de las secciones según Pandeo local

De acuerdo a la figura N° 5 del anexo 1, tabla B4.1 AISC, la razón ancho-espesor se calcula como

$$\frac{b}{t} = \frac{(4 - (0,3 \cdot 3))}{0,3} = 10,3$$

Razón límite ancho-espesor λ_p

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,12 \sqrt{\frac{2,04 \cdot 10^{10}}{2,53 \cdot 10^7}} = 31,8$$

$$\lambda_r = 1,4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,4 \sqrt{\frac{2,04 \cdot 10^{10}}{2,53 \cdot 10^7}} = 39,74$$

En el caso de los perfiles tubulares de sección cuadrada, sólo tiene almas, por lo cual sus valores son iguales.

De este modo $\lambda \leq \lambda_p$, por lo tanto las almas son compactas y la sección es atiesada, como se visualiza gráficamente en la figura N° 6 del anexo 1.

Análisis y diseño para estabilidad

DISEÑO DE MIEMBROS EN TRACCIÓN

-Límites de esbeltez.

No existen límites de esbeltez para miembros en tracción.

$$\frac{L}{r} = \frac{0,01}{\frac{1,51}{100}} = 0,66 < 300$$

-Resistencia en tracción

$$P_n = 2,53 \cdot 10^7 \cdot \left(\frac{4,44}{100^2}\right) \quad \text{Ecuación 4}$$

$$P_n = 11,23 \cdot 10^3 \text{ Kg}$$

$$\frac{P_n}{\Omega} = \frac{11,23 \cdot 10^3 \text{ Kg}}{1,67} = 6724,5 \text{ Kg} \quad \text{Resistencia de diseño a tracción (admisible).}$$

DISEÑO DE MIEMBROS EN COMPRESIÓN

-Límites de esbeltez y longitud efectiva.

$$\frac{1 \cdot 0,01}{1,51/100} = 0,66 \leq 200 \quad \text{Ecuación 5}$$

-Pandeo por flexión de miembros sin elementos esbeltos.

$$\frac{1 \cdot 0,01}{1,51/100} \leq 4,71 \sqrt{\frac{2,04 \cdot 10^{10}}{2,53 \cdot 10^7}} \quad \text{ó} \quad F_e \geq 0,44 \cdot 2,53 \cdot 10^7 \quad \text{Ecuación 7}$$

$$0,66 \leq 133,8$$

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{2,53 \cdot 10^7}{1,84 \cdot 10^8} \right] 2,53 \cdot 10^7 = 2,39 \cdot 10^7 \text{ Kg/m}^2 \quad \text{Ecuación 8}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot 2,04 \cdot 10^{10}}{\left(\frac{1,51}{100}\right)^2} = 8,8 \cdot 10^{14} \text{ Kg} \quad \text{Ecuación 9}$$

$$P_n = 2,39 \cdot 10^7 \cdot \frac{4,44}{100^2} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$P_n = 10,61 \cdot 10^3 \text{ Kg}$$

$$\frac{P_n}{\Omega} = \frac{10,61 \cdot 10^3 \text{ Kg}}{1,67} = 6354,3 \text{ Kg} \quad \text{Resistencia de diseño a compresión.}$$

-Resistencia a compresión, pandeo torsional y flexo-torsional de miembros sin elementos esbeltos.

$$F_e = [8,09 \cdot 10^9 \cdot 4,39] \frac{1}{10,15+10,15} = 174,95 \cdot 10^7 \text{ Kg} \quad \text{Ecuación 11}$$

$$P_n = 2,53 \cdot 10^7 \cdot \frac{4,44}{100^2} \quad \text{Ecuación 10}$$

$$P_n = 11233,2 \text{ Kg}$$

$$\frac{P_n}{\Omega} = \frac{11233,2}{1,67} = 6726,5 \text{ Kg} \quad \text{Resistencia de diseño a compresión basada en el límite de pandeo por flexo-torsión y torsión.}$$

DISEÑO DE MIEMBROS EN FLEXIÓN

-Fluencia

$$M_p = 2,53 \cdot 10^7 \cdot \frac{6,16}{100^3} \quad \text{Ecuación 12}$$

$$M_n = M_p = 155,85 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_n}{\Omega} = \frac{155,85}{1,67} \text{ Kg} \cdot \text{m} = 93,32 \text{ Kg} \cdot \text{m} \quad \text{Resistencia de diseño a flexión (admisible).}$$

-Pandeo Local de ala

Para secciones compactas, no aplica el límite de pandeo local del ala.
 -Pandeo local de alma.

Para secciones compactas, no aplica el límite de pandeo local del alma.

DISEÑO DE MIEMBROS EN CORTE

Miembros con almas no atiesadas o atiesadas.

-Resistencia nominal:

el valor de $C_v = 1$

$k_v = 5$

Cuando:

$$\frac{h}{t_w} = \frac{3-(0,2 \cdot 3)}{0,2} = 12 \leq 1,1 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2,039 \cdot 10^{10}}{2,53 \cdot 10^7}} = 69,83 \quad \text{Ecuación 14}$$

$$12 \leq 69,83$$

$$V_n = 0,6 \cdot 2,53 \cdot 10^7 \cdot \left(\frac{2,22}{100^2}\right) \cdot 1 \quad \text{Ecuación 13}$$

$$V_n = 3369,96 \text{ Kg}$$

$$\frac{V_n}{\Omega} = \frac{3369,96}{1,67} = 2017,9 \text{ Kg} \quad \text{Resistencia de diseño a corte (admisible).}$$

DISEÑO DE MIEMBROS PARA SOLICITACIONES COMBINADAS Y TORSIÓN

Miembros bajo torsión y combinación de torsión, flexión, corte y/o carga axial.

-Resistencia torsional de secciones tubulares rectangulares

Para tubos rectangulares:

Cuando:

$$\frac{h}{t} = \frac{4-(0,3 \cdot 3)}{0,3} = 10,33 \leq 2,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,45 \sqrt{\frac{2,039 \cdot 10^{10}}{2,53 \cdot 10^7}} = 69,56 \quad \text{Ecuación 17}$$

$$12 \leq 69,58$$

El valor de la tensión crítica es:

$$F_{cr} = 0,6 \cdot 2,53 \cdot 10^7 \quad \text{Ecuación 18}$$

$$F_{cr} = 1,518 \cdot 10^7 \text{ Kg/m}^2$$

$$C = 2(4 - 0,3)(4 - 0,3)0,3 - 4,5(4 - \pi)0,3^3 \quad \text{Ecuación 19}$$

$$C = 4,24 \text{ cm}^3$$

$$T_n = 1,518 \cdot 10^7 \cdot \left(\frac{4,24}{100^3}\right) \quad \text{Ecuación 20}$$

$$T_n = 64,36 \text{ Kg/m}$$

$$\frac{T_n}{\Omega} = \frac{64,36 \text{ Kg/m}}{1,67} = 38,54 \text{ Kg/m} \quad \text{Resistencia torsional admisible.}$$

-Miembros bajo torsión y combinación de torsión, flexión, corte y/o carga axial.

$$\frac{95,58}{6727} + \frac{8}{9} \left(\frac{0,76}{93,32} + \frac{18,2}{93,32} \right) = 0,19 \leq 1 \quad \text{Ecuación 21}$$

Ángulos

En el caso de los ángulos, los miembros más solicitados son el número 110 y 127, teniendo una relación de demanda/capacidad de 0,69 y 0,65 respectivamente. Cabe señalar que no poseen la misma sección, por lo cual se deben analizar por separado.

Tabla 12: Propiedades de la sección ELE 3 x 3 x 0,3 [cm3], gabinete C2 tipo A, suelo D.

| Propiedades de la sección | Unidad | Eje mayor | Eje menor |
|--|--------|-----------|-----------|
| Área completa de la sección (A) | [cm2] | 1,71 | |
| Momento de inercia (eje local) (I) | [cm4] | 1,45 | 1,45 |
| Momento de inercia (eje principal) (I') | [cm4] | 2,32 | 0,59 |
| Constante de diseño para la flexión (eje principal) (J) | [cm] | 0 | 2 |
| Radio de giro (eje local) (r) | [cm] | 0,92 | 0,92 |
| Radio de giro (eje principal) (r') | [cm] | 1,17 | 0,58 |
| Constante de torsión de Saint Venant (J) | [cm4] | 0,05 | |
| Coefficiente de alabeo de la sección (Cw) | [cm6] | 0,03 | |
| Distancia del centro de gravedad al centro de corte (eje principal) (xo, yo) | [cm] | 0,64 | 0,64 |
| Módulo de sección elástico superior de la sección (eje local) (S sup) | [cm3] | 0,68 | 0,68 |
| Módulo de sección elástico inferior de la sección (eje local) (S inf) | [cm3] | 1,68 | 1,68 |
| Módulo de sección elástico superior de la sección (eje principal) (S' sup) | [cm3] | 1,09 | 0,53 |
| Módulo de sección elástico inferior de la sección (eje principal) (S' inf) | [cm3] | 1,09 | 0,53 |
| Módulo de sección plástico (eje local) (Z) | [cm3] | 1,37 | 1,37 |
| Módulo de sección plástico (eje principal) (Z') | [cm3] | 1,72 | 0,86 |
| Radio de giro polar (ro) | [cm] | 1,65 | |
| Área para corte (Aw) | [cm2] | 1,21 | 1,21 |
| Módulo de torsión (1/C) | -- | 5,85 | |
| Longitud superior no arriostrada entre soportes laterales (LbTop) | [m] | 0,85 | |
| Longitud inferior no arriostrada entre soportes laterales (LbBot) | [m] | 0,85 | |
| Factor de longitud efectiva (K) | -- | 1 | 1 |
| Factor de longitud efectiva para torsión | -- | 1 | |
| Longitud para tensión axial (L) | [m] | 0,85 | |
| Longitud no arriostrada de compresión (Lx, Ly) | [m] | 0,85 | 0,85 |
| Longitud para pandeo torsional y lateral torsional | [m] | 0,85 | |

Clasificación de las secciones según Pandeo local

De acuerdo a la figura N° 7 del anexo 1, tabla B4.1 AISC, la razón ancho-espesor se calcula como

$$\frac{b}{t} = \frac{3}{0,3} = 10$$

Razón límite ancho-espesor λ_p

$\lambda_p = \text{No aplica}$

$$\lambda_r = 0,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,45 \sqrt{\frac{2,04 \cdot 10^{10}}{2,53 \cdot 10^7}} = 12,8$$

En el caso de los perfiles ángulo con igual tamaño de alma, sólo tiene alas, por lo cual sus valores son iguales.

De este modo $\lambda \leq \lambda_p$, por lo tanto la sección es no compacta.

Análisis y diseño para estabilidad de miembros

DISEÑO DE MIEMBROS EN TRACCIÓN

-Límites de esbeltez.

No existen límites de esbeltez para miembros en tracción.

-Resistencia en tracción

$$P_n = 2,53 \cdot 10^7 \cdot \left(\frac{1,71}{100^2}\right) \quad \text{Ecuación 4}$$

$$P_n = 4,326 \cdot 10^3 \text{ Kg}$$

$$\frac{P_n}{\Omega} = \frac{4,326 \cdot 10^3 \text{ Kg}}{1,67} = 2591 \text{ Kg} \quad \text{Resistencia de diseño a tracción (admisible).}$$

DISEÑO DE MIEMBROS EN COMPRESIÓN

- Límites de esbeltez y longitud efectiva.

Cuando:

$$0 \leq \frac{0,85}{\frac{1,17}{100}} \leq 80 \quad \text{Ecuación 41}$$

$$\frac{KL}{r} = 72 + 0,75 \cdot \frac{0,85}{\frac{1,17}{100}} \quad \text{Ecuación 42}$$

$$126,03 \leq 200 \quad \text{Ecuación 43}$$

-Pandeo por flexión de miembros sin elementos esbeltos.

$$126,03 \leq 4,71 \sqrt{\frac{2,04 \cdot 10^{10}}{2,53 \cdot 10^7}} = 133,7 \quad \text{Ecuación 44}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 2,04 \cdot 10^{10}}{(126,03)^2} = 1,26 \cdot 10^7 \quad \text{Ecuación 45}$$

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{2,53 \cdot 10^7}{1,26 \cdot 10^7} \right] 2,53 \cdot 10^7 = 1,09 \cdot 10^7 \quad \text{Ecuación 46}$$

$$P_n = 1,09 \cdot 10^7 \cdot \left(\frac{1,71}{100^2}\right) \quad \text{Ecuación 47}$$

$$P_n = 1866,9 \text{ Kg}$$

$$\frac{P_n}{\Omega_c} = \frac{1866,9}{1,67} \text{ Kg} = 1117 \text{ Kg} \quad \text{Resistencia de diseño a compresión (admisible).}$$

DISEÑO DE MIEMBROS EN FLEXIÓN

-Fluencia

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 6,82}{2,5 \cdot 6,82 + 3 \cdot 2,25 + 4 \cdot 1,28 + 4 \cdot 2,87} = 2,27 \leq 3 \quad \text{Ecuación 48}$$

$$M_y = \left(\frac{1,68}{100^3}\right) \cdot 2,53 \cdot 10^7 = 42,5 \text{ Kg} \quad \text{Ecuación 49}$$

$$M_n = 1,5 \cdot 42,5 = 63,8 \text{ Kg m} \quad \text{Ecuación 50}$$

$$M_n = \frac{63,8 \text{ Kg}}{1,67} = 38,2 \text{ Kg m} \quad \text{Resistencia de diseño a flexión (admisible).}$$

-Pandeo Lateral Torsional

(c) Con máxima compresión en el borde extremo

$$M_e = \frac{0,66 \cdot 2,04 \cdot 10^{10} \cdot \left(\frac{3}{100}\right)^4 \cdot \left(\frac{0,3}{100}\right) \cdot 2,27}{0,85^2} \left(\sqrt{1 + 0,78 \left(\frac{0,85 \cdot \frac{0,3}{100}}{3^2}\right)^2} - 1 \right) \quad \text{Ecuación 51}$$

$$M_e = 174 \text{ Kg m}$$

$$M_n = \left(1,92 - 1,17 \sqrt{\frac{42,5 \text{ Kg m}}{174 \text{ Kg m}}}\right) 42,5 \text{ Kg m} \leq 1,5 \cdot 42,5 \text{ Kg m} \quad \text{Ecuación 52}$$

$$M_n = 15,74 \text{ Kg m} \leq 63,75 \text{ Kg m}$$

-Pandeo Local de ala

(b) Para secciones no compactas:

$$M_n = 2,53 \cdot 10^7 \cdot \frac{1,5}{100^3} \left(2,43 - 1,72 \left(\frac{3}{0,3}\right) \sqrt{\frac{2,53 \cdot 10^7}{2,04 \cdot 10^{10}}} \right) = 69,36 \text{ Kg m} \quad \text{Ecuación 53}$$

DISEÑO DE MIEMBROS EN CORTE

-Miembros con almas no atiesadas o atiesadas.

$$V_n = 0,6 \cdot 2,53 \cdot 10^7 \cdot \frac{1,71}{100^2} \cdot 1 = 4326 \text{ Kg} \quad \text{Ecuación 54}$$

$$\frac{V_n}{\Omega_v} = \frac{4326}{1,67} \text{ Kg} = 1099 \text{ Kg} \quad \text{Resistencia de diseño a corte (admisible).}$$

Tabla 13: Propiedades de la sección ELE 4 x 4 x 0,4 [cm3], gabinete C2 tipo A, suelo D.

| Propiedades de la sección | Unidad | Eje mayor | Eje menor |
|--|--------|-----------|-----------|
| Área completa de la sección (A) | [cm2] | 3,04 | |
| Momento de inercia (eje local) (I) | [cm4] | 4,59 | 4,59 |
| Momento de inercia (eje principal) (I') | [cm4] | 7,34 | 1,85 |
| Constante de diseño para la flexión (eje principal) (J') | [cm] | 0 | 2,67 |
| Radio de giro (eje local) (r) | [cm] | 1,23 | 1,23 |
| Radio de giro (eje principal) (r') | [cm] | 1,55 | 0,78 |
| Constante de torsión de Saint Venant (J) | [cm4] | 0,16 | |
| Coefficiente de alabeo de la sección (Cw) | [cm6] | 0,2 | |
| Distancia del centro de gravedad al centro de corte (eje principal) (xo, yo) | [cm] | 0,85 | 0,85 |
| Módulo de sección elástico superior de la sección (eje local) (S sup) | [cm3] | 1,61 | 1,61 |
| Módulo de sección elástico inferior de la sección (eje local) (S inf) | [cm3] | 3,99 | 3,99 |
| Módulo de sección elástico superior de la sección (eje principal) (S' sup) | [cm3] | 2,59 | 1,25 |
| Módulo de sección elástico inferior de la sección (eje principal) (S' inf) | [cm3] | 2,59 | 1,25 |
| Módulo de sección plástico (eje local) (Z) | [cm3] | 3,25 | 3,25 |
| Módulo de sección plástico (eje principal) (Z') | [cm3] | 4,08 | 2,04 |
| Radio de giro polar (ro) | [cm] | 2,19 | |
| Área para corte (Aw) | [cm2] | 2,15 | 2,15 |
| Módulo de torsión (1/C) | -- | 2,47 | |
| Longitud superior no arriostrada entre soportes laterales (LbTop) | [m] | 0,85 | |
| Longitud inferior no arriostrada entre soportes laterales (LbBot) | [m] | 0,85 | |
| Factor de longitud efectiva (K) | -- | 1 | 1 |
| Factor de longitud efectiva para torsión | -- | 1 | |
| Longitud para tensión axial (L) | [m] | 0,85 | |
| Longitud no arriostrada de compresión (Lx, Ly) | [m] | 0,85 | 0,85 |
| Longitud para pandeo torsional y lateral torsional | [m] | 0,85 | |

Clasificación de las secciones según Pandeo local

De acuerdo a la figura N° 8 del anexo 1, tabla B4.1 AISC, la razón ancho-espesor se calcula como

$$\frac{b}{t} = \frac{3}{0,3} = 10$$

Razón límite ancho-espesor λ_p

$\lambda_p = \text{No aplica}$

$$\lambda_r = 0,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,45 \sqrt{\frac{2,04 \cdot 10^{10}}{2,53 \cdot 10^7}} = 12,8$$

En el caso de los perfiles ángulo con igual tamaño de alma, sólo tiene alas, por lo cual sus valores son iguales.

De este modo $\lambda \leq \lambda_p$, por lo tanto la sección es no compacta.

Análisis y diseño para estabilidad de miembros

DISEÑO DE MIEMBROS EN TRACCIÓN

-Límites de esbeltez.

No existen límites de esbeltez para miembros en tracción.

-Resistencia en tracción

$$P_n = 2,53 \cdot 10^7 \cdot \left(\frac{3,04}{100^2}\right) \quad \text{Ecuación 4}$$

$$P_n = 7691 \text{ Kg}$$

$$\frac{P_n}{\Omega} = \frac{7691 \text{ Kg}}{1,67} = 4605,5 \text{ Kg} \quad \text{Resistencia de diseño a tracción (admisible).}$$

DISEÑO DE MIEMBROS EN COMPRESIÓN

- Límites de esbeltez y longitud efectiva.

Cuando:

$$0 \leq \frac{0,85}{\frac{1,55}{100}} \leq 80 \quad \text{Ecuación 55}$$

$$\frac{KL}{r} = 72 + 0,75 \cdot \frac{0,85}{\frac{1,55}{100}} \quad \text{Ecuación 56}$$

$$113 \leq 200 \quad \text{Ecuación 57}$$

-Pandeo por flexión de miembros sin elementos esbeltos.

$$126,03 \leq 4,71 \sqrt{\frac{2,04 \cdot 10^{10}}{2,53 \cdot 10^7}} = 133,7 \quad \text{Ecuación 58}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 2,04 \cdot 10^{10}}{(133,7)^2} = 1,57 \cdot 10^7 \quad \text{Ecuación 59}$$

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{2,53 \cdot 10^7}{1,26 \cdot 10^7} \right] 2,53 \cdot 10^7 = 1,09 \cdot 10^7 \quad \text{Ecuación 60}$$

$$P_n = 1,09 \cdot 10^7 \cdot \left(\frac{3,04}{100^2}\right) \quad \text{Ecuación 61}$$

$$P_n = 3313,6 \text{ Kg}$$

$$\frac{P_n}{\Omega_c} = \frac{3313,6}{1,67} \text{ Kg} = 1984,2 \text{ Kg} \quad \text{Resistencia de diseño a compresión (admisible).}$$

DISEÑO DE MIEMBROS EN FLEXIÓN

-Fluencia

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 13,69}{2,5 \cdot 13,69 + 3 \cdot 13,6 + 4 \cdot 0,265 + 4 \cdot 0,23} = 2,27 \leq 3 \quad \text{Ecuación 62}$$

$$M_y = \left(\frac{1,61}{100^3}\right) \cdot 2,53 \cdot 10^7 = 40,8 \text{ Kg} \quad \text{Ecuación 63}$$

$$M_n = 1,5 \cdot 40,8 = 61,1 \text{ Kg m} \quad \text{Ecuación 64}$$

$$M_n = \frac{61,1 \text{ Kg}}{1,67} = 36,6 \text{ Kg m} \quad \text{Resistencia de diseño a flexión (admisible).}$$

-Pandeo Lateral Torsional

(d) Con máxima compresión en el borde extremo

$$M_e = \frac{0,66 \cdot 2,04 \cdot 10^{10} \cdot \left(\frac{4}{100}\right)^4 \cdot \left(\frac{0,4}{100}\right) 2,27}{0,85^2} \left(\sqrt{1 + 0,78 \left(\frac{0,85 \cdot 0,4}{4^2}\right)^2} + 1 \right) \quad \text{Ecuación 34}$$

$$M_e = 978 \text{ Kg m}$$

$$M_n = \left(1,92 - 1,17 \sqrt{\frac{40,7 \text{ Kg m}}{978,5 \text{ Kg m}}}\right) 40,7 \text{ Kg m} \leq 1,5 \cdot 40,73 \text{ Kg m} \quad \text{Ecuación 65}$$

$$M_n = 39,15 \text{ Kg m} \leq 61,1 \text{ Kg m}$$

-Pandeo Local de ala

(c) Para secciones no compactas:

$$M_n = 2,53 \cdot 10^7 \cdot \frac{1,61}{100^3} \left(2,43 - 1,72 \left(\frac{4}{0,4}\right) \sqrt{\frac{2,53 \cdot 10^7}{2,04 \cdot 10^{10}}}\right) = 74,3 \text{ Kg m} \quad \text{Ecuación 66}$$

DISEÑO DE MIEMBROS EN CORTE

-Miembros con almas no atiesadas o atiesadas.

$$V_n = 0,6 \cdot 2,53 \cdot 10^7 \cdot \frac{2,15}{100^2} \cdot 1 = 3263,7 \text{ Kg} \quad \text{Ecuación 67}$$

$$\frac{V_n}{\Omega_v} = \frac{3263,7}{1,67} \text{ Kg} = 1954,3 \text{ Kg} \quad \text{Resistencia de diseño a corte (admisible).}$$

Tabla 14: Verificación de tensiones admisibles vs demandada.

| Columnas | Resistencia Admisible | Resistencia Demandada (absoluta) | Unidad | Verificación |
|----------------|-----------------------|----------------------------------|--------|--------------|
| Sección | Cuadrado 3 x 3 x 0,3 | | | |
| Tracción | 3393,4 | 682,8 | Kg | Se verifica |
| Compresión | 3205,7 | 686,6 | Kg | Se verifica |
| Flexión | 35,8 | 35,65 | Kg m | Se verifica |
| Corte | 1018 | 80,12 | Kg | Se verifica |
| Torsión | 28,36 | 1,82 | Kg | Se verifica |
| Vigas | | | | |
| Sección | Cuadrado 3 x 3 x 0,3 | | | |
| Tracción | 3393,4 | 47,95 | Kg | Se verifica |
| Compresión | 3205,7 | 99,65 | Kg | Se verifica |
| Flexión | 35,6 | 20,81 | Kg m | Se verifica |
| Corte | 1018 | 126,21 | Kg | Se verifica |
| Torsión | 28,36 | 0,79 | Kg | Se verifica |
| Vigas | | | | |
| Sección | Cuadrado 4 x 4 x 0,3 | | | |
| Tracción | 6724,5 | 19,79 | Kg | Se verifica |
| Compresión | 6354,3 | 95,85 | Kg | Se verifica |
| Flexión | 93,32 | 18 | Kg m | Se verifica |
| Corte | 2019,9 | 106,92 | Kg | Se verifica |
| Torsión | 38,54 | 5,88 | Kg | Se verifica |
| Ángulos | | | | |
| Sección | ELE 3 x 3 x 0,3 | | | |
| Tracción | 25,91 | 1,1 | Kg | Se verifica |
| Compresión | 1117 | 30,6 | Kg | Se verifica |
| Flexión | 38,2 | 6,96 | Kg m | Se verifica |
| Corte | 1099 | 23,91 | Kg | Se verifica |
| Ángulos | | | | |
| Sección | ELE 4 x 4 x 0,4 | | | |
| Tracción | 4605,5 | 0,08 | Kg | Se verifica |
| Compresión | 1984,2 | 48,41 | Kg | Se verifica |
| Flexión | 36,6 | 13,69 | Kg m | Se verifica |
| Corte | 1954,3 | 37,6 | Kg | Se verifica |

DIAGRAMAS DE ESFUERZO PARA DISEÑO DE ELEMENTOS

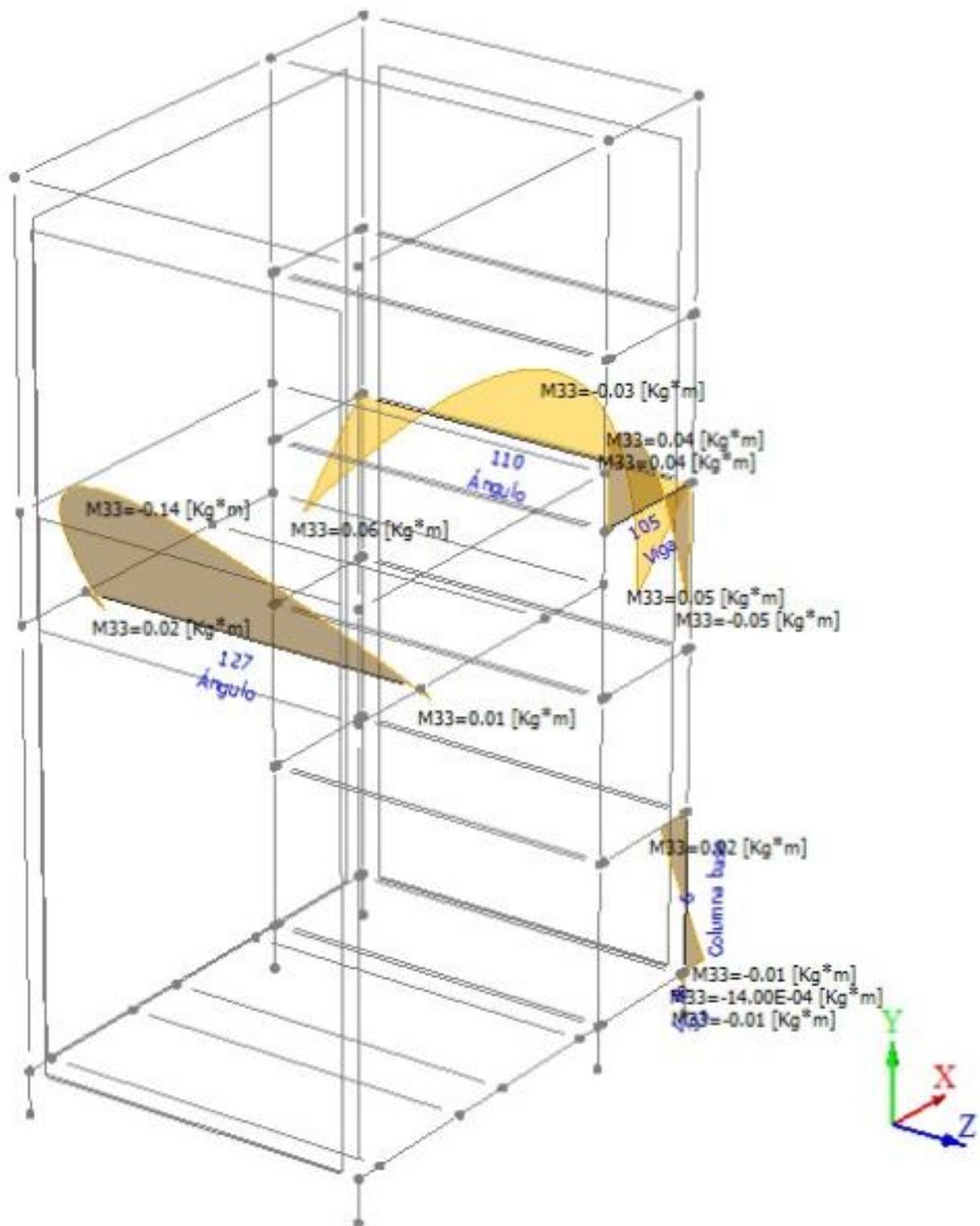


Figura 18: Momentos flectores de diseño 3'-3', columnas C2 Tipo A, suelo D.

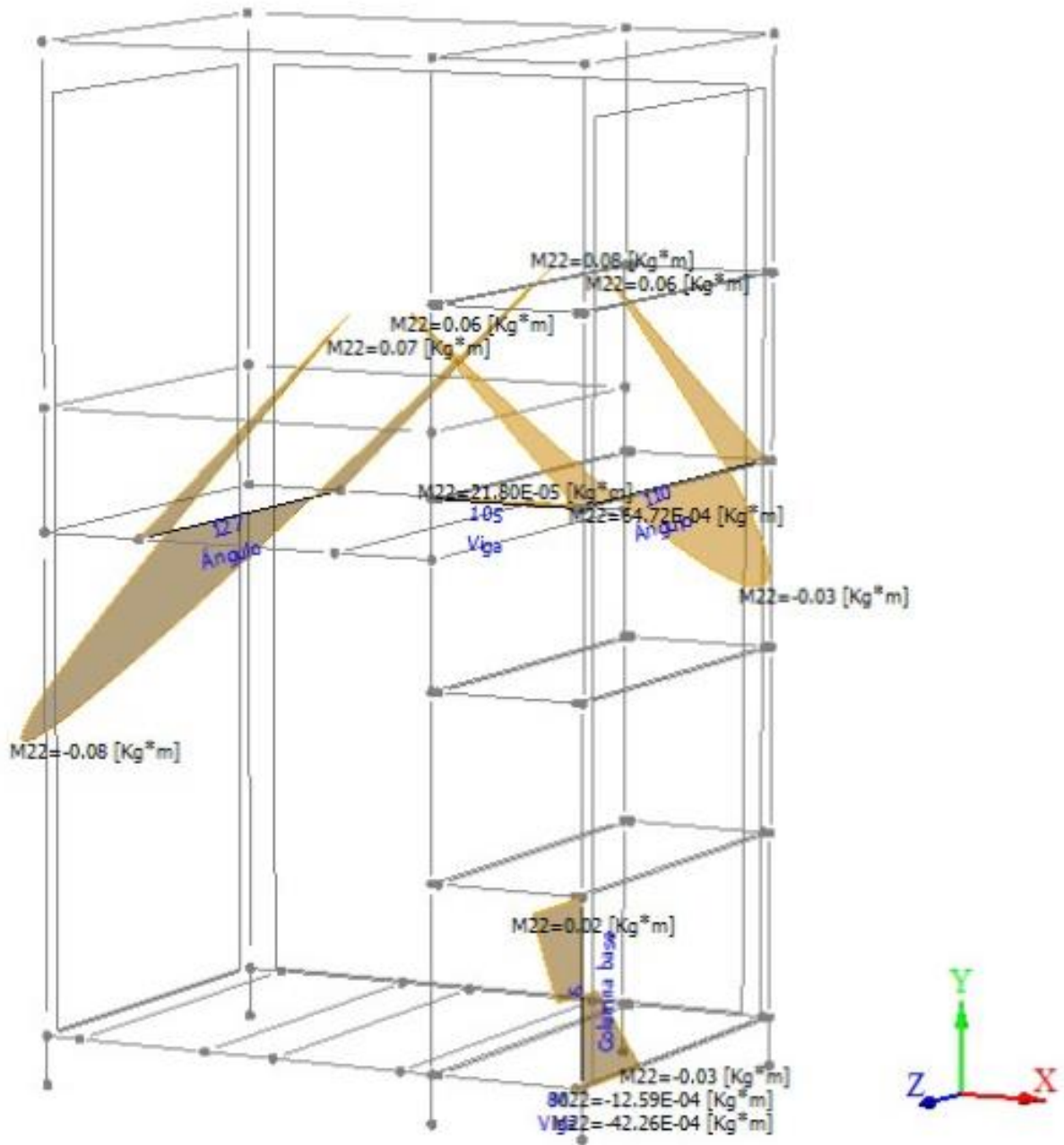


Figura 19: Momentos flectores de diseño 2'-2', columnas C2 Tipo A, suelo D.

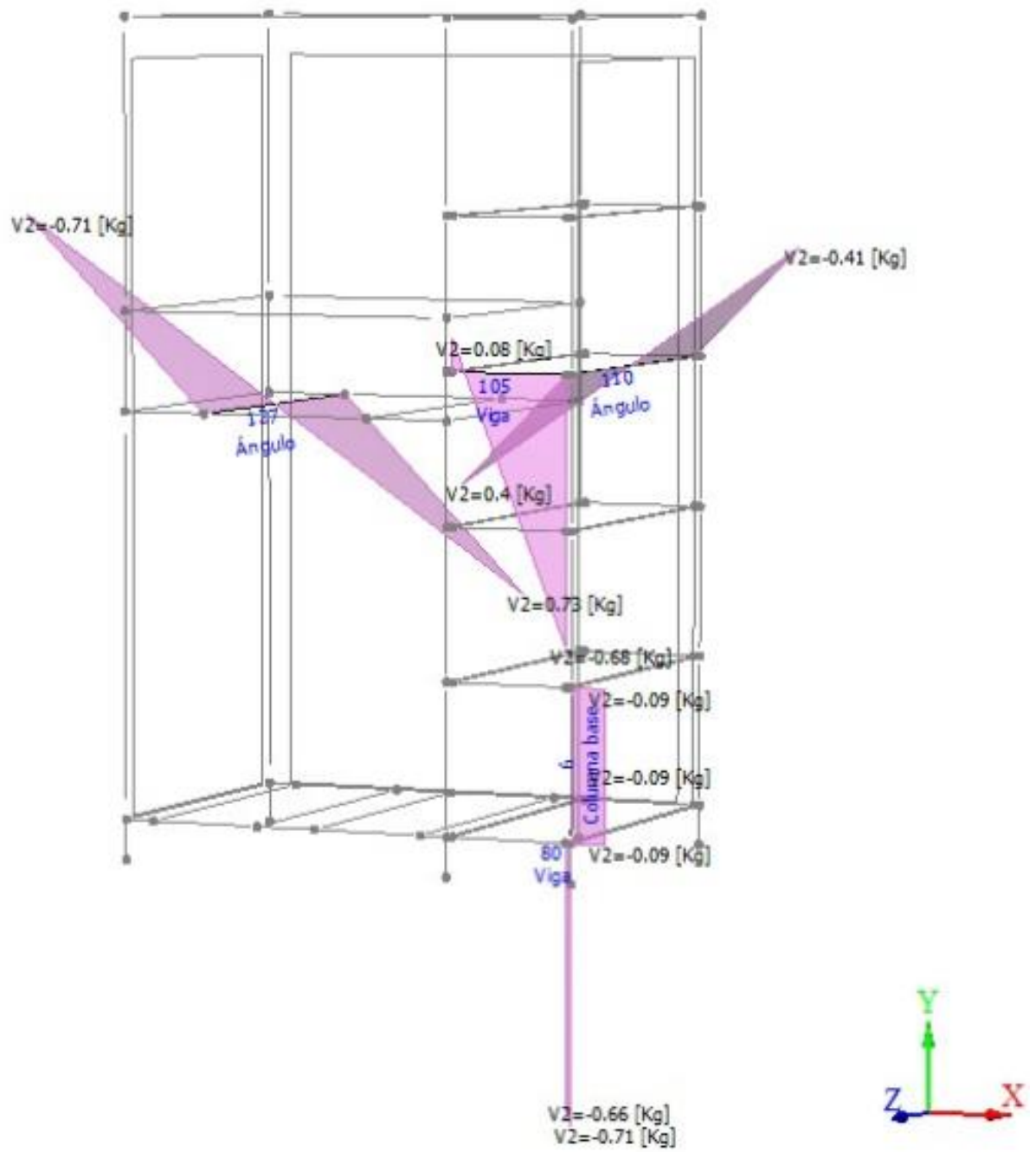


Figura 20: Fuerza de corte de diseño en 2', vigas C2 Tipo A, suelo D.

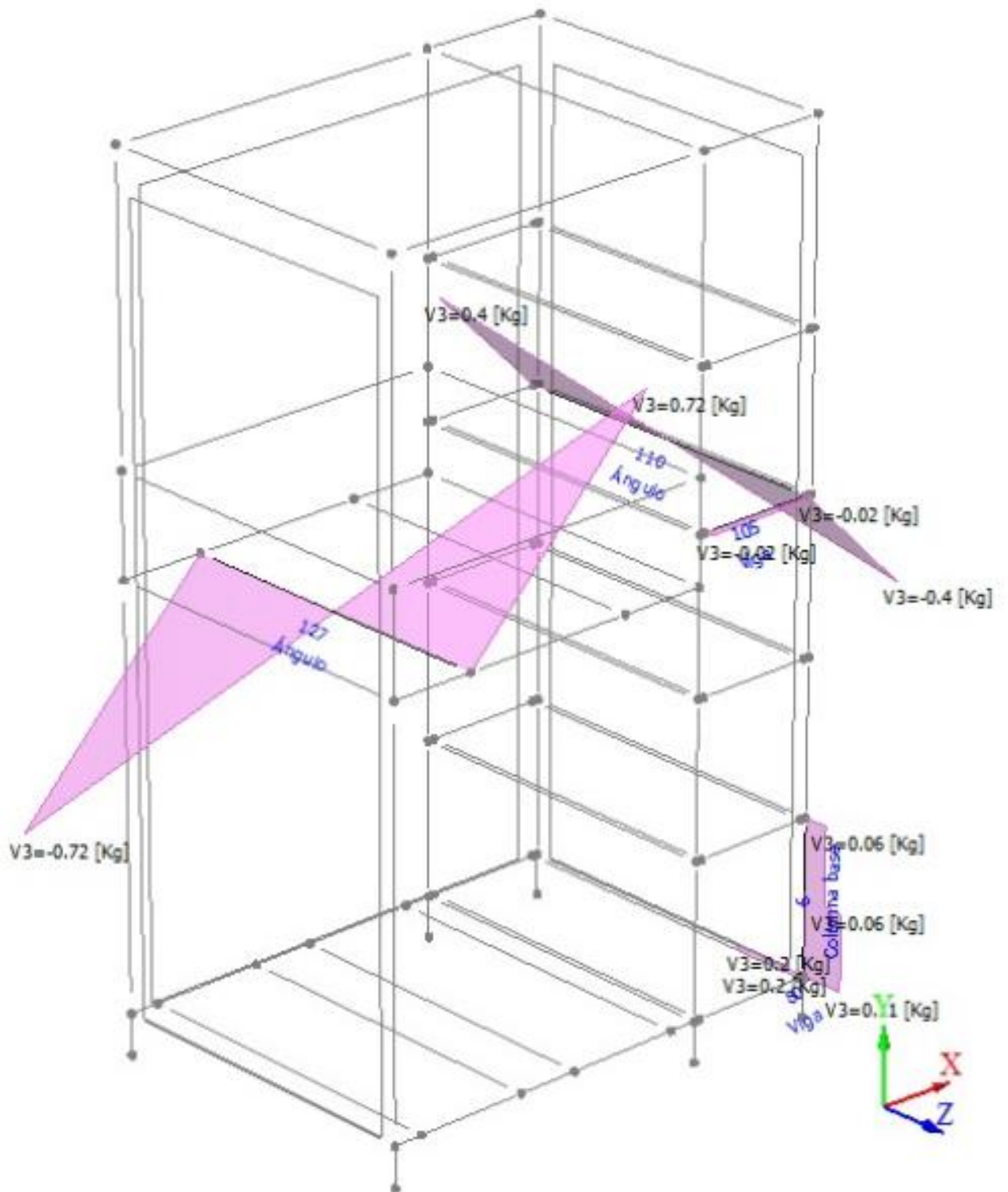


Figura 21: Fuerza de corte de diseño en 3', vigas C2 Tipo A, suelo D.

Capítulo 5

5. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y DE DEFORMACIONES

5.1 Verificación de estabilidad

Para el análisis de estabilidad se considerará el gabinete completo con baterías, lo cual según información de la empresa, representa el estado normal de operación (servicio), por lo cual el gabinete debe considerarse cargado totalmente.

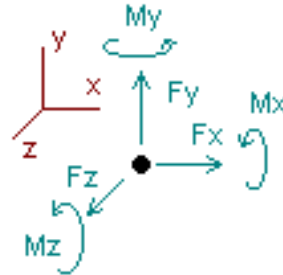


Figura 22: Direcciones de fuerzas y momentos positivos.

Tabla 15: Reacciones en nodos de la base de gabinete C2 tipo A, suelo D.

| Nudo | | Fuerzas | | | | | |
|-------------------------|-----|------------|-----|-------------|-----|------------|-----|
| | | Rx [Kg] | ec | Ry [Kg] | ec | Rz [Kg] | ec |
| 1 | Max | 199,9700 | C6 | 1.477,5160 | C6 | 223,1980 | C7 |
| | Min | -365,2160 | C13 | -1.387,2070 | C13 | -351,3740 | C14 |
| 2 | Max | 246,3480 | C15 | 1.441,0070 | C7 | 458,2980 | C7 |
| | Min | -96,6360 | C4 | -1.416,8900 | C14 | -604,5560 | C14 |
| 21 | Max | 93,0570 | C10 | 980,0390 | C5 | 378,9480 | C16 |
| | Min | -230,0510 | C13 | -958,6310 | C16 | -250,4140 | C5 |
| 22 | Max | 207,2390 | C15 | 2.066,9260 | C5 | 633,9510 | C16 |
| | Min | -65,8680 | C4 | -2.055,7940 | C16 | -487,9480 | C5 |
| 73 | Max | 122,2900 | C15 | 280,3480 | C10 | 281,5260 | C16 |
| | Min | -114,3080 | C8 | -118,5170 | C13 | -250,3670 | C5 |
| 74 | Max | 238,2110 | C15 | 739,4070 | C7 | 242,9150 | C7 |
| | Min | -171,3410 | C4 | -698,2080 | C14 | -273,8960 | C14 |
| Máx (tracción) | | 246,3480 | | 2.066,9260 | | 633,9510 | |
| Mín (compresión) | | -365,2160 | | -2.055,7940 | | -604,5560 | |
| Máx (corte) | | -365,2160 | | | | | |

Como podemos apreciar, el gabinete evaluado presenta una tracción máxima es 2067Kg (combinación 5), una compresión de 2056 Kg (combinación 16) y un corte máximo de 365 Kg (combinación 13).

Se genera tracción, por lo cual, el gabinete presenta inestabilidad frente al sismo en dirección X y Z.

Se debe diseñar un perno de anclaje, de modo que se absorba el corte total y la tracción total debido al sismo.

5.2 Diseño de anclaje del Gabinete

Para el diseño de anclaje se considera el punto 3.4 “Pernos y partes rodadas” del anexo 3 “Diseño para fatiga”, de *Especificaciones AISC, 2005*.

Además, se debe mencionar que los apoyos de la estructura se encontrarán unidos por una placa de anclaje, la cual debe estar sujeta al cemento mediante unos pernos de anclaje.

TRACCIÓN

Para el diseño de pernos, se considerará pernos del tipo $\Phi \frac{1}{2}$ ”, donde sus especificaciones corresponden a las siguientes:

| | | |
|--|---------|-------------------------|
| Tensión de fluencia perno. | $F_y =$ | 2531 Kg/cm ² |
| Tracción máxima por perno, sismo vertical. | $T =$ | 2067 Kg |
| Diámetro perno de anclaje $\Phi \frac{1}{2}$. | $D_p =$ | 1,53cm |
| Área perno de anclaje. | $A =$ | $\frac{D_p^2 \pi}{4}$ |

Por lo tanto $A = 1,84 \text{ cm}^2$

De este modo la tensión admisible se calcula como sigue:

$$T_{adm} = 0,6 F_y A \quad \text{Ecuación 68}$$

Por lo tanto $T_{adm} = 2792 \text{ Kg}$, la cual corresponde a la tracción admisible para un solo perno. De este modo se verifica que cumple $T_{adm} \geq T$.

También se tiene que $F_u = T/T_{adm}$, de este modo $F_u = 0,74$.

CORTE

Para evaluar al corte el perno se tiene,

| | | |
|--|---------------------|-----------------------|
| Corte máximo | $V_{m\acute{a}x} =$ | 365 Kg |
| Tensión de fluencia admisible | $F_{adm} =$ | 0,4 F_y |
| de este modo se tiene un $F_{adm} = 1012,4 \text{ Kg}$. | $F_v =$ | 199Kg/cm ² |
| | $F_{uv} =$ | 0,19 |

De este modo, se verifica que cumple $1,0 \geq F_{uv}$.

Por lo tanto, se utilizan 2 pernos de longitud de anclaje 121 mm, con un diámetro de anclaje 5/8” con tuerca por apoyo, como mínimo para anclaje del gabinete, adheridas a una pletina de 3 mm de espesor soldada a éstos, que brindará mayor resistencia. La longitud del perno deberá ser verificada con el diseño de sala eléctrica o terreno.

6.3 Análisis de deformaciones

COLUMNAS

Las columnas, se encuentran construidas con perfiles de acero cuadrados, de tamaño 30x30x2 [mm3]. De acuerdo al análisis de deformaciones máximas, podemos apreciar en la tabla n°8, que la máxima deformación del gabinete C2 tipo A, suelo D, se presenta en el miembro 18, mientras actúa la combinación C6, correspondiente a la suma de la carga muerta y el sismo en "X" en sentido negativo. Si bien la deformación es mínima, ya que es de 0,01426[cm] en la dirección de "Y" y 0,00164[cm] en la dirección "Z", ésta es despreciable, por lo cual cumple con los requisitos de diseño.

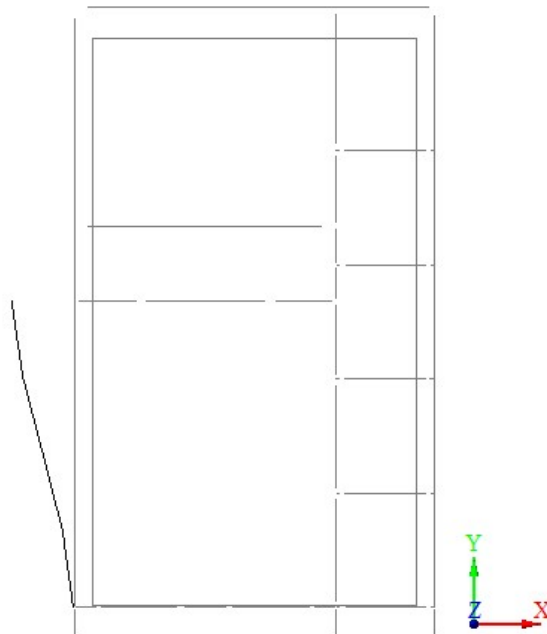


Figura 23 : Deformada miembro 18, gabinete C2 tipo A, suelo D.

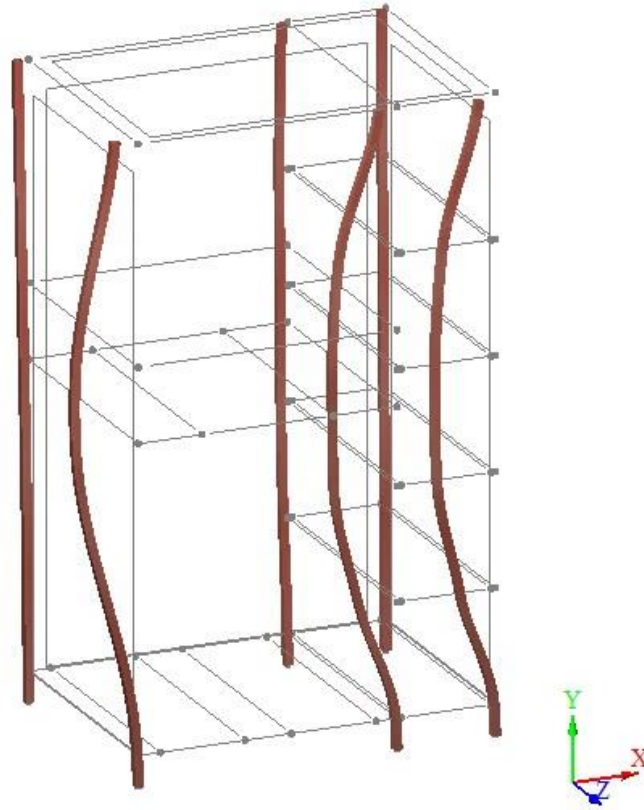
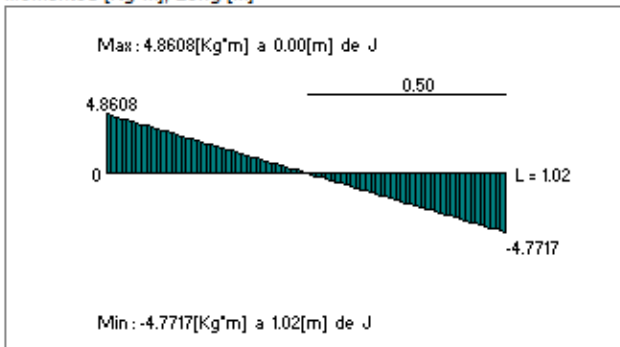


Figura 24: Deformada columnas, gabinete C2 Tipo A, suelo D.

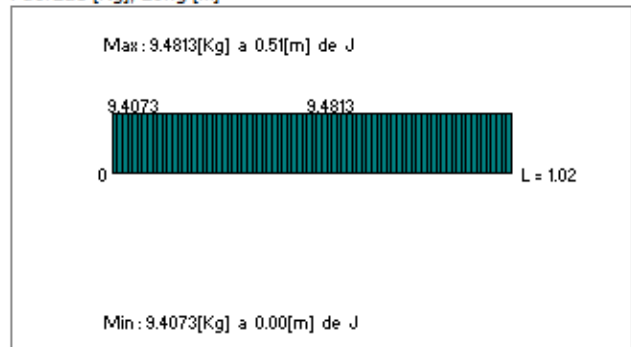
Tabla 16: Deformación máxima en columnas, miembro 18, gabinete C2 Tipo A, suelo D.

| MIEMBRO 18 | | |
|------------|----------------------|----------------------|
| Estado | Deformación (Y) [cm] | Deformación (Z) [cm] |
| C1 | 0,00023 | 0,00001 |
| C2 | 0,00366 | 0,00024 |
| C3 | 0,00277 | 0,00018 |
| C4 | 0,01348 | 0,00164 |
| C5 | 0,00463 | 0,00142 |
| C6 | 0,01426 | 0,00164 |
| C7 | 0,00509 | 0,00166 |
| C8 | 0,00851 | 0,00121 |
| C9 | 0,00365 | 0,00103 |
| C10 | 0,01327 | 0,00126 |
| C11 | 0,00592 | 0,00128 |
| C12 | 0,00014 | 0,00001 |
| C13 | 0,01352 | 0,00165 |
| C14 | 0,00472 | 0,00142 |
| C15 | 0,01421 | 0,00164 |
| C16 | 0,005 | 0,00166 |

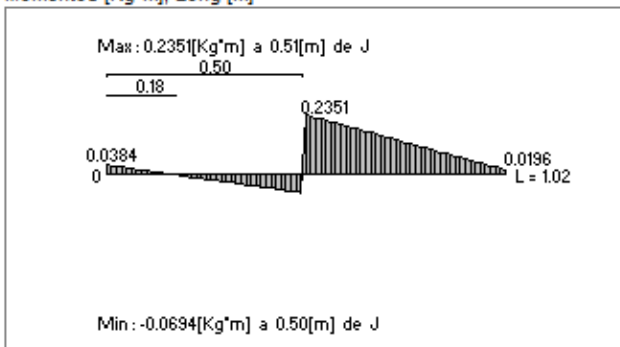
Momentos flectores M33
Momentos [Kg*m], Long [m]



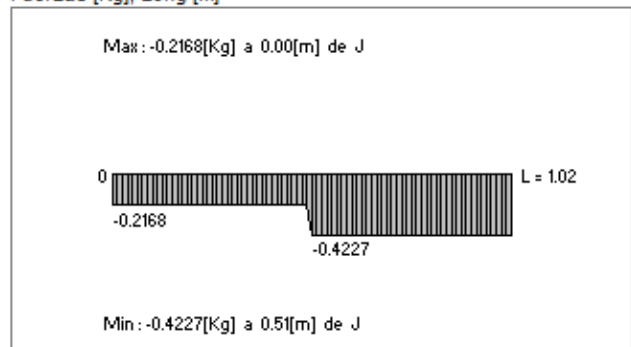
Esfuerzos cortantes V2
Fuerzas [Kg], Long [m]



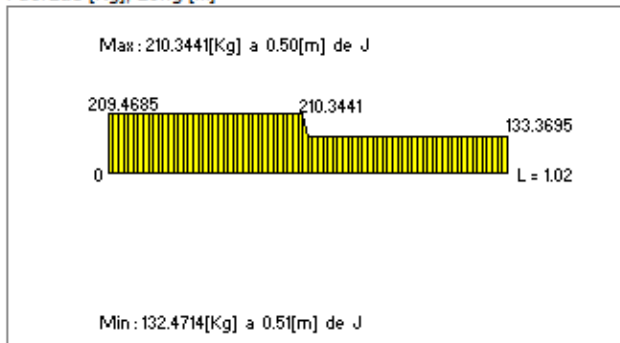
Momentos flectores M22
Momentos [Kg*m], Long [m]



Esfuerzos cortantes V3
Fuerzas [Kg], Long [m]



Esfuerzos axiales
Fuerzas [Kg], Long [m]



Momentos torsores
Momentos [Kg*m], Long [m]

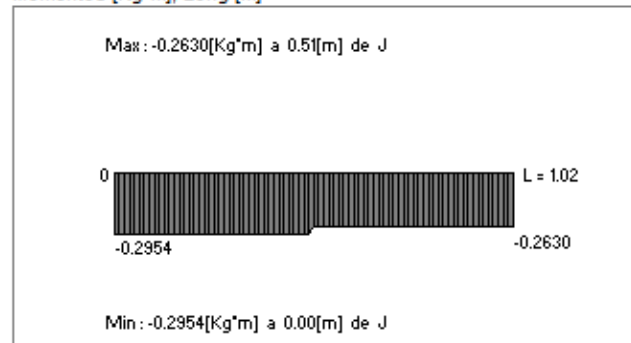


Figura 25: Diagramas de esfuerzos miembro 18, gabinete C2 tipo A, suelo D.

VIGAS

Las vigas, se encuentran construidas con perfiles de acero cuadrados, de tamaño 30x30x2 [mm3]. De acuerdo al análisis de deformaciones máximas, podemos apreciar en la tabla n°9, que la máxima deformación del gabinete C2 tipo A, suelo D, se presenta en el miembro 54, mientras actúa la combinación C7, correspondiente a la suma de la carga muerta y el sismo en "Z" en sentido negativo. Si bien la deformación es mínima, ya que es de 0,02929[cm] en la dirección de "Z" y 0,00081[cm] en la dirección "Y", ésta es despreciable, por lo cual cumple con los requisitos de diseño.

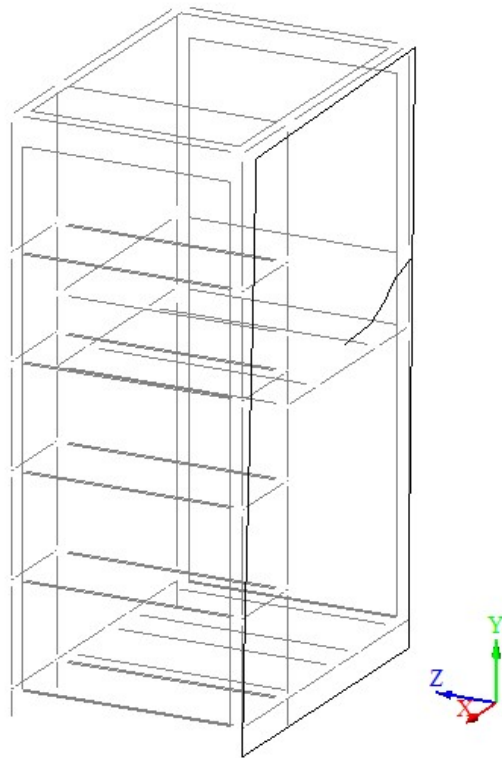


Figura 26: Deformada miembro 54, gabinete C2 tipo A, suelo D.

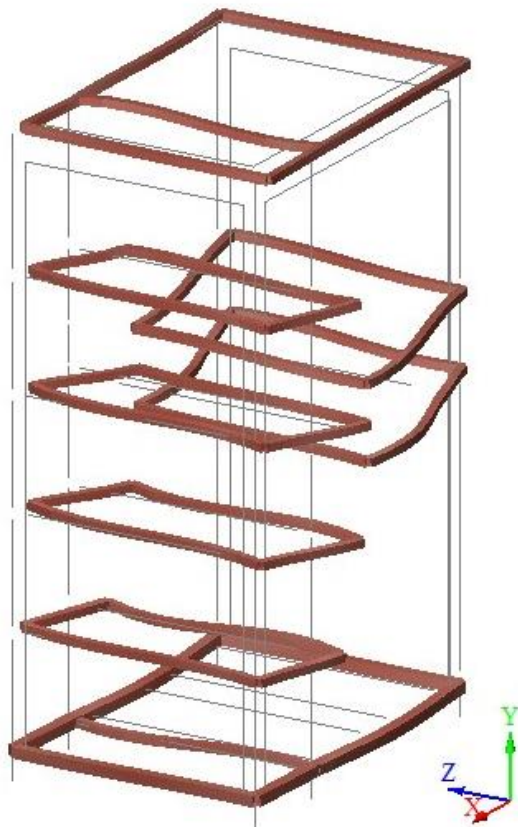
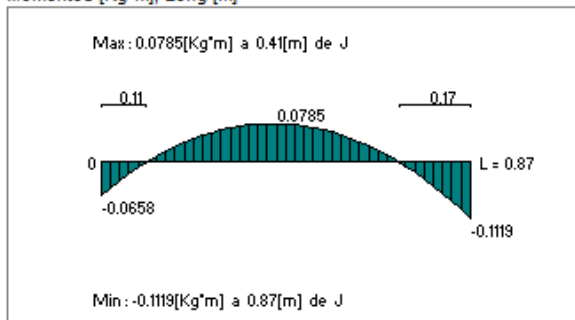


Figura 27: Deformada vigas, gabinete C2 Tipo A, suelo D.

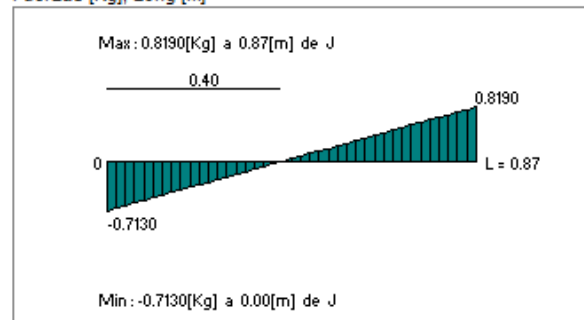
Tabla 17: Deformación máxima en vigas, miembro 54, gabinete C2 Tipo A, suelo D.

| MIEMBRO 54 | | |
|------------|----------------------|----------------------|
| Estado | Deformación (Y) [cm] | Deformación (Z) [cm] |
| C1 | 0,00051 | 0,00001 |
| C2 | 0,00053 | 0,00009 |
| C3 | 0,00053 | 0,00007 |
| C4 | 0,00053 | 0,00985 |
| C5 | 0,00022 | 0,02912 |
| C6 | 0,00045 | 0,01079 |
| C7 | 0,00081 | 0,02929 |
| C8 | 0,0005 | 0,00734 |
| C9 | 0,00031 | 0,02179 |
| C10 | 0,00049 | 0,00814 |
| C11 | 0,00074 | 0,02202 |
| C12 | 0,00031 | 0 |
| C13 | 0,00037 | 0,00985 |
| C14 | 0,00013 | 0,02912 |
| C15 | 0,00028 | 0,01079 |
| C16 | 0,0006 | 0,02929 |

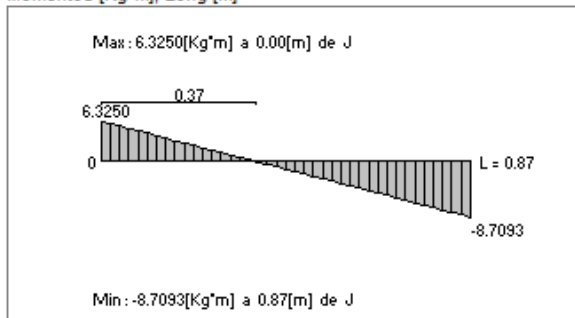
Momentos flectores M33
Momentos [Kg*m], Long [m]



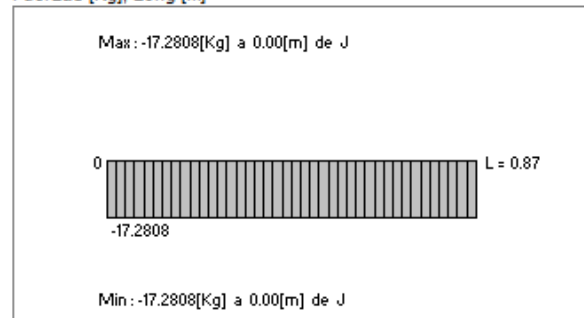
Esfuerzos cortantes V2
Fuerzas [Kg], Long [m]



Momentos flectores M22
Momentos [Kg*m], Long [m]



Esfuerzos cortantes V3
Fuerzas [Kg], Long [m]



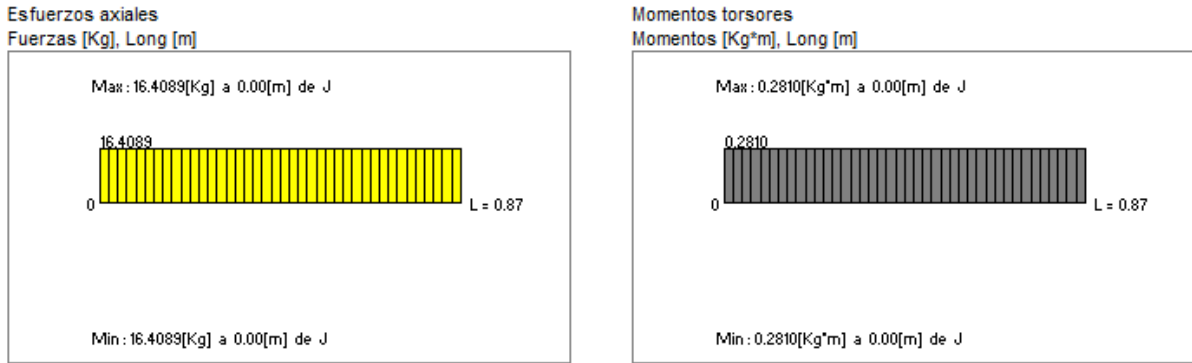


Figura 28: Diagramas de esfuerzos, miembro 54, gabinete, gabinete C2 tipo A, suelo D.

ÁNGULOS

Los ángulos, se encuentran construidas con perfiles de acero tipo ángulo, de tamaño 30x30x3 [mm³]. De acuerdo al análisis de deformaciones máximas, podemos apreciar en la tabla n°10, que la máxima deformación del gabinete C2 tipo A, suelo D, se presenta en el miembro 130, mientras actúa la combinación C2, correspondiente a la suma de la carga muerta y la carga viva. Si bien la deformación es mínima, ya que es de 0,0649[cm] en la dirección de "Z" y 0,02461[cm] en la dirección "Y", ésta es despreciable, por lo cual cumple con los requisitos de diseño. Además cabe señalar que éste es el elemento que presenta más deformación dentro de la estructura.

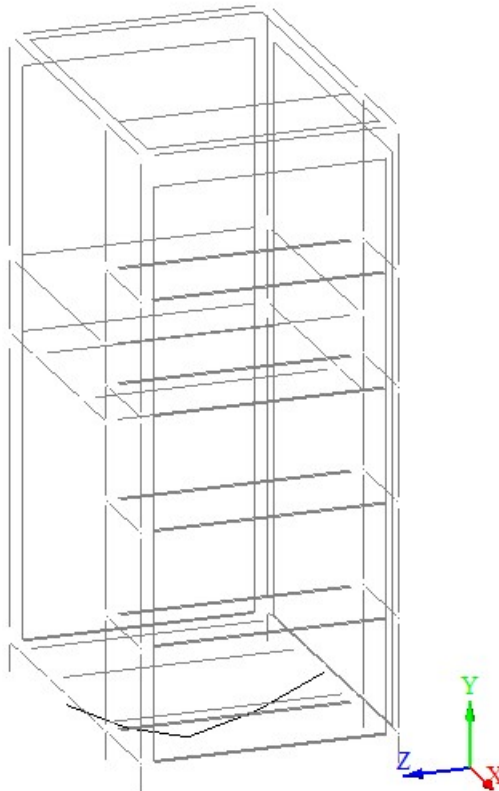


Figura 29: Deformada miembro 130, gabinete C2 tipo A, suelo D.

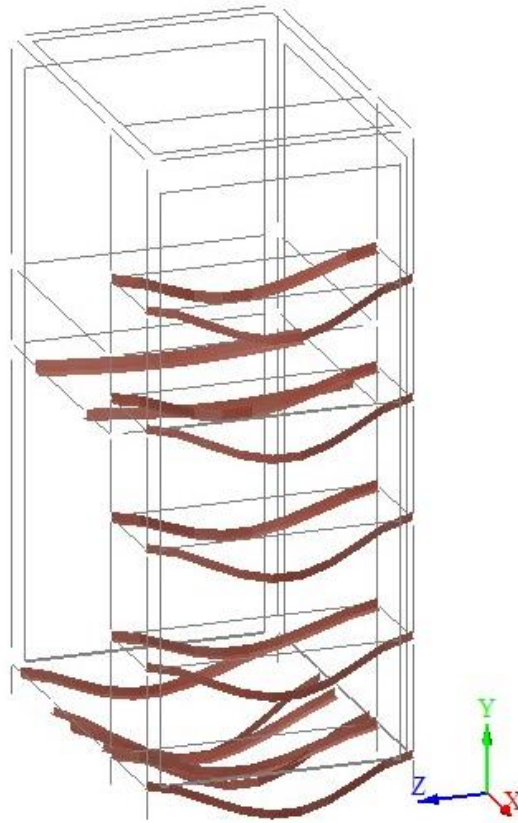
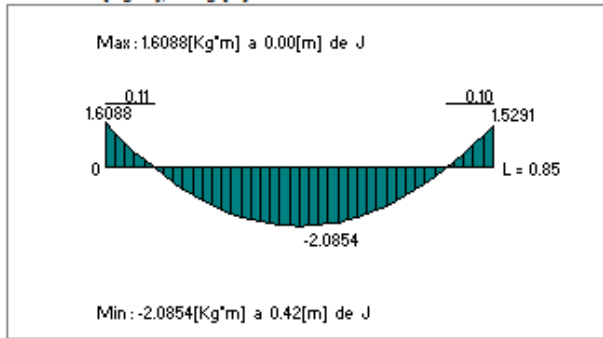


Figura 30: Deformada ángulos, gabinete C2 Tipo A, suelo D.

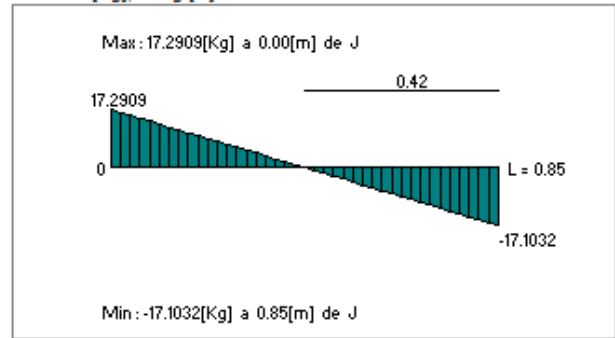
Tabla 18: Deformación máxima en ángulos, miembro 130, gabinete C2 Tipo A, suelo D

| MIEMBRO 130 | | |
|-------------|----------------------|----------------------|
| Estado | Deformación (Y) [cm] | Deformación (Z) [cm] |
| C1 | 0,00058 | 0,00155 |
| C2 | 0,02461 | 0,0649 |
| C3 | 0,0186 | 0,04906 |
| C4 | 0,00074 | 0,00171 |
| C5 | 0,0019 | 0,00469 |
| C6 | 0,00084 | 0,00188 |
| C7 | 0,00183 | 0,00463 |
| C8 | 0,0186 | 0,04909 |
| C9 | 0,01869 | 0,04952 |
| C10 | 0,0186 | 0,04903 |
| C11 | 0,01862 | 0,04948 |
| C12 | 0,00035 | 0,00093 |
| C13 | 0,00056 | 0,00115 |
| C14 | 0,00178 | 0,0043 |
| C15 | 0,00068 | 0,00139 |
| C16 | 0,00171 | 0,00424 |

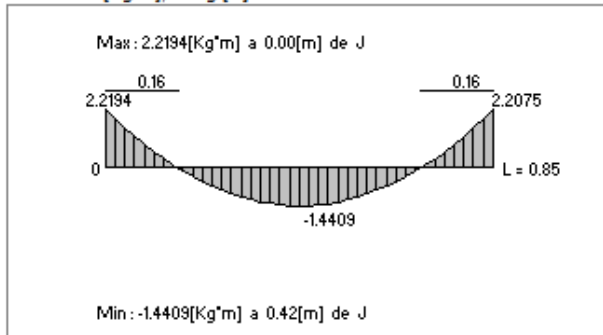
Momentos flectores M33
Momentos [Kg*m], Long [m]



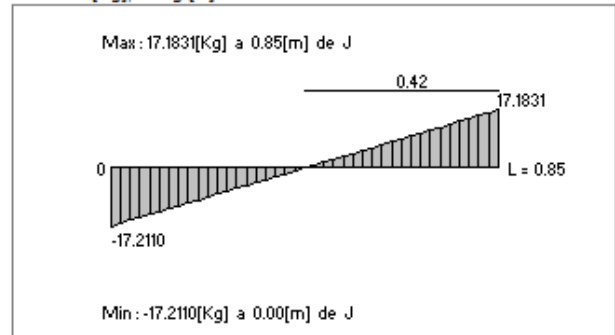
Esfuerzos cortantes V2
Fuerzas [Kg], Long [m]



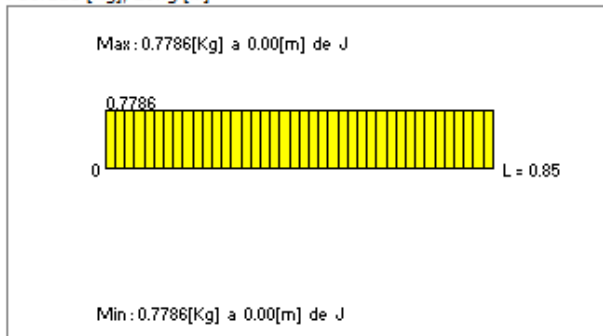
Momentos flectores M22
Momentos [Kg*m], Long [m]



Esfuerzos cortantes V3
Fuerzas [Kg], Long [m]



Esfuerzos axiales
Fuerzas [Kg], Long [m]



Momentos torsores
Momentos [Kg*m], Long [m]

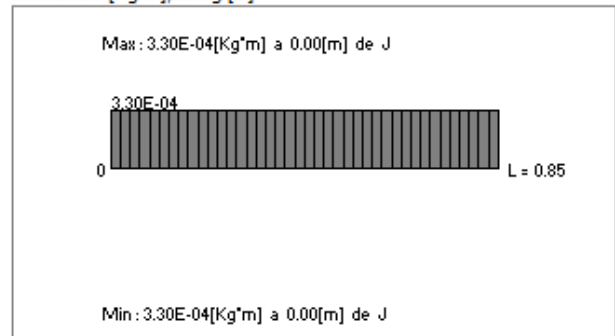


Figura 31: Diagramas de esfuerzos, miembro 130, gabinete, gabinete C2 tipo A, suelo D.

La estructura está construida con los tipos de perfiles ya mencionados, como se muestra a continuación.

Miembros:

| Perfil | Material | PesoU [Kg/m] | Longitud [m] | Peso [Kg] |
|----------------------|----------|--------------|--------------|-----------|
| 40 X 40 X 3 | A36 | 3.49E+00 | 0.015 | 0.052 |
| CUADRADO 30 X 30 X 3 | A36 | 2.55E+00 | 0.780 | 1.987 |
| ELE 3 X 3 X 0.3 | A36 | 1.34E+00 | 0.850 | 1.143 |
| ELE 40 X 40 X 4 | A36 | 2.39E+00 | 0.850 | 2.031 |
| Peso Total [Kg] | | | | 5.213 |

Figura 32: Especificaciones de perfiles empleados en gabinete C2 Tipo A, suelo D.



Figura 33: Deformada gabinete C2 Tipo A, suelo D.

Conclusiones y Recomendaciones

CONCLUSIONES

Al término del presente informe se realizó la creación final de una propuesta de estructuras metálicas del tipo industrial, de tamaño estándar para equipos de respaldo eléctrico.

Las conclusiones de éste trabajo son las siguientes:

- Las distribuciones tipo de los equipos de respaldo eléctrico al interior de los gabinetes industriales de mayor frecuencia en los proyectos estudiados, son identificadas como

1. Distribución tipo A: Ésta corresponde a una disposición interna de los equipos, en la cual se estructura a la derecha o izquierda un espacio para ubicar baterías de suministro, mientras que al lado opuesto superior se concentran equipos de menor tamaño, como UPS y/o tablero de distribución. Adicionalmente se dispone en la parte baja algún tipo de transformador o equipo de mayor tamaño y/o peso.
2. Distribución tipo B: Se encuentra caracterizada por una disposición interna en la cual los equipos de mayor peso se encuentran en la parte baja, como baterías de gran peso o transformadores, sin embargo a diferencia de la distribución anterior esta cuenta con un sólo lineamiento vertical, orientando en su parte superior los equipos de menor peso, tales como UPS, un módulo rectificador o algún tablero de distribución, entre otros
3. Distribución tipo C: Esta distribución se distingue por su formación uniforme. Corresponde a una estructura contenedora de una organización de baterías, las cuales deben cumplir con una capacidad para solucionar un requisito energético, para lo cual su infraestructura interior debe ser más simple que las restantes.

- Las distribuciones tipo de los equipos de respaldo eléctrico al interior de los gabinetes industriales con mayor frecuencia en los proyectos estudiados, son los previamente señalados, los cuales fueron clasificados mediante la visualización de los planos Acad proporcionados por la empresa. La inspección visual indica que 8 gabinetes de los proyectos son del tipo A, 7 gabinetes presentan distribución tipo B y 7 estructuras presentan una distribución tipo C.

- La geometría de tipo estándar que permite el almacenaje de las soluciones de respaldo energético con mayor porcentaje de demanda en el mercado se definen como C1 y C2. Ésta geometría queda definida por el tamaño presentado en los proyectos estudiados, dónde se realiza el estudio de una combinación de tamaño menor y una mayor, que permiten una optimización de los materiales.

- Lo anterior permite establecer 2 tipos de tamaños los cuales son:

1. C1=2,1[m] x 0,8[m] X 1[m] (H x A x P)
2. C2=2,1[m] x 1,2[m] X 0,85[m] (H x A x P)

Esto en combinación con las distribuciones previamente señaladas, pasan a formar 6 tipos de combinaciones las cuales se definen como:

- | | | |
|--------------|------------------------------|---------------------------|
| 1. C1 Tipo A | Combinación 1-Distribución A | 2,1[m] x 0,8[m] X 1[m] |
| 2. C1 Tipo B | Combinación 1-Distribución B | 2,1[m] x 0,8[m] X 1[m] |
| 3. C1 Tipo C | Combinación 1-Distribución C | 2,1[m] x 0,8[m] X 1[m] |
| 4. C2 Tipo A | Combinación 2-Distribución A | 2,1[m] x 1,2[m] X 0,85[m] |
| 5. C2 Tipo B | Combinación 2-Distribución B | 2,1[m] x 1,2[m] X 0,85[m] |
| 6. C2 Tipo C | Combinación 2-Distribución C | 2,1[m] x 1,2[m] X 0,85[m] |

- Se generó un diseño estructural para los gabinetes industriales tamaño estándar, de modo que cada uno de ellos cumpla con los requisitos presentes en la normativa vigente. Se encuentran diseñados mediante la aplicación de la NCh433, por medio del método de diseño por tensiones admisibles. Estos modelos, están diseñados para el suelo tipo C y suelo D.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda respetar la distribución de los equipos al interior de los gabinetes tipo diseñados, considerando un peso de los equipos semejantes a los cuales fueron considerados en el diseño de cada uno de ellos.

- Se recomienda el empleo de los tamaños respectivos para equipos con dimensiones semejantes a las señaladas en este informe, o con pesos equivalentes en caso de querer optar por una opción de mayor tamaño.

- La longitud del perno de anclaje deberá ser verificada con el diseño de sala eléctrica o terreno.

- Cualquier cambio de dimensión en la geometría, debe ser consultada en el diseño propuesto en el disco adjunto generado en RAM Advanse.

Referencias

- Ref.1:* American Institute Of Steel Construction. (March 9, 2005.). *Specification for Structural Steel Buildings* .
- Ref.2:* Bentley Center, B. S. (Versión 9.5 (Edición año 2008)). RAM Advanse.
- Ref.3:* Instituto Nacional de Normalización. INN CHILE. (1976). *NCh 427 cr 1977. "Especificaciones para el cálculo, fabricación y construcción de estructuras de acero"*.
- Ref.4:* Instituto Nacional de Normalización. INN CHILE. (20092). *NCh 433 Of. 96 "Diseño sísmico de edificios"*.
- Ref.5:* Ministerio de vivienda y urbanismo. (2011). *Decreto Supremo 61. Aprueba reglamento que fija el diseño sísmico de Edificios y deroga decreto n°117, de 2010.*

Anexo 1

Tabla 4.2 - Zonificación sísmica por comunas para las Regiones Cuarta a Novena

| Región | Zona 3 | Zona 2 | Zona 1 |
|--------|--|---|--------|
| 4a. | Andacollo Combarbalá Coquimbo Illapel La Higuera La Serena Los Vilos Canela Monte Patria Ovalle Paiguano Punitaqui Río Hurtado Salamanca Vicuña | | |
| 5a. | Algarrobo Cabildo Calera Cartagena Casablanca Catemu Concón El Quisco El Tabo Hijuelas La Cruz La Ligua Limache Llaylay Nogales Olmué Panquehue Papudo Petorca Puchuncaví Putaendo Quillota Quilpué Quintero Rinconada San Antonio San Felipe Santa María Santo Domingo Valparaíso Villa Alemana Viña del Mar Zapallar | Calle Larga Los Andes San Esteban | |

| Región | Zona 3 | Zona 2 | Zona 1 |
|---------------|--|---|--------|
| Metropolitana | Alhué Curacaví El Monte Lampa María Pinto Melipilla San Pedro Títil | Buín Calera de Tango Cerrillos Cerro Navía Colina Conchalí El Bosque Estación Central Huechuraba Independencia Isla de Maipo La Cisterna La Florida La Granja La Pintana La Reina Las Condes Lo Barnechea Lo Espejo Lo Prado Macul Maipú Ñuñoa Padre Hurtado Paine Pedro Aguirre Cerda Peñaflor Peñalolén Pirque Providencia Pudahuel Puente Alto Quilicura Quinta Normal Recoleta Renca San Bernardo San Joaquín San José de Maipo San Miguel San Ramón Santiago Talagante Vitacura | |

| Región | Zona 3 | Zona 2 | Zona 1 |
|--------|--|---|--------|
| 6a. | La Estrella Las Cabras Litueche Lolol Marchihue Navidad Palmilla Peralillo Paredones Peumo Pichidegua Pichilemu Pumanque Santa Cruz | Chépica Chimbarongo Codegua Coinco Coltauco Doñihue Graneros Machalí Malloa Mostazal Nancagua Olivar Placilla Quinta de Tilcoco Rancagua Rengo Requinoa San Fernando San Vicente de Tagua Tagua | |
| 7a. | Cauquenes Chanco Constitución Curepto Empedrado Hualañé Licantén Maule Pelluhue Pencahue San Javier Talca Vichuquén | Colbún Curicó Linares Longaví Molina Parral Pelarco Rauco Retiro Río Claro Romeral Sagrada Familia San Clemente San Rafael Teno Villa Alegre Yerbas Buenas | |

| Región | Zona 3 | Zona 2 | Zona 1 |
|--------|---|--|--|
| 8a. | Alto Bío Bío Arauco Bulnes Cabrero Cañete Chiguayante Chillán Chillán Viejo Cobquecura Coelemu Concepción Contulmo Coronel Curanilahue Florida Hualpén Hualqui Laja Lebu Los Alamos Lota Nacimiento Negrete Ninhue Pinto Portezuelo Quilón Quinhue Ranquil San Carlos San Nicolás San Pedro de la Paz San Rosendo Santa Juana Talcahuano Tirúa Tomé Treguaco Yumbel | Antuco Coihueco El Carmen Los Angeles Mulchén Ñiquén Pemuco Penco Quilaco Quilleco San Fabián San Ignacio Santa Bárbara Tucapel Yungay | |
| 9a. | Angol Carahue Cholchol Galvarino Los Sauces Lumaco Nueva Imperial Padre Las Casas Purén Renaico Saavedra Teodoro Schmidt Toltén Traiguén | Collipulli Cunco Curacautín Ercilla Freire Gorbea Lautaro Loncoche Perquenco Pitrufquén Temuco Victoria Villcún Villarrica | Curarehue Lonquimay Melipeuco Pucón |

Figura N° 9: Tablas de zonificación perteneciente a la NCh433.

TABLA. CLASIFICACIÓN SÍSMICA DEL TERRENO DE FUNDACIÓN

| Suelo Tipo | | V_{s30} (m/s) | RQD | q_u (MPa) | (N_1) (golpes/pie) | S_u (MPa) |
|------------|---|--------------------|-------------|---|-------------------------|----------------|
| A | Roca, suelo cementado | ≥ 900 | $\geq 50\%$ | ≥ 10 ($\epsilon_{qu} \leq 2\%$) | | |
| B | Roca blanda o fracturada, suelo muy denso o muy firme | ≥ 500 | | $\geq 0,40$ ($\epsilon_{qu} \leq 2\%$) | ≥ 50 | |
| C | Suelo denso o firme | ≥ 350 | | $\geq 0,30$ ($\epsilon_{qu} \leq 2\%$) | ≥ 40 | |
| D | Suelo medianamente denso, o firme | ≥ 180 | | | ≥ 30 | $\geq 0,05$ |
| E | Suelo de compactidad, o consistencia mediana | < 180 | | | ≥ 20 | $< 0,05$ |
| F | Suelos Especiales | * | * | * | * | * |

N_1 : Índice de Penetración Estándar normalizado por presión de confinamiento de 0,1 MPa. Aplicable sólo a suelos que clasifican como arenas

RQD : Rock Quality Designation, según norma Astm D 6032

q_u : Resistencia a la compresión simple del suelo

ϵ_{qu} : Deformación unitaria desarrollada cuando se alcanza la resistencia máxima en el ensayo de compresión simple

S_u : Resistencia al corte no-drenada del suelo

Figura N° 10: Tablas de clasificación sísmica del terreno extraída de la NCh433.

Tabla 6.2 - Valor de la aceleración efectiva A_0

| Zona sísmica | A_0 |
|--------------|--------|
| 1 | 0,20 g |
| 2 | 0,30 g |
| 3 | 0,40 g |

Figura N° 11: Tabla de valores de aceleración efectiva A_0 extraída de la NCh433.

Tabla 6.1 - Valor del coeficiente I

| Categoría del edificio | I |
|------------------------|-----|
| I | 0,6 |
| II | 1,0 |
| III | 1,2 |
| IV | 1,2 |

Figura N° 12: Tabla de coeficientes de importancia relativa al edificio extraída de la NCh 433.34

Tabla 5.1 - Valores máximos de los factores de modificación de la respuesta¹⁾

| Sistema estructural | Material estructural | R | R_p |
|---|--|-----|-------|
| Pórticos | Acero estructural | | |
| | a) Marcos corrientes (OMF) | 4 | 5 |
| | b) Marcos intermedios (IMF) | 5 | 6 |
| | c) Marcos especiales (SMF) | 7 | 11 |
| | d) Marco de vigas enrejadas (STMF) | 6 | 10 |
| | Hormigón armado | 7 | 11 |
| Muros y sistemas arriostrados | Acero estructural | | |
| | a) Marcos concéntricos corrientes (OCBF) | 3 | 5 |
| | b) Marcos concéntricos especiales (SCBF) | 5.5 | 8 |
| | c) Marcos excéntricos (EBF) | 6 | 10 |
| | Hormigón armado | 7 | 11 |
| | Hormigón armado y albañilería confinada | | |
| | - Si se cumple el criterio Δ ²⁾ | 6 | 9 |
| | - Si no se cumple el criterio Δ ²⁾ | 4 | 4 |
| | Madera | 5,5 | 7 |
| | Albañilería confinada | 4 | 4 |
| | Albañilería armada | | |
| - De bloques de hormigón o unidades de geometría similar en las que se llenan todos los huecos, y albañilería de muros doble chapa | 4 | 4 | |
| - De ladrillos cerámicos tipo rejilla con y sin relleno de huecos y albañilería de bloques de hormigón o unidades de geometría similar en que no se llenan todos los huecos | 3 | 3 | |
| Cualquier tipo de estructuración o material que no pueda ser clasificado en alguna de las categorías anteriores ³⁾ | | 2 | - |
| <p>1) Los valores indicados en esta tabla para acero estructural y hormigón armado suponen el cumplimiento de lo establecido en 5.3.3 y 5.3.4 respectivamente.</p> <p>2) Criterio Δ: los muros de hormigón armado deben tomar en cada piso, el 50% del esfuerzo de corte del piso, como mínimo.</p> <p>3) No procede el uso del análisis modal espectral para este tipo de estructuración o material. Por lo tanto, no se establece un valor para R_p.</p> | | | |

Figura N° 13: Tabla de valores máximos de los factores de modificación a la respuesta extraída de la NCH433.

| Tipo de Suelo | S | T_0 seg | T' seg | n | p |
|---------------|------|--------------|-------------|------|-----|
| A | 0.90 | 0.15 | 0.20 | 1.00 | 2.0 |
| B | 1.00 | 0.30 | 0.35 | 1.33 | 1.5 |
| C | 1.05 | 0.40 | 0.45 | 1.40 | 1.6 |
| D | 1.20 | 0.75 | 0.85 | 1.80 | 1.0 |
| E | 1.30 | 1.20 | 1.35 | 1.80 | 1.0 |
| F | * | * | * | * | * |

Figura N° 14: Tabla de parámetros dependientes del tipo de suelo, extraída de la NCH433.

Tabla 6.4 - Valores máximos del coeficiente sísmico C

| R | C _{máx.} |
|-----|--------------------------|
| 2 | 0,90 SA _o / g |
| 3 | 0,60 SA _o / g |
| 4 | 0,55 SA _o / g |
| 5.5 | 0,40 SA _o / g |
| 6 | 0,35 SA _o / g |
| 7 | 0,35 SA _o / g |

Figura N° 15: Tabla valores máximos del coeficiente sísmico C, extraído de la NCh433.

1. D + F
2. D + H + F + L + T
3. D + H + F + (Lr o S o R)
4. D + H + F + 0,75 (L + T) + 0,75 (Lr o S o R)
5. D + H + F + (W o 1,0 E)
6. D + H + F + 0,75 (W o 1,0 E) + 0,75 L + 0,75 (Lr o S o R)
7. 0,6 D + W + H
8. 0,6 D + 1,0 E + H

Figura N° 16: Combinaciones de carga respectivas al diseño por tensiones admisibles.

| | C_p | Factor de desempeño, K_d | | |
|---|-------|-------------------------------|------|------|
| | | Categoría del edificio | | |
| | | IV | III | II |
| I Elementos secundarios | | | | |
| Apéndices y elementos agregados | | | | |
| - Chimeneas, parapetos, cornisas y elementos agregados en muros | 2,0 | 1,35 | 1,35 | 1,0 |
| - Elementos aislados empotrados en su base | 1,5 | 1,0 | 1,0 | 0,75 |
| - Equipo montado en cielo, pared o piso | 1,0 | 1,35 | 1,0 | 0,75 |
| - Repisas incluyendo su contenido permanente | 1,0 | 1,35 | 1,0 | 0,75 |
| - Letreros | 2,0 | 1,0 | 1,0 | 0,75 |
| Tabiques y muros no estructurales | | | | |
| - Escaleras | 1,5 | 1,35 | 1,0 | 1,0 |
| - Escapes horizontales o verticales | 1,0 | 1,35 | 1,35 | 1,0 |
| - Pasillos públicos | 1,0 | 1,35 | 1,0 | 0,75 |
| - Pasillos privados | 0,7 | 1,35 | 0,75 | 0,75 |
| - Otras divisiones de altura total | 1,0 | 1,35 | 1,0 | 1,0 |
| - Otras divisiones de altura parcial | 0,7 | 1,0 | 0,75 | 0,75 |
| - Muros exteriores no resistentes y muros cortina | 2,0 | 1,35 | 1,0 | 0,75 |
| II Equipos mecánicos o eléctricos | | | | |
| - Equipos eléctricos de emergencia | 2,0 | 1,35 | 1,35 | 1,35 |
| - Sistemas de alarma de fuego y humo | | | | |
| - Sistemas para sofocar incendios | | | | |
| - Sistemas de emergencia | | | | |
| - Calefactores, termos, incineradores, chimeneas, ventilaciones | 2,0 | 1,35 | 1,0 | 0,75 |
| - Sistema de comunicación | | | | |
| - Sistemas de distribución eléctrica | | | | |
| - Estanques a presión y para líquidos peligrosos | | | | |
| - Estanques para líquidos inertes | 1,5 | 1,35 | 1,0 | 0,75 |
| - Ascensores | 1,5 | 1,35 | 1,0 | 0,75 |
| - Ductos y tuberías de distribución | 1,5 | 1,35 | 1,0 | 0,75 |
| - Maquinaria en general | 0,7 | 1,35 | 1,0 | 0,75 |
| - Iluminación | 0,7 | 1,35 | 1,0 | 0,75 |





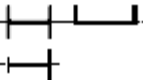


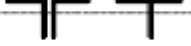


Tabla 8.2 - Valores del factor λ

Figura N° 17 Tabla de valores del coeficiente C_p y del factor de desempeño K_d para el diseño y anclaje de elementos secundarios, extraída de la NCh 433.

| Tabla B 4.1 (cont.) Razones Ancho-Espesor Límite para Elementos en Compresión | | | | | |
|---|---|---------------------|---|------------------------------|----------|
| Caso | Descripción del Elemento | Razón Ancho-Espesor | Razones Ancho - Espesor Límites | | Ejemplos |
| | | | λ_p (compacto) | λ_r (no compacto) | |
| 7. | Flexión en alas de tees | b/t | $0.38\sqrt{E/F_y}$ | $1.0\sqrt{E/F_y}$ | |
| 8. | Compresión uniforme en alas de tees | b/t | NA | $0.75\sqrt{E/F_y}$ | |
| 9. | Flexión en alas de perfiles I de simetría doble y canales | h/t_w | $3.76\sqrt{E/F_y}$ | $5.70\sqrt{E/F_y}$ | |
| 10. | Compresión uniforme en alas de perfiles I de simetría doble | h/t_w | NA | $1.49\sqrt{E/F_y}$ | |
| 11. | Flexión en alas de perfiles I de simetría simple | h_c/t_w | $\frac{h_c \sqrt{E/F_y}}{h_p \sqrt{F_y}} \leq \lambda_r$ $\left(0.54 \frac{M_p}{M_y} - 0.9\right)$ | $5.70\sqrt{E/F_y}$ | |
| 12. | Compresión uniforme en alas de perfiles con secciones rectangulares y estructurales tubulares de espesor uniforme sujetos a flexión o compresión; placas de cubierta de alas y placas de diafragma entre líneas de sujetadores o soldaduras | b/t | $1.12\sqrt{E/F_y}$ | $1.40\sqrt{E/F_y}$ | |
| 13. | Flexión en alas de HSS rectangulares | h/t | $2.42\sqrt{E/F_y}$ | $5.70\sqrt{E/F_y}$ | |

| Tabla B 4.1 Razones Ancho-Espesor Límite para Elementos en Compresión | | | | | |
|---|---|---------------------|---------------------------------|--|----------|
| Caso | Descripción del Elemento | Razón Ancho-Espesor | Razones Ancho - Espesor Límites | | Ejemplos |
| | | | λ_p (compacto) | λ_r (no compacto) | |
| 1. | Flexión en alas de perfiles laminados I y canales | b/t | $0.38\sqrt{E/F_y}$ | $1.0\sqrt{E/F_y}$ | |
| 2. | Flexión en alas de perfiles soldados I de simetría doble y simple | b/t | $0.38\sqrt{E/F_y}$ | $0.95\sqrt{k_c E/F_y}$ ^{(a)(b)} | |
| 3. | Compresión uniforme en alas de perfiles laminados I, placas en proyección de perfiles laminados I, placas sobresalientes de pares de ángulos en contacto continuo y alas de canales | b/t | NA | $0.56\sqrt{E/F_y}$ | |
| 4. | Compresión uniforme en alas de perfiles soldados I y placas o pares de ángulos en proyección de perfiles soldados | b/t | NA | $0.64\sqrt{k_c E/F_y}$ ^(a) | |
| 5. | Compresión uniforme en alas de ángulos simples, alas de ángulos dobles con separadores, y cualquier otro elemento no atesado | b/t | NA | $0.45\sqrt{E/F_y}$ | |
| 6. | Flexión en alas de ángulos simples | b/t | $0.54\sqrt{E/F_y}$ | $0.91\sqrt{E/F_y}$ | |

Figura N° 18: Tabla B4.1 AISC.

| Tabla Nota F 1.1 Tabla de Selección para la Aplicación de las Secciones del Capítulo F | | | | |
|--|---|-----------------|------------------|---------------------|
| Sección en Capítulo F | Sección | Esbeltez Ala | Esbeltez Alma | Estados Limite |
| F2 |  | C | C | Y, LTB |
| F3 |  | NC, S | C | LTB, FLB |
| F4 |  | C, NC, S | C, NC | Y, LTB, FLB, TFY |
| F5 |  | C, NC, S | S | Y, LTB, FLB, TFY |
| F6 |  | C, NC, S | N/A | Y, FLB |
| F7 |  | C, NC, S | C, NC | Y, FLB, WLB |
| F8 |  | N/A | N/A | Y, LB |
| F9 |  | C, NC, S | N/A | Y, LTB, FLB |
| F10 |  | N/A | N/A | Y, LTB, LLB |
| F11 |  | N/A | N/A | Y, LTB |
| F12 | Pa | N/A | N/A | Todos |

Y = fluencia, LTB = pandeo lateral-torsional, FLB = pandeo local ala, WLB = pandeo local alma,
TFY = fluencia ala tracción, LLB = pandeo local ala, LB = pandeo local, C = compacto, NC = no compacto,
S = esbelto

Figura N° 19: Tabla F1.1, AISC.

Tabla N° 1: Tabla cálculo gabinete C2 TIPO A.

| N° PROJ. | NP | ALTO [mm] | ANCHO [mm] | PROF. [mm] | UNID. BAT. | PESO UNIT. [Kg] | PESO TOT. [Kg] | UNID. UPS | PESO UNIT. [Kg] | PESO TOT. [Kg] | UNID. TRANSF. | PESO UNIT. [Kg] | PESO TOT. [Kg] | UNID. RECT. | PESO UNIT. [Kg] | PESO TOT. [Kg] | PESO.TOT. EQUIPOS [Kg] | DISTRIB. | COMB. | SC 100% [Kg] | PP [Kg] |
|---------------|-------|--------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|----------------------|--------------|-----------------------|----------------------|------------------|-----------------------|----------------------|----------------|-----------------------|----------------------|------------------------------|----------|-----------|-----------------|------------|
| 1 | 12641 | 2100 | 1200 | 850 | 20 | 23 | 460 | 1 | 24 | 24 | 2 | 95 | 190 | 0 | 0 | 0 | 674 | A | C2 TIPO A | 674 | 158 |
| TAMAÑO DISEÑO | | 2,1m | 1,2m | 0,9 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| CÁLCULO DE CARGA | | | | |
|------------------|---------|-----|------------|------|
| Equipo | J./Ban. | U°P | U°P/Perfil | Kg/m |
| Baterías | 4 | 92 | 46 | 54 |
| UPS | 1 | 24 | 12 | 14 |
| Transformador | 1 | 95 | 48 | 55,9 |

| | | DETALLE MATERIAL BASE | | | | DETALLE MATERIAL BASE | | | |
|------------------|---------|-----------------------|----------|----------|------------------|-----------------------|------------|------------|--------|
| Especificaciones | LR | Medida | Unidades | Subtotal | Especificaciones | Cantidad | Peso total | Peso total | |
| Tipo | calidad | | | | Tipo | Calidad | Kg | Kg | |
| □40X40X3 | STMA A | 2,10 | m | 6 | 12,6 | pleg 50x3 | STMA A3 | 13,60 | 30,46 |
| □40X40X3 | STMA A | 0,80 | m | 8 | 6,4 | 40X40X3 | STMA A3 | 39,10 | 129,03 |
| □40X40X3 | STMA A | 0,40 | m | 12 | 4,8 | | | | |
| □40X40X3 | STMA A | 0,85 | m | 18 | 15,3 | | | | |
| Lpleg 50x3 | STMA A | 0,85 | m | 16 | 13,6 | | | | |

| CORTE BASAL PARA CADA TIPO DE SUELO | | | |
|-------------------------------------|--------------|---|-----------------------|
| Q=CIP | | Cálculo de C | |
| n | Suelo A 1 | Suelo A | 0,73 VERDADERO 0,216 |
| | Suelo B 1,33 | Suelo B | 1,94 VERDADERO 0,240 |
| | Suelo C 1,4 | Suelo C | 3,01 VERDADERO 0,252 |
| | Suelo D 1,8 | Suelo D | 17,27 VERDADERO 0,288 |
| T | Suelo A 0,2 | Coeficiente relativo a la importancia, uso y riesgo de falla del edificio | |
| | Suelo B 0,35 | Edificio de categoría IV | |
| | Suelo C 0,45 | I | 1,2 |
| | Suelo D 0,85 | P (Peso) | 832,00 |
| T* | 0,1 | Q | |
| g | 9,81 | Suelo A | 215,65 |
| A _s | 3,9 | Suelo B | 239,62 |
| S | Suelo A 0,9 | Suelo C | 251,60 |
| | Suelo B 1 | Suelo D | 287,54 |
| | Suelo C 1,05 | Cp | 2 |
| | Suelo D 1,2 | Kd | 1,35 |
| R | 3 | FUERZA SÍSMICA HORIZONTAL | |
| R _s | 5 | F=Q Cp Kd | |
| A _s /(6g) | 0,067 | EHXP | EHXN |
| | | EHZP | EHZN |
| | | Suelo A | 582 |
| | | Suelo B | 647 |
| | | Suelo C | 679 |
| | | Suelo D | 776 |
| | | 116 | 83 |
| | | 129 | 92 |
| | | 136 | 97 |
| | | 155 | 111 |
| | | 73 | 73 |
| | | 81 | 81 |
| | | 85 | 85 |
| | | 97 | 97 |

Tabla N°

2: Diseño Perno de anclaje C2 tipo A, suelo C.

| Nudo | Fuerzas | | | | | | Momentos | | | | | | |
|-----------------------|---------|------------|-----|-------------|-----|------------|----------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----------|
| | | Fx [Kg] | ec | Fy [Kg] | ec | Fz [Kg] | ec | Mx [Kg*m] | ec | My [Kg*m] | ec | Mz [Kg*m] | ec |
| 1 | Max | 175,0690 | C10 | 1.294,5580 | C5 | 195,7950 | C16 | 1,2501 | C7 | 1,9790 | C13 | 0.96677 | C4 |
| | Min | -320,2600 | C13 | -1.215,1820 | C16 | -307,7800 | C5 | -1,2279 | C13 | -1,7405 | C6 | -0.54286 | C15 |
| 2 | Max | 215,2230 | C15 | 1.265,4080 | C5 | 401,8420 | C16 | 3,3352 | C7 | 0.43422 | C4 | 1,5860 | C4 |
| | Min | -84,8780 | C8 | -1.240,0020 | C16 | -529,6220 | C5 | -4,0700 | C15 | -0.58494 | C15 | -2,2586 | C15 |
| 17 | Max | 85,5860 | | 861,2300 | | 331,9400 | | 1,1365 | | 1,7148 | | 5,5757 | |
| | Min | -201,6830 | | -838,5780 | | -219,6480 | | #¡VALOR! | | -1,9544 | | -5,5184 | |
| | Max | 181,0960 | | 1.813,5830 | | 555,3790 | | 3,7988 | | 0.51274 | | 4,3818 | |
| | Min | -57,8000 | | -1.800,0530 | | -427,8260 | | -3,1328 | | -0.36357 | | -6,9539 | |
| 18 | Max | 106,6860 | C6 | 264,6320 | C6 | 246,5340 | C7 | 21,4182 | C16 | 2,0616 | C5 | 6,5009 | C4 |
| | Min | -104,6360 | C13 | -102,0910 | C13 | -219,6670 | C14 | -19,4391 | C5 | -2,0237 | C16 | -8,7293 | C15 |
| 18 | Max | 208,0030 | C15 | 651,6010 | C4 | 213,1360 | C4 | 19,2198 | C16 | 2,1700 | C16 | 4,2732 | C13 |
| | Min | -150,6020 | C4 | -609,6320 | C15 | -239,8480 | C14 | -21,2077 | C5 | -2,2169 | C5 | -5,4212 | C6 |
| Máx (tracción) | | 215,2230 | | 1.294,5580 | | 401,8420 | | | | | | | 1.294,558 |
| Máx (corte) | | 320,2600 | | | | 555,3790 | | | | | | | 555,379 |

| | | |
|------|-------------|--------------------|
| Fy | 2531 | |
| T | 1.294,558 | |
| Dp | 1,25 | Perno 1/2" x 57 mm |
| A | 1,22718463 | |
| Tadm | 1863,60258 | Cumple |
| Fu | 0,694653471 | |
| Vmáx | 555 | |
| Fadm | 1012,4 | |
| Fv | 452,5635233 | |
| Fuv | 0,447020469 | Cumple |

Tabla N° 3: Miembros con mayor deformación en elementos de C2 tipo A, suelo C.

| MIEMBRO 18 COLUMNA | | |
|--------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00023 | 0,00001 |
| C2 | 0,00366 | 0,00024 |
| C3 | 0,00277 | 0,00018 |
| C4 | 0,01181 | 0,00144 |
| C5 | 0,00403 | 0,00124 |
| C6 | 0,01248 | 0,00143 |
| C7 | 0,00448 | 0,00146 |
| C8 | 0,00745 | 0,00106 |
| C9 | 0,00322 | 0,0009 |
| C10 | 0,01193 | 0,0011 |
| C11 | 0,00553 | 0,00112 |
| C12 | 0,00014 | 0,00001 |
| C13 | 0,01186 | 0,00144 |
| C14 | 0,00412 | 0,00124 |
| C15 | 0,01243 | 0,00143 |
| C16 | 0,00439 | 0,00145 |

| MIEMBRO 54 VIGA | | |
|-----------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00051 | 0,00001 |
| C2 | 0,00053 | 0,00009 |
| C3 | 0,00053 | 0,00007 |
| C4 | 0,00051 | 0,00864 |
| C5 | 0,00026 | 0,02552 |
| C6 | 0,00046 | 0,00943 |
| C7 | 0,00077 | 0,02567 |
| C8 | 0,00049 | 0,00644 |
| C9 | 0,00034 | 0,01908 |
| C10 | 0,00049 | 0,00712 |
| C11 | 0,00071 | 0,01931 |
| C12 | 0,00031 | 0 |
| C13 | 0,00035 | 0,00864 |
| C14 | 0,00011 | 0,02552 |
| C15 | 0,00028 | 0,00943 |
| C16 | 0,00057 | 0,02567 |

| MIEMBRO 130 ÁNGULO | | |
|--------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (2) [cm] |
| C1 | 0,00058 | 0,00155 |
| C2 | 0,02461 | 0,0649 |
| C3 | 0,0186 | 0,04906 |
| C4 | 0,00071 | 0,00168 |
| C5 | 0,00171 | 0,00423 |
| C6 | 0,00079 | 0,00181 |
| C7 | 0,00164 | 0,00418 |
| C8 | 0,0186 | 0,04909 |
| C9 | 0,01867 | 0,04943 |
| C10 | 0,0186 | 0,04903 |
| C11 | 0,0186 | 0,0494 |
| C12 | 0,00035 | 0,00093 |
| C13 | 0,00052 | 0,00111 |
| C14 | 0,00158 | 0,00384 |
| C15 | 0,00063 | 0,0013 |
| C16 | 0,00152 | 0,00379 |

Tabla N° 4: Tabla cálculo gabinete C1 TIPO A.

| N° PROYECTO | NP | ALTO [mm] | ANCHO [mm] | PROFUNDIDAD [mm] | U. BATERIAS | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | U. UPS | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | U. TRANSF. | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | U. RECT. | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | PESO EQUIPOS [Kg] | DISTRIB. | COMBIN. | SC 100% [Kg] | PP [Kg] |
|----------------------|--------|--------------|---------------|---------------------|-------------|--------------|---------------|--------|--------------|---------------|------------|--------------|---------------|----------|--------------|---------------|----------------------|----------|-----------|-----------------|------------|
| 3 | 12.856 | 2.100 | 800 | 800 | 12 | 6 | 70 | 1 | 7 | 7 | 1 | 20 | 20 | 0 | 0 | 0 | 96 | A | C1 TIPO A | 96 | 192 |
| TAMAÑO DISEÑO | | 2,1 | 0,8 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| CÁLCULO DE CARGA | | | | |
|------------------|---------------|-----|------------|------|
| Equipo | Unid./Bandeja | U*P | U*P/Perfil | Kg/m |
| Baterías | 6 | 35 | 17 | 37 |
| UPS | 1 | 7 | 3,4 | 3,4 |
| Transformador | 1 | 20 | 10 | 9,9 |

| DETALLE MATERIAL BASE | | | | | | DETALLE MATERIAL BASE | | | | |
|-----------------------|----------|------|--------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|------------|------------|
| Especificaciones | | LR | Medida | Unidades | Subtotal | Especificaciones | | Cantidad | Peso total | Peso total |
| Tipo | calidad | | | | | Tipo | Calidad | | Kg | Kg |
| □40X40X3 | ASTM A36 | 2,10 | m | 4 | 8,4 | Lpleg 50x3 | ASTM A36 | 5,30 | 12 | 192 |
| □40X40X3 | ASTM A36 | 0,80 | m | 8 | 6,4 | □40X40X3 | ASTM A36 | 31,80 | 105 | |
| □40X40X3 | ASTM A36 | 1,00 | m | 13 | 13,0 | | | | | |
| □40X40X3 | ASTM A36 | 0,40 | m | 13 | 4,0 | | | | | |
| Lpleg 50x3 | ASTM A36 | 0,47 | m | 4 | 1,9 | | | | | |
| Lpleg 50x3 | ASTM A36 | 0,85 | m | 4 | 3,4 | | | | | |

| CORTE BASAL PARA CADA TIPO DE SUELO | | | |
|-------------------------------------|--------------|---|-----------------|
| Q=CIP | | Cálculo de C | |
| n | Suelo A 1 | C>A /(6g) | Cmáx |
| | Suelo B 1,33 | Suelo A 0,73 | VERDADERO 0,216 |
| | Suelo C 1,4 | Suelo B 1,94 | VERDADERO 0,240 |
| | Suelo D 1,8 | Suelo C 3,01 | VERDADERO 0,252 |
| | | Suelo D 17,27 | VERDADERO 0,288 |
| T | Suelo A 0,2 | Coeficiente relativo a la importancia, uso y riesgo de falla del edificio | |
| | Suelo B 0,35 | Edificio de categoría IV | |
| | Suelo C 0,45 | I | 1,2 |
| | Suelo D 0,85 | P (Peso) | 288 |
| T* | 0,1 | Q | |
| g | 9,81 | Suelo A | 75 |
| A _s | 3,9 | Suelo B | 83 |
| S | Suelo A 0,9 | Suelo C | 87 |
| | Suelo B 1 | Suelo D | 100 |
| | Suelo C 1,05 | Cp 2 | |
| | Suelo D 1,2 | Kd 1,35 | |
| R | 3 | FUERZA SÍSMICA HORIZONTAL | |
| R _s | 5 | F=Q Cp Kd | EHP |
| A _s /(6g) | 0,067 | Suelo A | EHXN |
| | | Suelo B | EHP |
| | | Suelo C | EHP |
| | | Suelo D | EHP |

Tabla N° 5: Diseño Perno de anclaje C1 tipo A, suelo C.

| Nudo | Fuerzas | | | | | | | Momentos | | | | | | |
|-----------------------|---------|------------|-----|------------|-----|------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|----------|
| | | Fx [Kg] | ec | Fy [Kg] | ec | Fz [Kg] | ec | Mx [Kg*m] | ec | My [Kg*m] | ec | Mz [Kg*m] | ec | |
| 1 | Max | 15,7460 | C10 | 277,3430 | C5 | 218,4480 | C16 | 1,1828 | C7 | 2,3835 | C13 | 6,2074 | C4 | |
| | Min | -43,9260 | C13 | -326,9760 | C16 | -138,8050 | C5 | -1,2125 | C13 | -2,0871 | C6 | -4,0939 | C15 | |
| 2 | Max | 59,2280 | C15 | 245,0300 | C5 | 183,0810 | C16 | 1,6455 | C7 | 2,5298 | C4 | 5,8940 | C4 | |
| | Min | -12,3820 | C8 | -230,8520 | C16 | -133,4910 | C5 | -0,7562 | C15 | -2,0121 | C15 | -4,5398 | C15 | |
| 17 | Max | 147,9820 | C6 | 599,8680 | C6 | 183,2980 | C7 | 3,0366 | C16 | 0,8053 | C5 | 4,2066 | C4 | |
| | Min | -217,5350 | C13 | -603,2350 | C13 | -161,8740 | C14 | -3,3401 | C5 | -0,6530 | C16 | -2,4920 | C15 | |
| 18 | Max | 188,0620 | C15 | 684,3770 | C4 | 157,5490 | C4 | 2,9006 | C16 | 0,7208 | C16 | 3,5307 | C13 | |
| | Min | -190,0530 | C4 | -530,3460 | C15 | -158,1980 | C14 | -3,4099 | C5 | -0,8747 | C5 | -3,2375 | C6 | |
| Máx (tracción) | | 188,0620 | | 684,3770 | | 218,4480 | | 3,0366 | | 2,5298 | | 6,2074 | | 684,377 |
| Máx (corte) | | -217,5350 | | -603,2350 | | -161,8740 | | -3,4099 | | -2,0871 | | -4,5398 | | -603,235 |

| | | | |
|------|-------------|--------------------|--------|
| Fy | 2531 | Perno 3/8" x 57 mm | |
| T | 684,377 | | |
| Dp | 0,9375 | | |
| A | 0,690291355 | | |
| Tadm | 1048,276451 | | Cumple |
| Fu | 0,652859271 | | |
| Vmáx | 603 | | |
| Fadm | 1012,4 | | |
| Fv | 873,8846228 | | |
| Fuv | 0,863181176 | | Cumple |

Tabla N° 6: Miembros con mayor deformación en elementos de Gabinete C1 tipo A, suelo C.

| MIEMBRO 4 COLUMNA | | |
|-------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00184 | 0,00001 |
| C2 | 0,00123 | 0,00001 |
| C3 | 0,00136 | 0,00001 |
| C4 | 0,00859 | 0,0001 |
| C5 | 0,00187 | 0,00002 |
| C6 | 0,0063 | 0,00012 |
| C7 | 0,00182 | 0,00013 |
| C8 | 0,00576 | 0,00008 |
| C9 | 0,00143 | 0,00001 |
| C10 | 0,00541 | 0,00009 |
| C11 | 0,00119 | 0,0001 |
| C12 | 0,00111 | 0 |
| C13 | 0,00828 | 0,0001 |
| C14 | 0,00114 | 0,00002 |
| C15 | 0,00657 | 0,00012 |
| C16 | 0,00121 | 0,00013 |

| MIEMBRO 52 VIGA | | |
|-----------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00161 | 0,00013 |
| C2 | 0,01065 | 0,00089 |
| C3 | 0,00839 | 0,0007 |
| C4 | 0,00528 | 0,0231 |
| C5 | 0,00133 | 0,00073 |
| C6 | 0,00135 | 0,00245 |
| C7 | 0,00076 | 0,00118 |
| C8 | 0,01109 | 0,0179 |
| C9 | 0,00818 | 0,00049 |
| C10 | 0,00632 | 0,00161 |
| C11 | 0,00773 | 0,00131 |
| C12 | 0,00097 | 0,00008 |
| C13 | 0,00464 | 0,02304 |
| C14 | 0,00069 | 0,00074 |
| C15 | 0,00196 | 0,0025 |
| C16 | 0,00013 | 0,00117 |

| MIEMBRO 22 ÁNGULO | | |
|-------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00578 | 0,00087 |
| C2 | 0,04013 | 0,00994 |
| C3 | 0,03154 | 0,00767 |
| C4 | 0,00573 | 0,00087 |
| C5 | 0,00586 | 0,0009 |
| C6 | 0,0058 | 0,00088 |
| C7 | 0,00569 | 0,00087 |
| C8 | 0,03151 | 0,00767 |
| C9 | 0,03161 | 0,0077 |
| C10 | 0,03156 | 0,00768 |
| C11 | 0,03148 | 0,00768 |
| C12 | 0,00347 | 0,00052 |
| C13 | 0,00342 | 0,00052 |
| C14 | 0,00356 | 0,00055 |
| C15 | 0,00349 | 0,00053 |
| C16 | 0,00339 | 0,00052 |

Tabla N° 7: Diseño miembros más solicitados de gabinete C1 tipo A, suelo C.

| | | | | Miembro | | | | 6 | 7 | 62 | 54 |
|--------------|----------------------|---------|-------|---|--------|----------------------|----------------------|----------------------|--------|----|----|
| Descripción | Sección | Miembro | Ratio | PROPIEDADES | Unidad | | | | | | |
| Ángulo | ELE 30 x 30 x 2 | 54 | 0.21 | Elemento | | Columna base | Viga | Columna base | Ángulo | | |
| Columna | Cuadrado 30 x 30 x 1 | 62 | 0.27 | Sección | | Cuadrado 30 x 30 x 1 | Cuadrado 30 x 30 x 1 | Cuadrado 30 x 30 x 1 | Ele | | |
| Columna base | Cuadrado 30 x 30 x 1 | 6 | 0.16 | CRITERIOS | | | | | | | |
| Viga | Cuadrado 30 x 30 x 1 | 78 | 0.34 | DE DISEÑO | | | | | | | |
| | | | | Longitud superior no arriostrada entre soportes laterales (LbTop) | | | | | | | |
| | | | | Eje mayor | [m] | 0,44 | 0,13 | 0,33 | 0,5 | | |
| | | | | Eje menor | | | | | | | |
| | | | | Longitud inferior no arriostrada entre soportes laterales (LbBot) | | | | | | | |
| | | | | Eje mayor | [m] | 0,44 | 0,13 | 0,33 | 0,5 | | |
| | | | | Eje menor | | | | | | | |
| | | | | Factor de longitud efectiva (K) | | | | | | | |
| | | | | Eje mayor | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,0 | | |
| | | | | Eje menor | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,0 | | |
| | | | | Factor de longitud efectiva para torsión | | | | | | | |
| | | | | Eje mayor | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,0 | | |
| | | | | Eje menor | | 1,00 | | 1,00 | | | |
| | | | | Longitud para tensión axial (L) | | | | | | | |
| | | | | Eje mayor | [m] | 0,44 | 0,13 | 0,33 | 0,5 | | |
| | | | | Eje menor | | | | | | | |
| | | | | Longitud no arriostrada de compresión (Lx, Ly) | | | | | | | |
| | | | | Eje mayor | [m] | 0,44 | 0,13 | 0,33 | 0,5 | | |
| | | | | Eje menor | [m] | 0,44 | 0,13 | 0,33 | 0,5 | | |
| | | | | Longitud para pandeo torsional y lateral torsional | | | | | | | |
| | | | | Eje mayor | [m] | 0,44 | 0,13 | 0,33 | 0,5 | | |
| | | | | Eje menor | | | | | | | |
| | | | | CONDICIONES | | | | | | | |
| | | | | Tracción [Maxima esbeltez geometrica (L/r)] | | 37,16 | 10,81 | 27,87 | 79,21 | | |
| | | | | DE SERVICIO | | | | | | | |
| | | | | Compresión [Esbeltez geometrica critica (KL/r)] | | 37,16 | 10,81 | 27,87 | 100,13 | | |
| | | | | VERIFICACIONES | | | | | | | |
| | | | | DE DISEÑO | | | | | | | |
| | | | | DISEÑO A FLEXIÓN (W= 1.67) | | | | | | | |
| | | | | Flexión alrededor del eje mayor, M33 | | | | | | | |
| | | | | Relación | | 0,13 | 0,15 | 0,19 | 0,04 | | |
| | | | | Capacidad | [Kg*m] | 19,12 | 19,12 | 19,12 | 17,35 | | |
| | | | | Demanda | [Kg*m] | -2,54 | -2,89 | 3,61 | -0,69 | | |
| | | | | Fluencia (Mp) | [Kg*m] | 31,93 | 31,93 | 31,93 | 29,13 | | |
| | | | | Pandeo lateral-torsional (LTB Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A | 28,98 | | |
| | | | | Factor de modificación para el pandeo lateral-torsional (Cb) | N/A | N/A | N/A | N/A | 2,24 | | |
| | | | | Factor lateral torsional (c) | N/A | N/A | N/A | N/A | 1 | | |
| | | | | Momento elástico de pandeo lateral-torsional (Me) | N/A | N/A | N/A | N/A | 145,22 | | |
| | | | | Pandeo local del alma (WLB Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | | |
| | | | | Pandeo local (LB Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | | |
| | | | | Pandeo local del ala (FLB Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | | |
| | | | | Parámetro de esbeltez para el ala (l) | | 27 | 27 | 27 | 15 | | |
| | | | | Límite del parámetro de esbeltez para ala compacta (lp) | | 31,79 | 31,79 | 31,79 | 15,33 | | |
| | | | | Límite del parámetro de esbeltez para ala no-compacta (lr) | | 39,74 | 39,74 | 39,74 | 25,83 | | |
| | | | | Tensión de fluencia del ala (TFY Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | | |

| VERIFICACIONES DE DISEÑO | Flexión alrededor del eje menor, M22 | | | | |
|--|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Relación | | 0 | 0,22 | 0,1 | 0,17 |
| Capacidad | [Kg*m] | 19,12 | 19,12 | 19,12 | 8,47 |
| Demanda | [Kg*m] | 0,08 | 4,3 | 1,84 | 1,48 |
| Fluencia (Mp) | [Kg*m] | 31,93 | 31,93 | 31,93 | 14,15 |
| Pandeo lateral-torsional (LTB Mn) | | | | | 14,15 |
| Momento elástico de pandeo lateral-torsional (Me) | | | | | 163,21 |
| Pandeo local del ala (FLB Mn) | | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Parámetro de esbeltez para el ala ((λ)) | | 27 | 27 | 27 | 15 |
| Límite del parámetro de esbeltez para ala compacta ((λp)) | | 31,79 | 31,79 | 31,79 | 15,33 |
| Límite del parámetro de esbeltez para ala no-compacta ((λr)) | | 39,74 | 39,74 | 39,74 | 25,83 |
| DISEÑO A CORTE | | | | | |
| Corte paralelo al eje mayor, V3 (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0 | 0,07 | 0,02 | 0,01 |
| Capacidad | [Kg] | 527,43 | 527,43 | 527,43 | 745,89 |
| Demanda | [Kg] | -0,36 | 38,6 | 9,75 | 9,89 |
| Coefficiente de corte para el alma (Cv) | [Kg] | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Coefficiente de pandeo para la placa del alma (kv) | [Kg] | 5 | 5 | 5 | 1,2 |
| Corte paralelo al eje menor, V2 (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,01 |
| Capacidad | [Kg] | 527,43 | 527,43 | 527,43 | 745,89 |
| Demanda | [Kg] | -10,29 | 12,99 | -21,59 | -6,17 |
| Coefficiente de corte para el alma (Cv) | [Kg] | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Coefficiente de pandeo para la placa del alma (kv) | [Kg] | 5 | 5 | 5 | 1,2 |
| DISEÑO A TRACCIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Capacidad | [Kg] | 1758,09 | 1758,09 | 1758,09 | 1758,09 |
| Demanda | [Kg] | 55,38 | 10,05 | 10,2 | 12,34 |
| DISEÑO A COMPRESIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0,03 | 0,02 | 0 | 0,03 |
| Capacidad | [Kg] | 1634,82 | 1747,3 | 1687,65 | 1005,29 |
| Demanda | [Kg] | -45,94 | -30,69 | -4,33 | -27,76 |
| Parámetro de esbeltez para el alma ((λw)) | -- | 27 | 27 | 27 | 15 |
| Límite no-compacto para el alma ((λrw)) | -- | 39,74 | 39,74 | 39,74 | 12,77 |
| Parámetro de esbeltez para el ala ((λf)) | -- | 27 | 27 | 27 | 15 |
| Límite no-compacto para el ala ((λrf)) | -- | 39,74 | 39,74 | 39,74 | 12,77 |
| Esfuerzo elástico flexional (Fex) | [Kg/m2] | 1,45735E+14 | 1,72206E+15 | 2,59084E+14 | 2,00692E+13 |
| Esfuerzo elástico flexional (Fey) | [Kg/m2] | 1,45735E+14 | 1,72206E+15 | 2,59084E+14 | 2,00692E+13 |
| Esfuerzo al pandeo elástico torsional (Fez) | [Kg/m2] | 6,06633E+15 | 6,06633E+15 | 6,06633E+15 | 3,87741E+13 |
| Esfuerzo elástico crítico flexional-torsional (Fe) | [Kg/m2] | 1,45735E+14 | 1,72206E+15 | 2,59084E+14 | 1,44727E+13 |
| Esfuerzo crítico al pandeo flexional (Fcr) | [Kg/m2] | 2,35358E+12 | 2,51552E+13 | 2,42963E+13 | 1,44727E+13 |
| Esfuerzo crítico al pandeo flexional-torsional (FcrTor) | [Kg/m2] | 2,35358E+12 | 2,51552E+13 | 2,42963E+13 | |
| Factor de reducción en elementos esbeltos no atiesados (Qs) | -- | 1 | 1 | 1 | 0,94 |
| Factor de reducción en elementos esbeltos atiesados (Qa) | -- | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Area efectiva a esfuerzo uniforme (Aeff) | [cm2] | 1,16 | 1,16 | 1,16 | 1,16 |
| DISEÑO A TORSIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0 |
| Capacidad | [Kg*m] | 15,3 | 15,3 | 15,3 | 0,7 |
| Demanda | [Kg*m] | 0,23 | 0,37 | -0,15 | 0 |
| Tensión crítica (Fcr) | [Kg/m2] | 1,51862E+13 | 1,52E+13 | 1,51862E+13 | 1,51862E+13 |

Tabla N° 8: Diseño Perno de anclaje C1 tipo A, suelo D.

| Nudo | | Fuerzas | | | | | | Momentos | | | | | |
|-----------------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|---------|
| | | Fx [Kg] | ec | Fy [Kg] | ec | Fz [Kg] | ec | Mx [Kg*m] | ec | My [Kg*m] | ec | Mz [Kg*m] | ec |
| 1 | Max | 16,7980 | C10 | 316,0290 | C5 | 253,1480 | C16 | 1,3410 | C7 | 2,7571 | C13 | 7,1615 | C4 |
| | Min | -51,0170 | C13 | -379,6690 | C16 | -158,3370 | C5 | -1,4133 | C13 | -2,3869 | C6 | -4,7041 | C15 |
| 2 | Max | 68,3680 | C15 | 278,4350 | C5 | 212,3630 | C16 | 1,8743 | C7 | 2,9073 | C4 | 6,8000 | C4 |
| | Min | -13,0140 | C8 | -268,9430 | C16 | -152,1700 | C5 | -0,88295 | C15 | -2,3185 | C15 | -5,2164 | C15 |
| 17 | Max | 168,4010 | C6 | 682,0740 | C6 | 209,6160 | C7 | 3,5220 | C16 | 0,9277 | C5 | 4,8280 | C4 |
| | Min | -252,0070 | C13 | -700,4630 | C13 | -187,9060 | C14 | -3,8236 | C5 | -0,7544 | C16 | -2,8781 | C15 |
| 18 | Max | 217,0370 | C15 | 782,2270 | C4 | 179,8640 | C4 | 3,3655 | C16 | 0,8327 | C16 | 4,0889 | C13 |
| | Min | -217,6280 | C4 | -613,6540 | C15 | -183,6900 | C14 | -3,9035 | C5 | -1,0076 | C5 | -3,6956 | C6 |
| Máx (tracción) | | 217,0370 | | 782,2270 | | 253,1480 | | 3,5220 | | 2,9073 | | 7,1615 | 782,227 |
| Máx (corte) | | 252,0070 | | | | 253,1480 | | | | | | | 253,148 |

| | | |
|------|-------------|--------------------|
| Fy | 2531 | |
| T | 782,227 | |
| Dp | 0,9375 | Perno 3/8" x 57 mm |
| A | 0,690291355 | |
| Tadm | 1048,276451 | Cumple |
| Fu | 0,746202969 | |
| Vmáx | 253 | |
| Fadm | 1012,4 | |
| Fv | 366,7263081 | |
| Fuv | 0,362234599 | Cumple |

Tabla N° 9: Miembros con mayor deformación en elementos de C1 tipo A, suelo D.

| MIEMBRO 4 COLUMNA | | |
|-------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | @(%) |
| C1 | 0,00184 | 0,00001 |
| C2 | 0,00123 | 0,00001 |
| C3 | 0,00136 | 0,00001 |
| C4 | 0,00979 | 0,00012 |
| C5 | 0,00187 | 0,00002 |
| C6 | 0,00733 | 0,00014 |
| C7 | 0,00185 | 0,00015 |
| C8 | 0,00666 | 0,00009 |
| C9 | 0,00144 | 0,00001 |
| C10 | 0,00619 | 0,0001 |
| C11 | 0,00117 | 0,00011 |
| C12 | 0,00111 | 0 |
| C13 | 0,00949 | 0,00012 |
| C14 | 0,00116 | 0,00002 |
| C15 | 0,00761 | 0,00014 |
| C16 | 0,00128 | 0,00015 |

| MIEMBRO 52 VIGA | | |
|-----------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00161 | 0,00013 |
| C2 | 0,01065 | 0,00089 |
| C3 | 0,00839 | 0,0007 |
| C4 | 0,00585 | 0,02663 |
| C5 | 0,00129 | 0,00084 |
| C6 | 0,00177 | 0,00283 |
| C7 | 0,00063 | 0,00136 |
| C8 | 0,01151 | 0,02055 |
| C9 | 0,00815 | 0,0005 |
| C10 | 0,00602 | 0,00188 |
| C11 | 0,00763 | 0,00142 |
| C12 | 0,00097 | 0,00008 |
| C13 | 0,00521 | 0,02658 |
| C14 | 0,00065 | 0,00086 |
| C15 | 0,00239 | 0,00288 |
| C16 | 0,00015 | 0,00135 |

| MIEMBRO 23 ÁNGULO | | |
|-------------------|----------------|------------------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | @(%) Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00085 | 0,0059 |
| C2 | 0,00975 | 0,04029 |
| C3 | 0,00752 | 0,0317 |
| C4 | 0,00092 | 0,00594 |
| C5 | 0,00087 | 0,00601 |
| C6 | 0,0008 | 0,00585 |
| C7 | 0,00088 | 0,0058 |
| C8 | 0,00757 | 0,03172 |
| C9 | 0,00754 | 0,03177 |
| C10 | 0,00749 | 0,03166 |
| C11 | 0,00754 | 0,03162 |
| C12 | 0,00051 | 0,00354 |
| C13 | 0,00058 | 0,00358 |
| C14 | 0,00053 | 0,00365 |
| C15 | 0,00047 | 0,00349 |
| C16 | 0,00054 | 0,00344 |

Tabla N° 10: Diseño miembros más solicitados de gabinete C1 tipo A, suelo D.

| Descripción | Sección | Miembro | Ratio | PROPIEDADES | Miembro | | | | | |
|--------------|----------------------|---------|-------|-----------------------|---|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------|--------|
| | | | | | Unidad | 6 | 78 | 62 | 54 | |
| Ángulo | ELE 30 x 30 x 2 | 54 | 0.24 | Elemento | | Columna base | Viga | Columna base | Ángulo | |
| Columna | Cuadrado 30 x 30 x 1 | 62 | 0.31 | Sección | | Cuadrado 30 x 30 x 1 | Cuadrado 30 x 30 x 1 | Cuadrado 30 x 30 x 1 | Ele 30 x 30 x 2 | |
| Columna base | Cuadrado 30 x 30 x 1 | 6 | 0.19 | CRITERIOS | Longitud superior no arriostrada entre soportes laterales (LbTop) | | | | | |
| Viga | Cuadrado 30 x 30 x 1 | 78 | 0.39 | DE DISEÑO | Eje mayor | [m] | 0,44 | 0,13 | 0,33 | 0,5 |
| | | | | | Eje menor | | | | | |
| | | | | | Longitud inferior no arriostrada entre soportes laterales (LbBot) | | | | | |
| | | | | | Eje mayor | [m] | 0,44 | 0,13 | 0,33 | 0,5 |
| | | | | | Eje menor | | | | | |
| | | | | | Factor de longitud efectiva (K) | | | | | |
| | | | | | Eje mayor | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,0 |
| | | | | | Eje menor | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,0 |
| | | | | | Factor de longitud efectiva para torsión | | | | | |
| | | | | | Eje mayor | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,0 |
| | | | | | Eje menor | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,0 |
| | | | | | Longitud para tensión axial (L) | | | | | |
| | | | | | Eje mayor | [m] | 0,44 | 0,13 | 0,33 | 0,5 |
| | | | | | Eje menor | | | | | |
| | | | | | Longitud no arriostrada de compresión (Lx, Ly) | | | | | |
| | | | | | Eje mayor | [m] | 0,44 | 0,13 | 0,33 | 0,5 |
| | | | | | Eje menor | [m] | 0,44 | 0,13 | 0,33 | 0,5 |
| | | | | | Longitud para pandeo torsional y lateral torsional | | | | | |
| | | | | | Eje mayor | [m] | 0,44 | 0,13 | 0,33 | 0,5 |
| | | | | | Eje menor | | | | | |
| | | | | CONDICIONES | Tracción [Máxima esbeltez geometrica (L/r)] | | 37,16 | 10,81 | 27,87 | 79,21 |
| | | | | DE SERVICIO | Compresión [Esbeltez geometrica crítica (KL/r)] | | 37,16 | 10,81 | 27,87 | 100,13 |
| | | | | VERIFICACIONES | DISEÑO A FLEXIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| | | | | DE DISEÑO | Flexión alrededor del eje mayor, M33 | | | | | |
| | | | | | Relación | | 0,15 | 0,17 | 0,22 | 0,04 |
| | | | | | Capacidad | [Kg*m] | 19,12 | 19,12 | 19,12 | 17,38 |
| | | | | | Demanda | [Kg*m] | -2,94 | -3,3 | 4,15 | -0,76 |
| | | | | | Fluencia (Mp) | [Kg*m] | 31,93 | 31,93 | 31,93 | 29,13 |
| | | | | | Pandeo lateral-torsional (LTB Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A | 29,02 |
| | | | | | Factor de modificación para el pandeo lateral-torsional (Cb) | N/A | N/A | N/A | N/A | 2,25 |
| | | | | | Factor lateral torsional (c) | N/A | N/A | N/A | N/A | 1 |
| | | | | | Momento elástico de pandeo lateral-torsional (Me) | N/A | N/A | N/A | N/A | 146,52 |
| | | | | | Pandeo local del alma (WLB Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | | | | | Pandeo local (LB Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | | | | | Pandeo local del ala (FLB Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | | | | | Parámetro de esbeltez para el ala (l) | | 27 | 27 | 27 | 15 |
| | | | | | Límite del parámetro de esbeltez para ala compacta (lp) | | 31,79 | 31,79 | 31,79 | 15,33 |
| | | | | | Límite del parámetro de esbeltez para ala no-compacta (lr) | | 39,74 | 39,74 | 39,74 | 25,83 |
| | | | | | Tensión de fluencia del ala (TFY Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |

| | | | | | | |
|--|--|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| VERIFICACIONES DE DISEÑO | Flexión alrededor del eje menor, M22 | | | | | |
| | Relación | | 0 | 0,26 | 0,11 | 0,2 |
| | Capacidad | [Kg*m] | 19,12 | 19,12 | 19,12 | 8,47 |
| | Demanda | [Kg*m] | 0,09 | 4,96 | 2,11 | 1,7 |
| | Fluencia (Mp) | [Kg*m] | 31,93 | 31,93 | 31,93 | 14,15 |
| | Pandeo lateral-torsional (LTB Mn) | | N/A | N/A | N/A | 14,15 |
| | Momento elástico de pandeo lateral-torsional (Me) | | N/A | N/A | N/A | 163,21 |
| | Pandeo local del ala (FLB Mn) | | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | Parámetro de esbeltez para el ala ((λ)) | | 27 | 27 | 27 | 15 |
| | Límite del parámetro de esbeltez para ala compacta ((λp)) | | 31,79 | 31,79 | 31,79 | 15,33 |
| | Límite del parámetro de esbeltez para ala no-compacta ((λr)) | | 39,74 | 39,74 | 39,74 | 25,83 |
| | DISEÑO A CORTE | | | | | |
| | Corte paralelo al eje mayor, V3 (W= 1.67) | | | | | |
| | Relación | | 0 | 0,08 | 0,02 | 0,01 |
| | Capacidad | [Kg] | 527,43 | 527,43 | 527,43 | 745,89 |
| | Demanda | [Kg] | -0,43 | 44,51 | 10,77 | 9,89 |
| | Coefficiente de corte para el alma (Cv) | [Kg] | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Coefficiente de pandeo para la placa del alma (kv) | [Kg] | 5 | 5 | 5 | 1,2 |
| | Corte paralelo al eje menor, V2 (W= 1.67) | | | | | |
| | Relación | | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,01 |
| | Capacidad | [Kg] | 527,43 | 527,43 | 527,43 | 745,89 |
| | Demanda | [Kg] | -11,84 | 14,21 | -24,86 | -7,12 |
| Coefficiente de corte para el alma (Cv) | [Kg] | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Coefficiente de pandeo para la placa del alma (kv) | [Kg] | 5 | 5 | 5 | 1,2 | |
| DISEÑO A TRACCIÓN (W= 1.67) | | | | | | |
| Relación | | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | |
| Capacidad | [Kg] | 1758,09 | 1758,09 | 1758,09 | 1758,09 | |
| Demanda | [Kg] | 64,15 | 11,6 | 10,98 | 14,14 | |
| DISEÑO A COMPRESIÓN (W= 1.67) | | | | | | |
| Relación | | 0,03 | 0,02 | 0 | 0,03 | |
| Capacidad | [Kg] | 1634,82 | 1747,3 | 1687,65 | 1005,29 | |
| Demanda | [Kg] | -52,57 | -35,4 | -4,99 | -32,06 | |
| Parámetro de esbeltez para el alma (λw) | -- | 27 | 27 | 27 | 15 | |
| Límite no-compacto para el alma ((λrw)) | -- | 39,74 | 39,74 | 39,74 | 12,77 | |
| Parámetro de esbeltez para el ala ((λf)) | -- | 27 | 27 | 27 | 15 | |
| Límite no-compacto para el ala ((λrf)) | -- | 39,74 | 39,74 | 39,74 | 12,77 | |
| Esfuerzo elástico flexional (Fex) | [Kg/m2] | 1,45735E+14 | 1,72206E+15 | 2,59084E+14 | 2,00692E+13 | |
| Esfuerzo elástico flexional (Fey) | [Kg/m2] | 1,45735E+14 | 1,72206E+15 | 2,59084E+14 | 2,00692E+13 | |
| Esfuerzo al pandeo elástico torsional (Fez) | [Kg/m2] | 6,06633E+15 | 6,06633E+15 | 6,06633E+15 | 3,87741E+13 | |
| Esfuerzo elástico crítico flexional-torsional (Fec) | [Kg/m2] | 1,45735E+14 | 1,72206E+15 | 2,59084E+14 | | |
| Esfuerzo crítico al pandeo flexional (Fcr) | [Kg/m2] | 2,35358E+12 | 2,51552E+13 | 2,42963E+13 | 1,44727E+13 | |
| Esfuerzo crítico al pandeo flexional-torsional (FcrTor) | [Kg/m2] | 2,35358E+12 | 2,51552E+13 | 2,42963E+13 | | |
| Factor de reducción en elementos esbeltos no atesados (Qs) | -- | 1 | 1 | 1 | 0,94 | |
| Factor de reducción en elementos esbeltos atesados (Qa) | -- | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Area efectiva a esfuerzo uniforme (Aeff) | [cm2] | 1,16 | 1,16 | 1,16 | 1,16 | |
| DISEÑO A TORSIÓN (W= 1.67) | | | | | | |
| Relación | | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0 | |
| Capacidad | [Kg*m] | 15,3 | 15,3 | 15,3 | 0,7 | |
| Demanda | [Kg*m] | 0,27 | 0,39 | -0,17 | 0 | |
| Tensión crítica (Fcr) | [Kg/m2] | 1,51862E+13 | 1,52E+13 | 1,51862E+13 | 1,51862E+13 | |

Tabla N° 11: Tabla cálculo gabinete C1 TIPO B.

| N° PROYECTO | NP | ALTO [mm] | ANCHO [mm] | PROFUNDIDAD [mm] | U. BATERIAS | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | U. UPS | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | U. TRANSF. | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | U. RECT. | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | PESO EQUIPOS [Kg] | DISTRIB. | COMBIN. | SC 100% [Kg] | PP [Kg] |
|----------------------|-------|-----------|------------|------------------|-------------|-----------|------------|--------|-----------|------------|------------|-----------|------------|----------|-----------|------------|-------------------|----------|-----------|--------------|---------|
| 11 | 13594 | 2100 | 600 | 850 | 20 | 6 | 110 | 1 | 23 | 23 | 2 | 94 | 94 | 0 | 0 | 0 | 320 | B | C1 TIPO B | 320 | 255 |
| TAMAÑO DISEÑO | | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| CÁLCULO DE CARGA | | | | |
|------------------|--------------|-----|------------|------|
| Equipo | Inid./Bandej | U*P | U*P/Perfil | Kg/m |
| Baterías | 7 | 37 | 18 | 18 |
| UPS | 1 | 23 | 11,5 | 11,5 |
| Transformador | 2 | | | 94 |

| DETALLE MATERIAL BASE | | | | | | DETALLE MATERIAL BASE | | | | |
|-----------------------|----------|------|--------|----------|----------|-----------------------|----------|------------|------------|------------|
| Especificaciones | calidad | LR | Medida | Unidades | Subtotal | Especificaciones | Cantidad | Peso total | Peso total | Peso total |
| Tipo | | | | | | Tipo | | Kg | Kg | Kg |
| □40X40X3 | ASTM A36 | 2,10 | m | 4 | 8,4 | Lpleg 50x3 | 10,00 | 22,40 | 255,00 | |
| □40X40X3 | ASTM A36 | 0,80 | m | 8 | 6,4 | □40X40X3 | 22,80 | 75,24 | | |
| □40X40X3 | ASTM A36 | 1,00 | m | 8 | 8,0 | | | | | |
| Lpleg 50x3 | ASTM A36 | 1,00 | m | 10 | 10,0 | | | | | |

| CORTE BASAL PARA CADA TIPO DE SUELO | | | |
|---|--------------|--------------|-------|
| Q=CIP | | Cálculo de C | |
| n | Suelo A 1 | C>A /(6g) | Cmáx |
| | Suelo B 1,33 | VERDADERO | 0,216 |
| | Suelo C 1,4 | VERDADERO | 0,240 |
| | Suelo D 1,8 | VERDADERO | 0,252 |
| | | VERDADERO | 0,288 |
| Coeficiente relativo a la importancia, uso y riesgo de falla del edificio | | | |
| Edificio de categoría IV | | | |
| I | | 1,2 | |
| P (Peso) | | 575,20 | |
| Q | Suelo A | 149,09 | |
| | Suelo B | 165,66 | |
| | Suelo C | 173,94 | |
| | Suelo D | 198,79 | |
| Cp | | 2 | |
| Kd | | 1,35 | |
| FUERZA SISMICA HORIZONTAL | | | |
| F=Q Cp Kd | EHXP | EHXN | EHZP |
| Suelo A | 402,55 | 67 | 67 |
| Suelo B | 447,28 | 75 | 75 |
| Suelo C | 469,64 | 78 | 78 |
| Suelo D | 536,73 | 89 | 89 |
| | | 67 | 67 |
| | | 75 | 75 |
| | | 78 | 78 |
| | | 89 | 89 |

Tabla N° 12: Diseño Perno de anclaje C1 tipo B, suelo C.

| Nudo | Fuerzas | | | | | | | Momentos | | | | | | |
|-----------------------|---------|------------|-----|-------------|-----|------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----------|--|
| | | Fx [Kg] | ec | Fy [Kg] | ec | Fz [Kg] | ec | Mx [Kg*m] | ec | My [Kg*m] | ec | Mz [Kg*m] | ec | |
| 1 | Max | 57,1180 | C10 | 715,3310 | C5 | 309,6980 | C16 | 2,6195 | C7 | 3,6558 | C13 | 7,3406 | C4 | |
| | Min | -131,7430 | C13 | -648,7330 | C16 | -209,8550 | C5 | -2,5948 | C13 | -3,8568 | C6 | -6,6423 | C15 | |
| 2 | Max | 131,6000 | C15 | 718,2770 | C5 | 305,1870 | C16 | 2,5896 | C7 | 3,2672 | C4 | 6,6468 | C4 | |
| | Min | -56,9400 | C8 | -652,0480 | C16 | -205,7330 | C5 | -2,5711 | C15 | -3,0657 | C15 | -7,3273 | C15 | |
| 17 | Max | 204,1480 | C6 | 1.795,6740 | C6 | 201,4310 | C7 | 3,0145 | C16 | 3,7692 | C5 | 3,0367 | C4 | |
| | Min | -298,1430 | C13 | -1.695,4980 | C13 | -301,4210 | C14 | -2,9578 | C5 | -3,5792 | C16 | -2,8170 | C15 | |
| 18 | Max | 293,6180 | C15 | 1.791,2250 | C4 | 186,7530 | C4 | 3,0530 | C16 | 3,0036 | C16 | 2,8315 | C13 | |
| | Min | -199,7850 | C4 | -1.691,2050 | C15 | -286,7940 | C14 | -2,9988 | C5 | -3,1941 | C5 | -3,0478 | C6 | |
| Máx (tracción) | | 293,6180 | | 1.795,6740 | | 309,6980 | | | | | | | 1.795,674 | |
| Máx (corte) | | 298,1430 | | | | 309,6980 | | | | | | | 309,698 | |

| | | | |
|------|-------------|--------------------|--------|
| Fy | 2531 | Perno 1/2" x 57 mm | |
| T | 1.795,674 | | |
| Dp | 1,25 | | |
| A | 1,22718463 | | |
| Tadm | 1863,60258 | | Cumple |
| Fu | 0,963549858 | | |
| Vmáx | 310 | | |
| Fadm | 1012,4 | | |
| Fv | 252,3646339 | | |
| Fuv | 0,249273641 | | Cumple |

Tabla N° 13: Miembros con mayor deformación en elementos de C1 tipo B, suelo C.

| MIEMBRO 2 COLUMNA | | |
|-------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00054 | 0,00001 |
| C2 | 0,00805 | 0,00007 |
| C3 | 0,00617 | 0,00006 |
| C4 | 0,02699 | 0,00074 |
| C5 | 0,00116 | 0,00045 |
| C6 | 0,02824 | 0,00075 |
| C7 | 0,00071 | 0,00056 |
| C8 | 0,01973 | 0,00052 |
| C9 | 0,0065 | 0,0003 |
| C10 | 0,02182 | 0,0006 |
| C11 | 0,00587 | 0,00046 |
| C12 | 0,00032 | 0 |
| C13 | 0,02702 | 0,00074 |
| C14 | 0,00101 | 0,00046 |
| C15 | 0,02821 | 0,00075 |
| C16 | 0,00073 | 0,00056 |

| MIEMBRO 21 VIGA | | |
|-----------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00425 | 0 |
| C2 | 0,00423 | 0 |
| C3 | 0,00424 | 0 |
| C4 | 0,03006 | 0,00022 |
| C5 | 0,00423 | 0,00002 |
| C6 | 0,03005 | 0,00022 |
| C7 | 0,00426 | 0,00012 |
| C8 | 0,02316 | 0,00016 |
| C9 | 0,00423 | 0,00001 |
| C10 | 0,02314 | 0,00016 |
| C11 | 0,00425 | 0,00009 |
| C12 | 0,00255 | 0 |
| C13 | 0,02908 | 0,00022 |
| C14 | 0,00253 | 0,00002 |
| C15 | 0,02907 | 0,00022 |
| C16 | 0,00256 | 0,00012 |

| MIEMBRO 67 ÁNGULO | | |
|-------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00577 | 0,00168 |
| C2 | 0,14636 | 0,04584 |
| C3 | 0,11121 | 0,0348 |
| C4 | 0,00573 | 0,00202 |
| C5 | 0,00574 | 0,00669 |
| C6 | 0,00583 | 0,00203 |
| C7 | 0,00664 | 0,00669 |
| C8 | 0,11119 | 0,0348 |
| C9 | 0,1109 | 0,03538 |
| C10 | 0,11124 | 0,0348 |
| C11 | 0,11166 | 0,03535 |
| C12 | 0,00346 | 0,00101 |
| C13 | 0,00344 | 0,00148 |
| C14 | 0,00362 | 0,00635 |
| C15 | 0,00354 | 0,00149 |
| C16 | 0,00449 | 0,00635 |

Tabla N° 14: Diseño miembros más solicitados de gabinete C1 tipo B, suelo C.

| | | | | Miembro | | 11 | 39 | 53 |
|---------------------------------|----------------------|---------|-------|---|----------|----------------------|----------------------|-----------------|
| Descripción | Sección | Miembro | Ratio | PROPIEDADES | Unidad | | | |
| Ángulo | ELE 25 x 25 x 3 | 53 | 0.57 | | Elemento | Columna base | Viga | Ángulo |
| Columna base | Cuadrado 25 x 25 x 2 | 11 | 0.47 | | Sección | Cuadrado 25 x 25 x 2 | Cuadrado 25 x 25 x 2 | ELE 25 x 25 x 3 |
| Viga | Cuadrado 25 x 25 x 2 | 39 | 0.48 | | | | | |
| | | | | CRITERIOS DE DISEÑO | | | | |
| | | | | Longitud superior no arriostrada entre soportes laterales (LbTop) | [m] | 0,6 | 0,11 | 1,0 |
| | | | | Eje mayor | | | | |
| | | | | Eje menor | | | | |
| | | | | Longitud inferior no arriostrada entre soportes laterales (LbBot) | [m] | 0,6 | 0,11 | 1,0 |
| | | | | Eje mayor | | | | |
| | | | | Eje menor | | | | |
| | | | | Factor de longitud efectiva (K) | | | | |
| | | | | Eje mayor | | 1,00 | 1,00 | 1,0 |
| | | | | Eje menor | | 1,00 | 1,00 | 1,0 |
| | | | | Factor de longitud efectiva para torsión | | | | |
| | | | | Eje mayor | | 1,00 | 1,00 | 1,0 |
| | | | | Eje menor | | 1,00 | | |
| | | | | Longitud para tensión axial (L) | [m] | 0,6 | 0,11 | 1,0 |
| | | | | Eje mayor | | | | |
| | | | | Eje menor | | | | |
| | | | | Longitud no arriostrada de compresión (Lx, Ly) | [m] | 0,6 | 0,11 | 1,0 |
| | | | | Eje mayor | [m] | 0,6 | 0,11 | 1,0 |
| | | | | Eje menor | [m] | 0,6 | 0,11 | 1,0 |
| | | | | Longitud para pandeo torsional y lateral torsional | [m] | 0,6 | 0,11 | 1,0 |
| | | | | Eje mayor | | | | |
| | | | | Eje menor | | | | |
| CONDICIONES DE SERVICIO | | | | Tracción [Máxima esbeltez geométrica (L/r)] | | 63,84 | 11,92 | 206,79 |
| | | | | Compresión [Esbeltez geométrica crítica (KL/r)] | | 63,84 | 11,92 | 176,42 |
| VERIFICACIONES DE DISEÑO | | | | DISEÑO A FLEXIÓN (W= 1.67) | | | | |
| | | | | Flexión alrededor del eje mayor, M33 | | | | |
| | | | | Relación | | 0,46 | 0,28 | 0,11 |
| | | | | Capacidad | [Kg*m] | 24,05 | 24,05 | 16,03 |
| | | | | Demanda | [Kg*m] | 10,97 | -6,74 | -1,8 |
| | | | | Fluencia (Mp) | [Kg*m] | 40,17 | 40,17 | 27,99 |
| | | | | Pandeo lateral-torsional (LTB Mn) | N/A | N/A | | 26,77 |
| | | | | Factor de modificación para el pandeo lateral-torsional (Cb) | N/A | N/A | | 2,05 |
| | | | | Factor lateral torsional (c) | N/A | N/A | | 1 |
| | | | | Momento elástico de pandeo lateral-torsional (Me) | N/A | N/A | | 108,42 |
| | | | | Pandeo local del alma (WLB Mn) | N/A | N/A | N/A | |
| | | | | Pandeo local (LB Mn) | N/A | N/A | N/A | |
| | | | | Pandeo local del ala (FLB Mn) | N/A | N/A | N/A | |
| | | | | Parámetro de esbeltez para el ala (l) | | 9,5 | 9,5 | 8,33 |
| | | | | Límite del parámetro de esbeltez para ala compacta (lp) | | 31,79 | 31,79 | 15,33 |
| | | | | Límite del parámetro de esbeltez para ala no-compacta (lr) | | 39,74 | 39,74 | 25,83 |
| | | | | Tensión de fluencia del ala (TFY Mn) | N/A | N/A | N/A | |

| | | | | | |
|---|--|-------------|-------------|----------|--------|
| VERIFICACIONES DE DISEÑO | Flexión alrededor del eje menor, M22 | | | | |
| | Relación | | 0 | 0,27 | 0,48 |
| | Capacidad | [Kg*m] | 24,05 | 24,05 | 8 |
| | Demanda | [Kg*m] | -0,03 | -6,53 | -3,87 |
| | Fluencia (Mp) | [Kg*m] | 40,17 | 40,17 | 13,36 |
| | Pandeo lateral-torsional (LTB Mn) | | N/A | N/A | 13,36 |
| | Momento elástico de pandeo lateral-torsional (Me) | | N/A | N/A | 118,66 |
| | Pandeo local del ala (FLB Mn) | | N/A | N/A | N/A |
| | Parámetro de esbeltez para el ala ((λ)) | | 9,5 | 9,5 | 8,33 |
| | Límite del parámetro de esbeltez para ala compacta ((λp)) | | 31,79 | 31,79 | 15,33 |
| | Límite del parámetro de esbeltez para ala no-compacta ((λr)) | | 39,74 | 39,74 | 25,83 |
| | DISEÑO A CORTE | | | | |
| | Corte paralelo al eje mayor, V3 (W= 1.67) | | | | |
| | Relación | | 0 | 0,09 | 0,01 |
| | Capacidad | [Kg] | 836,61 | 836,61 | 906,65 |
| | Demanda | [Kg] | -0,16 | -78,46 | -7,29 |
| | Coefficiente de corte para el alma (Cv) | [Kg] | 1 | 1 | 1 |
| | Coefficiente de pandeo para la placa del alma (kv) | [Kg] | 5 | 5 | 1,2 |
| | Corte paralelo al eje menor, V2 (W= 1.67) | | | | |
| | Relación | | 0,04 | 0,04 | 0,01 |
| | Capacidad | [Kg] | 836,61 | 836,61 | 906,65 |
| | Demanda | [Kg] | -34,72 | -34,06 | 10,47 |
| Coefficiente de corte para el alma (Cv) | [Kg] | 1 | 1 | 1 | |
| Coefficiente de pandeo para la placa del alma (kv) | [Kg] | 5 | 5 | 1,2 | |
| DISEÑO A TRACCIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0,01 | 0,01 | 0 | |
| Capacidad | [Kg] | 2788,69 | 2788,69 | 2136,98 | |
| Demanda | [Kg] | 16,61 | 17,3 | 2,05 | |
| DISEÑO A COMPRESIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0,01 | 0,03 | 0,08 | |
| Capacidad | [Kg] | 2250,2 | 2767,92 | 478,75 | |
| Demanda | [Kg] | -19,06 | -70,35 | -36,89 | |
| Parámetro de esbeltez para el alma ((λw)) | -- | 9,5 | 9,5 | 8,33 | |
| Límite no-compacto para el alma ((λrw)) | -- | 39,74 | 39,74 | 12,77 | |
| Parámetro de esbeltez para el ala ((λf)) | -- | 9,5 | 9,5 | 8,33 | |
| Límite no-compacto para el ala ((λrf)) | -- | 39,74 | 39,74 | 12,77 | |
| Esfuerzo elástico flexional (Fex) | [Kg/m2] | 4,9376E+11 | 1,41704E+15 | 6465544 | |
| Esfuerzo elástico flexional (Fey) | [Kg/m2] | 4,9376E+11 | 1,41704E+15 | 6465544 | |
| Esfuerzo al pandeo elástico torsional (Fez) | [Kg/m2] | 6,05668E+15 | 6,05668E+15 | 1,32E+14 | |
| Esfuerzo elástico crítico flexional-torsional (Fe) | [Kg/m2] | 4,9376E+11 | 1,41704E+15 | | |
| Esfuerzo crítico al pandeo flexional (Fcr) | [Kg/m2] | 2,0423E+13 | 2,51219E+13 | 5670283 | |
| Esfuerzo crítico al pandeo flexional-torsional (FcrTor) | [Kg/m2] | 2,0423E+13 | 2,51219E+13 | | |
| Factor de reducción en elementos esbeltos no atiesados (Qs) | -- | 1 | 1 | 1 | |
| Factor de reducción en elementos esbeltos atiesados (Qa) | -- | 1 | 1 | 1 | |
| Area efectiva a esfuerzo uniforme (Aeff) | [cm2] | 1,84 | 1,84 | 1,41 | |
| DISEÑO A TORSIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0,03 | 0,15 | 0 | |
| Capacidad | [Kg*m] | 19,24 | 19,24 | 1,28 | |
| Demanda | [Kg*m] | 0,58 | -2,82 | 0 | |
| Tensión crítica (Fcr) | [Kg/m2] | 1,51862E+13 | 1,52E+13 | 1,52E+13 | |

Tabla N° 15: Diseño Perno de anclaje C1 tipo B, suelo D.

| Nudo | Fuerzas | | | | | | | Momentos | | | | | | |
|-------------------------|---------|------------|-----|-------------|-----|------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|------------|--|
| | | Fx [Kg] | ec | Fy [Kg] | ec | Fz [Kg] | ec | Mx [Kg*m] | ec | My [Kg*m] | ec | Mz [Kg*m] | ec | |
| 1 | Max | 61,6340 | C10 | 819,4420 | C5 | 353,3480 | C16 | 3,3668 | C7 | 2,7887 | C13 | 7,0875 | C4 | |
| | Min | -150,2340 | C13 | -753,0730 | C16 | -238,9970 | C5 | -3,3270 | C13 | -2,9786 | C6 | -6,4487 | C15 | |
| 2 | Max | 150,0600 | C15 | 823,1150 | C5 | 348,2810 | C16 | 3,3475 | C7 | 2,5371 | C4 | 6,4514 | C4 | |
| | Min | -61,4360 | C8 | -757,1550 | C16 | -234,3680 | C5 | -3,3146 | C15 | -2,3448 | C15 | -7,0738 | C15 | |
| 17 | Max | 235,2730 | C6 | 2.065,2790 | C6 | 229,4900 | C7 | 3,7991 | C16 | 2,9342 | C5 | 3,7903 | C4 | |
| | Min | -342,7180 | C13 | -1.966,9130 | C13 | -344,0790 | C14 | -3,7375 | C5 | -2,7519 | C16 | -3,5512 | C15 | |
| 18 | Max | 337,5110 | C15 | 2.060,1310 | C4 | 212,8030 | C4 | 3,8338 | C16 | 2,3181 | C16 | 3,5611 | C13 | |
| | Min | -230,2280 | C4 | -1.961,9410 | C15 | -327,4640 | C14 | -3,7752 | C5 | -2,5028 | C5 | -3,7966 | C6 | |
| Máx (tracción) | | 337,5110 | | 2.065,2790 | | 353,3480 | | | | | | | 2.065,279 | |
| Mín (compresión) | | -342,7180 | 0 | -1.966,9130 | | -344,0790 | | | | | | | -1.966,913 | |
| Máx (corte) | | 342,7180 | | | | 353,3480 | | | | | | | 353,348 | |

| | | |
|------|-------------|--------------------|
| Fy | 2531 | |
| T | 2.065,279 | |
| Dp | 1,5625 | Perno 5/8" x 57 mm |
| A | 1,917475985 | |
| Tadm | 2911,879031 | Cumple |
| Fu | 0,70925989 | |
| Vmáx | 1.967 | |
| Fadm | 1012,4 | |
| Fv | 1025,782339 | |
| Fuv | 1,01321843 | Cumple |

Tabla N° 16: Miembros con mayor deformación en elementos de C1 tipo B, suelo D.

| MIEMBRO 14 COLUMNA | | |
|--------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00048 | 0,00001 |
| C2 | 0,00667 | 0,00007 |
| C3 | 0,00512 | 0,00006 |
| C4 | 0,03031 | 0,00092 |
| C5 | 0,00062 | 0,00052 |
| C6 | 0,02972 | 0,00092 |
| C7 | 0,00044 | 0,00063 |
| C8 | 0,02735 | 0,00073 |
| C9 | 0,00518 | 0,00035 |
| C10 | 0,01975 | 0,00066 |
| C11 | 0,00506 | 0,00051 |
| C12 | 0,00029 | 0 |
| C13 | 0,03013 | 0,00092 |
| C14 | 0,00046 | 0,00052 |
| C15 | 0,0299 | 0,00092 |
| C16 | 0,00026 | 0,00063 |

| MIEMBRO 49 VIGA | | |
|-----------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00081 | 0,00001 |
| C2 | 0,00102 | 0,00006 |
| C3 | 0,00097 | 0,00004 |
| C4 | 0,00088 | 0,022 |
| C5 | 0,00092 | 0,01735 |
| C6 | 0,00097 | 0,02202 |
| C7 | 0,00094 | 0,01772 |
| C8 | 0,001 | 0,01654 |
| C9 | 0,00103 | 0,01297 |
| C10 | 0,00107 | 0,01648 |
| C11 | 0,00105 | 0,01327 |
| C12 | 0,00049 | 0 |
| C13 | 0,00062 | 0,022 |
| C14 | 0,00064 | 0,01734 |
| C15 | 0,0007 | 0,02202 |
| C16 | 0,00065 | 0,01772 |

| MIEMBRO 67 ÁNGULO | | |
|-------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00394 | 0,00115 |
| C2 | 0,08302 | 0,02608 |
| C3 | 0,06325 | 0,01985 |
| C4 | 0,0039 | 0,00154 |
| C5 | 0,00398 | 0,00446 |
| C6 | 0,004 | 0,00155 |
| C7 | 0,00434 | 0,00446 |
| C8 | 0,06322 | 0,01985 |
| C9 | 0,06315 | 0,02031 |
| C10 | 0,06328 | 0,01985 |
| C11 | 0,06345 | 0,02029 |
| C12 | 0,00236 | 0,00069 |
| C13 | 0,00234 | 0,0012 |
| C14 | 0,0025 | 0,00423 |
| C15 | 0,00244 | 0,00121 |
| C16 | 0,00284 | 0,00423 |

Tabla N° 17: Diseño miembros más solicitados de gabinete C1 tipo B, suelo D.

| Descripción | Sección | Miembro | Ratio | PROPIEDADES | Miembro | | 11 | 39 | 53 |
|--------------|----------------------|---------|-------|--|---|--------|----------------------|----------------------|-----------------|
| | | | | | Elemento | Unidad | Columna base | Viga | Ángulo |
| Ángulo | ELE 3 X 3 X 0.3 | 53 | 0.58 | | | | | | |
| Columna base | Cuadrado 30 x 30 x 1 | 11 | 0.66 | | Sección | | Cuadrado 30 x 30 x 1 | Cuadrado 30 x 30 x 2 | ELE 3 X 3 X 0.3 |
| Viga | Cuadrado 30 x 30 x 2 | 39 | 0.47 | | | | | | |
| | | | | CRITERIOS DE DISEÑO | Longitud superior no arriostrada entre soportes laterales (LbTop) | | | | |
| | | | | | Eje mayor | [m] | 0,6 | 0,80 | 1,0 |
| | | | | | Eje menor | | | | |
| | | | | | Longitud inferior no arriostrada entre soportes laterales (LbBot) | | | | |
| | | | | | Eje mayor | [m] | 0,6 | 0,80 | 1,0 |
| | | | | | Eje menor | | | | |
| | | | | | Factor de longitud efectiva (K) | | | | |
| | | | | | Eje mayor | | 1,00 | 1,00 | 1,0 |
| | | | | | Eje menor | | 1,00 | 1,00 | 1,0 |
| | | | | | Factor de longitud efectiva para torsión | | | | |
| | | | | | Eje mayor | | 1,00 | 1,00 | 1,0 |
| | | | | | Eje menor | | 1,00 | | |
| | | | | | Longitud para tensión axial (L) | | | | |
| | | | | | Eje mayor | [m] | 0,6 | 0,80 | 1,0 |
| | | | | | Eje menor | | | | |
| | | | | Longitud no arriostrada de compresión (Lx, Ly) | | | | | |
| | | | | Eje mayor | [m] | 0,6 | 0,80 | 1,0 | |
| | | | | Eje menor | [m] | 0,6 | 0,80 | 1,0 | |
| | | | | Longitud para pandeo torsional y lateral torsional | | | | | |
| | | | | Eje mayor | [m] | 0,6 | 0,80 | 1,0 | |
| | | | | Eje menor | | | | | |
| | | | | CONDICIONES DE SERVICIO | | | | | |
| | | | | Tracción [Maxima esbeltez geometrica (L/r)] | | 50,67 | 69,94 | 170,95 | |
| | | | | Compresión [Esbeltez geometrica crítica (KL/r)] | | 50,67 | 69,94 | 153,48 | |
| | | | | VERIFICACIONES DE DISEÑO | | | | | |
| | | | | DISEÑO A FLEXIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| | | | | Flexión alrededor del eje mayor, M33 | | | | | |
| | | | | Relación | | 0,64 | 0,25 | 0,1 | |
| | | | | Capacidad | [Kg*m] | 19,12 | 35,65 | 24,05 | |
| | | | | Demanda | [Kg*m] | 12,15 | -8,97 | -2,32 | |
| | | | | Fluencia (Mp) | [Kg*m] | 31,93 | 59,53 | 41,55 | |
| | | | | Pandeo lateral-torsional (LTB Mn) | N/A | N/A | N/A | 40,16 | |
| | | | | Factor de modificación para el pandeo lateral-torsional (Cb) | N/A | N/A | N/A | 2,26 | |
| | | | | Factor lateral torsional (c) | N/A | N/A | N/A | 1 | |
| | | | | Momento elástico de pandeo lateral-torsional (Me) | N/A | N/A | N/A | 171,71 | |
| | | | | Pandeo local del alma (WLB Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A | |
| | | | | Pandeo local (LB Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A | |
| | | | | Pandeo local del ala (FLB Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A | |
| | | | | Parámetro de esbeltez para el ala (l) | | 27 | 12 | 10 | |
| | | | | Límite del parámetro de esbeltez para ala compacta (lp) | | 31,79 | 31,79 | 15,33 | |
| | | | | Límite del parámetro de esbeltez para ala no-compacta (lr) | | 39,74 | 39,74 | 25,83 | |
| | | | | Tensión de fluencia del ala (TFY Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A | |

| VERIFICACIONES DE DISEÑO | Flexión alrededor del eje menor, M22 | | | | |
|--|--------------------------------------|-------------|------------|----------|------|
| | Relación | | 0 | 0,21 | 0,49 |
| Capacidad | [Kg*m] | 19,12 | 35,65 | 11,94 | |
| Demanda | [Kg*m] | -0,03 | 7,4 | -5,87 | |
| Fluencia (Mp) | [Kg*m] | 31,93 | 59,53 | 19,95 | |
| Pandeo lateral-torsional (LTB Mn) | | N/A | N/A | 19,95 | |
| Momento elástico de pandeo lateral-torsional (Me) | | N/A | N/A | 172,01 | |
| Pandeo local del ala (FLB Mn) | | N/A | N/A | N/A | |
| Parámetro de esbeltez para el ala ((λ)) | | 27 | 12 | 10 | |
| Límite del parámetro de esbeltez para ala compacta ((λp)) | | 31,79 | 31,79 | 15,33 | |
| Límite del parámetro de esbeltez para ala no-compacta ((λr)) | | 39,74 | 39,74 | 25,83 | |
| DISEÑO A CORTE | | | | | |
| Corte paralelo al eje mayor, V3 (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0 | 0,02 | 0,01 | |
| Capacidad | [Kg] | 527,43 | 1018,48 | 1099,55 | |
| Demanda | [Kg] | -0,18 | 18,49 | -11,41 | |
| Coefficiente de corte para el alma (Cv) | [Kg] | 1 | 1 | 1 | |
| Coefficiente de pandeo para la placa del alma (kv) | [Kg] | 5 | 5 | 1,2 | |
| Corte paralelo al eje menor, V2 (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0,08 | 0,02 | 0,01 | |
| Capacidad | [Kg] | 527,43 | 1018,48 | 1099,55 | |
| Demanda | [Kg] | -40,02 | 22,87 | -8,78 | |
| Coefficiente de corte para el alma (Cv) | [Kg] | 1 | 1 | 1 | |
| Coefficiente de pandeo para la placa del alma (kv) | [Kg] | 5 | 5 | 1,2 | |
| DISEÑO A TRACCIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0,01 | 0 | 0 | |
| Capacidad | [Kg] | 1758,09 | 3394,92 | 2591,66 | |
| Demanda | [Kg] | 12,39 | 2,28 | 1,38 | |
| DISEÑO A COMPRESIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0,01 | 0,02 | 0,06 | |
| Capacidad | [Kg] | 1535,81 | 2624,16 | 767,18 | |
| Demanda | [Kg] | -14,03 | -44,33 | -44,04 | |
| Parámetro de esbeltez para el alma ((λw)) | -- | 27 | 12 | 10 | |
| Límite no-compacto para el alma ((λrw)) | -- | 39,74 | 39,74 | 12,77 | |
| Parámetro de esbeltez para el ala ((λf)) | -- | 27 | 12 | 10 | |
| Límite no-compacto para el ala ((λrf)) | -- | 39,74 | 39,74 | 12,77 | |
| Esfuerzo elástico flexional (Fex) | [Kg/m2] | 7,83728E+13 | 4,1137E+13 | 8543137 | |
| Esfuerzo elástico flexional (Fey) | [Kg/m2] | 7,83728E+13 | 4,1137E+13 | 8543137 | |
| Esfuerzo al pandeo elástico torsional (Fez) | [Kg/m2] | 6,06633E+15 | 6,0604E+15 | 8,97E+13 | |
| Esfuerzo elástico crítico flexional-torsional (Fe) | [Kg/m2] | 7,83728E+13 | 4,1137E+13 | | |
| Esfuerzo crítico al pandeo flexional (Fcr) | [Kg/m2] | 2,21103E+13 | 1,9564E+13 | 7492332 | |
| Esfuerzo crítico al pandeo flexional-torsional (FcrTor) | [Kg/m2] | 2,21103E+13 | 1,9564E+13 | | |
| Factor de reducción en elementos esbeltos no atiesados (Qs) | -- | 1 | 1 | 1 | |
| Factor de reducción en elementos esbeltos atiesados (Qa) | -- | 1 | 1 | 1 | |
| Area efectiva a esfuerzo uniforme (Aeff) | [cm2] | 1,16 | 2,24 | 1,71 | |
| DISEÑO A TORSIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0,04 | 0 | 0 | |
| Capacidad | [Kg*m] | 15,3 | 28,52 | 1,55 | |
| Demanda | [Kg*m] | 0,56 | 0,07 | 0 | |
| Tensión crítica (Fcr) | [Kg/m2] | 1,51862E+13 | 1,52E+13 | 1,52E+13 | |

Tabla N° 18: Tabla cálculo gabinete C1 TIPO C, suelo C.

| N° PROYECTO | NP | ALTO [mm] | ANCHO [mm] | PROFUNDIDAD [mm] | U. BATERIAS | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | U. UPS | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | U. TRANSF. | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | U. RECT. | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | PESO EQUIPOS [Kg] | DISTRIB. | COMBIN. | SC 100% [Kg] | PP [Kg] |
|----------------------|-------|--------------|---------------|---------------------|-------------|--------------|---------------|--------|--------------|---------------|------------|--------------|---------------|----------|--------------|---------------|----------------------|----------|-----------|-----------------|------------|
| 19 | 14065 | 2.100 | 800 | 680 | 60 | 28,5 | 1710,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 1.710,0 | C | C1 TIPO C | 1.710,0 | 207,00 |
| TAMAÑO DISEÑO | | 2,1 | 0,8 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| CÁLCULO DE CARGA | | | | |
|------------------|---------------|-----|------------|------|
| Equipo | Unid./Bandeja | U*P | U*P/Perfil | Kg/m |
| Baterías | 12 | 342 | 86 | 86 |

| DETALLE MATERIAL BASE | | | | | DETALLE MATERIAL BASE | | | | | |
|-----------------------|----------|------|--------|----------|-----------------------|------------------|----------|----------|------------|------------|
| Especificaciones | | LR | Medida | Unidades | Subtotal | Especificaciones | | Cantidad | Peso total | Peso total |
| Tipo | calidad | | | | | Tipo | Calidad | | Kg | Kg |
| □40X40X3 | ASTM A36 | 2,10 | m | 4 | 8,4 | Lpleg 50x3 | ASTM A36 | 20,00 | 44,80 | 207,00 |
| □40X40X3 | ASTM A36 | 0,80 | m | 14 | 11,2 | □40X40X3 | ASTM A36 | 33,60 | 110,88 | |
| □40X40X3 | ASTM A36 | 1,00 | m | 14 | 14,0 | | | | | |
| Lpleg 50x3 | ASTM A36 | 1,00 | m | 20 | 20,0 | | | | | |

| CORTE BASAL PARA CADA TIPO DE SUELO | | | | |
|---|----------|-----------|-------|-----|
| Q=CIP | | | | |
| n | Suelo A | 1 | | |
| | Suelo B | 1,33 | | |
| | Suelo C | 1,4 | | |
| | Suelo D | 1,8 | | |
| T | Suelo A | 0,2 | | |
| | Suelo B | 0,35 | | |
| | Suelo C | 0,45 | | |
| | Suelo D | 0,85 | | |
| T* | 0,1 | | | |
| g | 9,81 | | | |
| A _s | 3,9 | | | |
| S | Suelo A | 0,9 | | |
| | Suelo B | 1 | | |
| | Suelo C | 1,05 | | |
| | Suelo D | 1,2 | | |
| R | 3 | | | |
| R _s | 5 | | | |
| A _s /(6g) | 0,067 | | | |
| Cálculo de C | | | | |
| | | C>A /(6g) | Cmáx | |
| Suelo A | 0,73 | VERDADERO | 0,216 | |
| Suelo B | 1,94 | VERDADERO | 0,240 | |
| Suelo C | 3,01 | VERDADERO | 0,252 | |
| Suelo D | 17,27 | VERDADERO | 0,288 | |
| Coefficiente relativo a la importancia, uso y riesgo de falla del edificio | | | | |
| Edificio de categoría IV | | | | |
| I | 1,2 | | | |
| P (Peso) | 1.917,00 | | | |
| Q | Suelo A | 496,89 | | |
| | Suelo B | 552,10 | | |
| | Suelo C | 579,70 | | |
| | Suelo D | 662,52 | | |
| Cp | 2 | | | |
| Kd | 1,35 | | | |
| FUERZA SÍSMICA HORIZONTAL | | | | |
| F=Q Cp Kd | EHP | EHN | EHP | EHN |
| Suelo A | 1342 | 168 | 168 | 168 |
| Suelo B | 1491 | 186 | 186 | 186 |
| Suelo C | 1565 | 196 | 196 | 196 |
| Suelo D | 1789 | 224 | 224 | 224 |

Tabla N° 19: Diseño Perno de anclaje C1 tipo C, suelo C.

| Nudo | Fuerzas | | | | | | | Momentos | | | | | | |
|-----------------------|---------|------------|-----|-------------|-----|------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----------|--|
| | | Fx [Kg] | ec | Fy [Kg] | ec | Fz [Kg] | ec | Mx [Kg*m] | ec | My [Kg*m] | ec | Mz [Kg*m] | ec | |
| 1 | Max | 177,1910 | C10 | 1.599,3530 | C5 | 676,9120 | C16 | 12,8001 | C7 | 4,3361 | C13 | 22,7479 | C4 | |
| | Min | -295,7860 | C13 | -1.566,1070 | C16 | -495,9670 | C5 | -11,7512 | C13 | -4,6229 | C6 | -21,6177 | C15 | |
| 2 | Max | 295,8590 | C15 | 1.644,4850 | C5 | 629,0930 | C16 | 5,4536 | C7 | 4,6003 | C4 | 21,6071 | C4 | |
| | Min | -177,2080 | C8 | -1.612,0520 | C16 | -454,6940 | C5 | -4,2252 | C15 | -4,3153 | C15 | -22,7400 | C15 | |
| 17 | Max | 373,3510 | C6 | 3.433,7390 | C6 | 458,4620 | C7 | 4,3655 | C16 | 4,6212 | C5 | 4,1434 | C4 | |
| | Min | -537,6990 | C13 | -3.396,4300 | C13 | -633,6710 | C14 | -5,6130 | C5 | -4,3377 | C16 | -3,5126 | C15 | |
| 18 | Max | 554,6700 | C15 | 3.348,3200 | C4 | 489,9720 | C4 | 11,3689 | C16 | 4,3562 | C16 | 3,9397 | C13 | |
| | Min | -390,7440 | C4 | -3.310,5470 | C15 | -671,4530 | C14 | -12,3866 | C5 | -4,6413 | C5 | -4,6030 | C6 | |
| Máx (tracción) | | 554,6700 | | 3.433,7390 | | 676,9120 | | | | | | | 3.433,739 | |
| Máx (corte) | | 554,6700 | | | | 676,9120 | | | | | | | 676,912 | |

| | | | |
|------|-------------|--------------------|--------|
| Fy | 2531 | Perno 3/4" x 57 mm | |
| T | 3.433,739 | | |
| Dp | 1,875 | | |
| A | 2,761165418 | | |
| Tadm | 4193,105804 | | Cumple |
| Fu | 0,818901111 | | |
| Vmáx | 677 | | |
| Fadm | 1012,4 | | |
| Fv | 245,1544538 | Cumple | |
| Fuv | 0,242151772 | | |

Tabla N° 20: Miembros con mayor deformación en elementos de C1 tipo C, suelo C.

| MIEMBRO 16 COLUMNA | | |
|--------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00006 | 0,00002 |
| C2 | 0,00231 | 0,00052 |
| C3 | 0,00175 | 0,0004 |
| C4 | 0,01155 | 0,0005 |
| C5 | 0,00005 | 0,00036 |
| C6 | 0,01116 | 0,00047 |
| C7 | 0,00009 | 0,00054 |
| C8 | 0,0094 | 0,00071 |
| C9 | 0,00173 | 0,00031 |
| C10 | 0,00769 | 0,00043 |
| C11 | 0,00176 | 0,00072 |
| C12 | 0,00004 | 0,00001 |
| C13 | 0,01154 | 0,00049 |
| C14 | 0,00004 | 0,00037 |
| C15 | 0,01117 | 0,00048 |
| C16 | 0,00007 | 0,00054 |

| MIEMBRO 38 VIGA | | |
|-----------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00097 | 0,00001 |
| C2 | 0,03526 | 0,00017 |
| C3 | 0,02669 | 0,00013 |
| C4 | 0,00151 | 0,00994 |
| C5 | 0,00143 | 0,06519 |
| C6 | 0,00138 | 0,00994 |
| C7 | 0,00052 | 0,06428 |
| C8 | 0,02674 | 0,0075 |
| C9 | 0,02703 | 0,04892 |
| C10 | 0,02665 | 0,00751 |
| C11 | 0,02635 | 0,04818 |
| C12 | 0,00058 | 0,00001 |
| C13 | 0,00124 | 0,00995 |
| C14 | 0,00104 | 0,06519 |
| C15 | 0,0011 | 0,00994 |
| C16 | 0,00013 | 0,06428 |

| MIEMBRO 63 ÁNGULO | | |
|-------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00313 | 0,00112 |
| C2 | 0,19482 | 0,07233 |
| C3 | 0,14689 | 0,05452 |
| C4 | 0,00634 | 0,02769 |
| C5 | 0,00598 | 0,02032 |
| C6 | 0,00619 | 0,02781 |
| C7 | 0,00594 | 0,02024 |
| C8 | 0,14696 | 0,06041 |
| C9 | 0,14694 | 0,05803 |
| C10 | 0,14682 | 0,06056 |
| C11 | 0,14691 | 0,05796 |
| C12 | 0,00188 | 0,00067 |
| C13 | 0,00552 | 0,02747 |
| C14 | 0,00515 | 0,0201 |
| C15 | 0,00538 | 0,02759 |
| C16 | 0,00511 | 0,02002 |

Tabla N° 21: Diseño miembros más solicitados de gabinete C1 tipo C, suelo C.

| Descripción | Sección | Miembro | Ratio | Miembro | | 15 | 30 | 64 |
|---|----------------------|---------|-------|-----------------------------------|--------|----------------------|----------------------|-----------------|
| | | | | PROPIEDADES | Unidad | Columna Base | Viga | Ángulo |
| Ángulo | ELE 3 X 3 X 0.3 | 64 | 0.60 | | | | | |
| Columna Base | Cuadrado 30 x 30 x 2 | 15 | 0.87 | | | Cuadrado 30 x 30 x 2 | Cuadrado 30 x 30 x 3 | ELE 3 X 3 X 0.3 |
| Viga | Cuadrado 30 x 30 x 3 | 30 | 0.58 | | | | | |
| CRITERIOS DE DISEÑO | | | | | | | | |
| Longitud superior no arriostrada entre soportes laterales (LbTop) | | | | | | | | |
| Eje mayor | | | | [m] | 0,1 | 0,80 | 1,0 | |
| Eje menor | | | | | | | | |
| Longitud inferior no arriostrada entre soportes laterales (LbBot) | | | | | | | | |
| Eje mayor | | | | [m] | 0,1 | 0,80 | 1,0 | |
| Eje menor | | | | | | | | |
| Factor de longitud efectiva (K) | | | | | | | | |
| Eje mayor | | | | | 1,00 | 1,00 | 1,0 | |
| Eje menor | | | | | 1,00 | 1,00 | 1,0 | |
| Factor de longitud efectiva para torsión | | | | | | | | |
| Eje mayor | | | | | 1,00 | 1,00 | 1,0 | |
| Eje menor | | | | | 1,00 | | | |
| Longitud para tensión axial (L) | | | | | | | | |
| Eje mayor | | | | [m] | 0,1 | 0,80 | 1,0 | |
| Eje menor | | | | | | | | |
| Longitud no arriostrada de compresión (Lx, Ly) | | | | | | | | |
| Eje mayor | | | | [m] | 0,1 | 0,80 | 1,0 | |
| Eje menor | | | | [m] | 0,1 | 0,80 | 1,0 | |
| Longitud para pandeo torsional y lateral torsional | | | | | | | | |
| Eje mayor | | | | [m] | 0,1 | 0,80 | 1,0 | |
| Eje menor | | | | | | | | |
| CONDICIONES DE SERVICIO | | | | | | | | |
| Tracción [Maxima esbeltez geometrica (L/r)] | | | | | 8,74 | 72,47 | 170,95 | |
| Compresión [Esbeltez geometrica crítica (KL/r)] | | | | | 8,74 | 72,47 | 153,48 | |
| VERIFICACIONES DE DISEÑO | | | | DISEÑO A FLEXIÓN (W= 1.67) | | | | |
| Flexión alrededor del eje mayor, M33 | | | | | | | | |
| Relación | | | | | 0,63 | 0,51 | 0,23 | |
| Capacidad | | | | [Kg*m] | 35,65 | 49,72 | 20,21 | |
| Demanda | | | | [Kg*m] | 22,63 | -25,15 | -4,65 | |
| Fluencia (Mp) | | | | [Kg*m] | 59,53 | 83,03 | 41,55 | |
| Pandeo lateral-torsional (LTB Mn) | | | | | N/A | N/A | 33,75 | |
| Factor de modificación para el pandeo lateral-torsional (Cb) | | | | | N/A | N/A | 1,35 | |
| Factor lateral torsional (c) | | | | | N/A | N/A | 1 | |
| Momento elástico de pandeo lateral-torsional (Me) | | | | | N/A | N/A | 77,09 | |
| Pandeo local del alma (WLB Mn) | | | | | N/A | N/A | N/A | |
| Pandeo local (LB Mn) | | | | | N/A | N/A | N/A | |
| Pandeo local del ala (FLB Mn) | | | | | N/A | N/A | N/A | |
| Parámetro de esbeltez para el ala (l) | | | | | 12 | 7 | 10 | |
| Límite del parámetro de esbeltez para ala compacta (lp) | | | | | 31,79 | 31,79 | 15,33 | |
| Límite del parámetro de esbeltez para ala no-compacta (lr) | | | | | 39,74 | 39,74 | 25,83 | |
| Tensión de fluencia del ala (TFY Mn) | | | | | N/A | N/A | N/A | |

| VERIFICACIONES DE DISEÑO | Flexión alrededor del eje menor, M22 | | | | |
|---|--------------------------------------|-----|-------------|-------------|----------|
| | Relación | | | 0,11 | 0,22 |
| Capacidad | [Kg*m] | | 35,65 | 49,72 | 11,94 |
| Demanda | [Kg*m] | | 3,8 | 10,78 | -5,97 |
| Fluencia (Mp) | [Kg*m] | | 59,53 | 83,03 | 19,95 |
| Pandeo lateral-torsional (LTB Mn) | | N/A | | N/A | 19,95 |
| Momento elástico de pandeo lateral-torsional (Me) | | N/A | | N/A | 129,94 |
| Pandeo local del ala (FLB Mn) | | N/A | | N/A | N/A |
| Parámetro de esbeltez para el ala ((λ) | | | 12 | 7 | 10 |
| Límite del parámetro de esbeltez para ala compacta ((λp) | | | 31,79 | 31,79 | 15,33 |
| Límite del parámetro de esbeltez para ala no-compacta ((λr) | | | 39,74 | 39,74 | 25,83 |
| DISEÑO A CORTE | | | | | |
| Corte paralelo al eje mayor, V3 (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | | 0,06 | 0,07 | 0,01 |
| Capacidad | [Kg] | | 1018,48 | 1473,15 | 1099,55 |
| Demanda | [Kg] | | -57,16 | 96,12 | -8,85 |
| Coefficiente de corte para el alma (Cv) | [Kg] | | 1 | 1 | 1 |
| Coefficiente de pandeo para la placa del alma (kv) | [Kg] | | 5 | 5 | 1,2 |
| Corte paralelo al eje menor, V2 (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | | 0,17 | 0,07 | 0,04 |
| Capacidad | [Kg] | | 1018,48 | 1473,15 | 1099,55 |
| Demanda | [Kg] | | -176,17 | 100,74 | 43,75 |
| Coefficiente de corte para el alma (Cv) | [Kg] | | 1 | 1 | 1 |
| Coefficiente de pandeo para la placa del alma (kv) | [Kg] | | 5 | 5 | 1,2 |
| DISEÑO A TRACCIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | | 0,23 | 0 | 0 |
| Capacidad | [Kg] | | 3394,92 | 4910,52 | 2591,66 |
| Demanda | [Kg] | | 789,7 | 23,21 | 0,78 |
| DISEÑO A COMPRESIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | | 0,23 | 0,02 | 0 |
| Capacidad | [Kg] | | 3381,29 | 3724,48 | 2591,66 |
| Demanda | [Kg] | | -773,76 | -70,57 | 0,78 |
| Parámetro de esbeltez para el alma (λw) | -- | | 12 | 7 | 10 |
| Límite no-compacto para el alma ((λrw) | -- | | 39,74 | 39,74 | 12,77 |
| Parámetro de esbeltez para el ala ((λf) | -- | | 12 | 7 | 10 |
| Límite no-compacto para el ala ((λrf) | -- | | 39,74 | 39,74 | 12,77 |
| Esfuerzo elástico flexional (Fex) | [Kg/m2] | | 2,63277E+15 | 3,83203E+13 | 8543137 |
| Esfuerzo elástico flexional (Fey) | [Kg/m2] | | 2,63277E+15 | 3,83203E+13 | 8543137 |
| Esfuerzo al pandeo elástico torsional (Fez) | [Kg/m2] | | 6,0604E+15 | 6,04946E+15 | 8,97E+13 |
| Esfuerzo elástico crítico flexional-torsional (Fec) | [Kg/m2] | | 2,63277E+15 | 3,83203E+13 | |
| Esfuerzo crítico al pandeo flexional (Fcr) | [Kg/m2] | | 2,52087E+13 | 1,91972E+13 | 7492332 |
| Esfuerzo crítico al pandeo flexional-torsional (FcrTor) | [Kg/m2] | | 2,52087E+13 | 1,91972E+13 | |
| Factor de reducción en elementos esbeltos no atiesados (Qs) | -- | | 1 | 1 | 1 |
| Factor de reducción en elementos esbeltos atiesados (Qa) | -- | | 1 | 1 | 1 |
| Area efectiva a esfuerzo uniforme (Aeff) | [cm2] | | 2,24 | 3,24 | 1,71 |
| DISEÑO A TORSIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | | 0,16 | 0,21 | 0 |
| Capacidad | [Kg*m] | | 28,52 | 39,78 | 1,55 |
| Demanda | [Kg*m] | | -4,6 | 8,35 | 0 |
| Tensión crítica (Fcr) | [Kg/m2] | | 1,51862E+13 | 1,52E+13 | 1,52E+13 |

Tabla N° 22: Tabla cálculo gabinete C1 TIPO C, suelo D.

| N° PROYECTO | NP | ALTO [mm] | ANCHO [mm] | PROFUNDIDAD [mm] | U. BATERIAS | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | U. UPS | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | U. TRANSF. | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | U. RECT. | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | PESO EQUIPOS [Kg] | DISTRIB. | COMBIN. | SC 100% [Kg] | PP [Kg] |
|----------------------|-------|-----------|------------|------------------|-------------|-----------|------------|--------|-----------|------------|------------|-----------|------------|----------|-----------|------------|-------------------|----------|-----------|--------------|---------|
| 19 | 14065 | 2.100 | 800 | 680 | 60 | 28,5 | 1710,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 1.710,0 | C | C1 TIPO C | 1.710,0 | 207,00 |
| TAMAÑO DISEÑO | | 2,1 | 0,8 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

CÁLCULO DE CARGA

| Equipo | Unid./Bandeja | U*P | U*P/Perfil | Kg/m |
|----------|---------------|-----|------------|------|
| Baterias | 12 | 342 | 86 | 86 |

| DETALLE MATERIAL BASE | | | | | DETALLE MATERIAL BASE | | | | | |
|-----------------------|----------|------|--------|----------|-----------------------|------------------|----------|----------|------------|------------|
| Especificaciones | | LR | Medida | Unidades | Subtotal | Especificaciones | | Cantidad | Peso total | Peso total |
| Tipo | calidad | | | | | Tipo | Calidad | | Kg | Kg |
| □40X40X3 | ASTM A36 | 2,10 | m | 4 | 8,4 | Lpleg 50x3 | ASTM A36 | 20,00 | 44,80 | 207,00 |
| □40X40X3 | ASTM A36 | 0,80 | m | 14 | 11,2 | □40X40X3 | ASTM A36 | 33,60 | 110,88 | |
| □40X40X3 | ASTM A36 | 1,00 | m | 14 | 14,0 | | | | | |
| Lpleg 50x3 | ASTM A36 | 1,00 | m | 20 | 20,0 | | | | | |

CORTE BASAL PARA CADA TIPO DE SUELO

| Q=CIP | | Cálculo de C | | | |
|---|---------|--------------|-----------|-------|-----|
| n | Suelo A | 1 | C>A /(6g) | Cmáx | |
| | Suelo B | 1,33 | VERDADERO | 0,216 | |
| | Suelo C | 1,4 | VERDADERO | 0,240 | |
| | Suelo D | 1,8 | VERDADERO | 0,252 | |
| | | | VERDADERO | 0,288 | |
| Coefficiente relativo a la importancia, uso y riesgo de falla del edificio | | | | | |
| Edificio de categoría IV | | | | | |
| I | | 1,2 | | | |
| P (Peso) | | 1.917,00 | | | |
| Q | | Suelo A | 496,89 | | |
| | | Suelo B | 552,10 | | |
| | | Suelo C | 579,70 | | |
| | | Suelo D | 662,52 | | |
| Cp | | | 2 | | |
| Kd | | | 1,35 | | |
| FUERZA SÍSMICA HORIZONTAL | | | | | |
| F=Q Cp Kd | | EHP | EHN | EHP | EHN |
| Suelo A | 1342 | 168 | 168 | 168 | 168 |
| Suelo B | 1491 | 186 | 186 | 186 | 186 |
| Suelo C | 1565 | 196 | 196 | 196 | 196 |
| Suelo D | 1789 | 224 | 224 | 224 | 224 |
| A _v /(6g) | | 0,067 | | | |

Tabla N° 23: Diseño Perno de anclaje C1 tipo C, suelo D.

| Nudo | | Fuerzas | | | | | | Momentos | | | | | |
|-----------------------|-----|------------|-----|-------------|-----|------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----------|
| | | Fx [Kg] | ec | Fy [Kg] | ec | Fz [Kg] | ec | Mx [Kg*m] | ec | My [Kg*m] | ec | Mz [Kg*m] | ec |
| 1 | Max | 211,5320 | C10 | 1.887,7570 | C5 | 799,4730 | C16 | 19,7922 | C7 | 14,9692 | C13 | 54,8384 | C4 |
| | Min | -394,0970 | C13 | -1.865,9210 | C16 | -567,4910 | C5 | -17,3069 | C13 | -15,7829 | C6 | -51,5657 | C15 |
| 2 | Max | 394,0900 | C15 | 1.932,7430 | C5 | 766,2370 | C16 | 12,8091 | C7 | 15,7546 | C4 | 51,5580 | C4 |
| | Min | -211,5200 | C8 | -1.912,2410 | C16 | -540,9400 | C5 | -10,0673 | C15 | -14,9437 | C15 | -54,8321 | C15 |
| 17 | Max | 425,9760 | C6 | 3.707,9680 | C6 | 532,2080 | C7 | 9,5187 | C16 | 15,1097 | C5 | 10,4051 | C4 |
| | Min | -622,1070 | C13 | -3.677,8480 | C13 | -757,8450 | C14 | -12,2538 | C5 | -14,2559 | C16 | -8,8982 | C15 |
| 18 | Max | 638,3320 | C15 | 3.633,5880 | C4 | 552,8030 | C4 | 16,5298 | C16 | 14,2772 | C16 | 9,3642 | C13 |
| | Min | -442,1730 | C4 | -3.602,8440 | C15 | -784,8420 | C14 | -18,9722 | C5 | -15,1337 | C5 | -10,9768 | C6 |
| Máx (tracción) | | 638,3320 | | 3.707,9680 | | 799,4730 | | | | | | | 3.707,968 |
| Máx (corte) | | 638,3320 | | | | 799,4730 | | | | | | | 799,473 |

| | | |
|------|-------------|--------------------|
| Fy | 2531 | |
| T | 3.707,968 | |
| Dp | 1,875 | Perno 3/4" x 57 mm |
| A | 2,761165418 | |
| Tadm | 4193,105804 | Cumple |
| Fu | 0,884301082 | |
| Vmáx | 799 | |
| Fadm | 1012,4 | |
| Fv | 289,5418705 | |
| Fuv | 0,285995526 | Cumple |

Tabla N° 24: Miembros con mayor deformación en elementos de C1 tipo C, suelo D.

| MIEMBRO 5 COLUMNA | | |
|-------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00002 | 0,00001 |
| C2 | 0,00092 | 0,00027 |
| C3 | 0,00069 | 0,00021 |
| C4 | 0,01428 | 0,00018 |
| C5 | 0,00005 | 0,00018 |
| C6 | 0,01422 | 0,00018 |
| C7 | 0,00005 | 0,00042 |
| C8 | 0,0105 | 0,00027 |
| C9 | 0,00071 | 0,00023 |
| C10 | 0,01096 | 0,00025 |
| C11 | 0,00069 | 0,00037 |
| C12 | 0,00001 | 0 |
| C13 | 0,01428 | 0,00018 |
| C14 | 0,00005 | 0,00018 |
| C15 | 0,01421 | 0,00018 |
| C16 | 0,00005 | 0,00042 |

| MIEMBRO 19 COLUMNA | | |
|--------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00002 | 0,00001 |
| C2 | 0,00092 | 0,00026 |
| C3 | 0,00069 | 0,00019 |
| C4 | 0,01422 | 0,00018 |
| C5 | 0,00005 | 0,00019 |
| C6 | 0,01428 | 0,00018 |
| C7 | 0,00005 | 0,00044 |
| C8 | 0,01096 | 0,00027 |
| C9 | 0,00071 | 0,00021 |
| C10 | 0,0105 | 0,00025 |
| C11 | 0,00069 | 0,00042 |
| C12 | 0,00001 | 0 |
| C13 | 0,01422 | 0,00018 |
| C14 | 0,00005 | 0,00019 |
| C15 | 0,01428 | 0,00018 |
| C16 | 0,00005 | 0,00044 |

| MIEMBRO 39 VIGA | | |
|-----------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00159 | 0,00002 |
| C2 | 0,07757 | 0,00085 |
| C3 | 0,05857 | 0,00064 |
| C4 | 0,00216 | 0,00924 |
| C5 | 0,00204 | 0,1378 |
| C6 | 0,00194 | 0,00924 |
| C7 | 0,00115 | 0,13684 |
| C8 | 0,05866 | 0,00734 |
| C9 | 0,05891 | 0,10365 |
| C10 | 0,0585 | 0,00734 |
| C11 | 0,05824 | 0,10233 |
| C12 | 0,00096 | 0,00001 |
| C13 | 0,00166 | 0,00925 |
| C14 | 0,00142 | 0,13779 |
| C15 | 0,00145 | 0,00925 |
| C16 | 0,00051 | 0,13684 |

| MIEMBRO 70 ÁNGULO | | |
|-------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00116 | 0,00384 |
| C2 | 0,07509 | 0,24405 |
| C3 | 0,05661 | 0,184 |
| C4 | 0,02765 | 0,00966 |
| C5 | 0,04052 | 0,01441 |
| C6 | 0,0277 | 0,00968 |
| C7 | 0,0399 | 0,01439 |
| C8 | 0,06241 | 0,18401 |
| C9 | 0,06873 | 0,18456 |
| C10 | 0,06248 | 0,18403 |
| C11 | 0,06807 | 0,18453 |
| C12 | 0,0007 | 0,0023 |
| C13 | 0,02742 | 0,00866 |
| C14 | 0,04029 | 0,0135 |
| C15 | 0,02747 | 0,00869 |
| C16 | 0,03967 | 0,01347 |

Tabla N° 25: Diseño miembros más solicitados de gabinete C1 tipo C, suelo D.

| Descripción | Sección | Miembro | Ratio | PROPIEDADES | Unidad | Columna Base | Viga | Ángulo |
|---------------------------------|----------------------|---------|-------|---|--------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| Ángulo | ELE 3 X 3 X 0,3 | 69 | 0.72 | Elemento | | | | |
| Columna Base | Cuadrado 40 x 40 x 3 | 15 | 0.74 | Sección | | Cuadrado 40 x 40 x 3 | Cuadrado 30 x 30 x 1 | Ángulo ELE 3 X 3 X 0,3 |
| Viga | Cuadrado 30 x 30 x 1 | 33 | 0.89 | | | | | |
| | | | | CRITERIOS DE DISEÑO | | | | |
| | | | | Longitud superior no arriostrada entre soportes laterales (LbTop) | | | | |
| | | | | Eje mayor | [m] | 0,1 | 0,80 | 1,0 |
| | | | | Eje menor | | | | |
| | | | | Longitud inferior no arriostrada entre soportes laterales (LbBot) | | | | |
| | | | | Eje mayor | [m] | 0,1 | 0,80 | 1,0 |
| | | | | Eje menor | | | | |
| | | | | Factor de longitud efectiva (K) | | | | |
| | | | | Eje mayor | | 1,00 | 1,00 | 1,0 |
| | | | | Eje menor | | 1,00 | 1,00 | 1,0 |
| | | | | Factor de longitud efectiva para torsión | | | | |
| | | | | Eje mayor | | 1,00 | 1,00 | 1,0 |
| | | | | Eje menor | | 1,00 | | |
| | | | | Longitud para tensión axial (L) | | | | |
| | | | | Eje mayor | [m] | 0,1 | 0,80 | 1,0 |
| | | | | Eje menor | | | | |
| | | | | Longitud no arriostrada de compresión (Lx, Ly) | | | | |
| | | | | Eje mayor | [m] | 0,1 | 0,80 | 1,0 |
| | | | | Eje menor | [m] | 0,1 | 0,80 | 1,0 |
| | | | | Longitud para pandeo torsional y lateral torsional | | | | |
| | | | | Eje mayor | [m] | 0,1 | 0,80 | 1,0 |
| | | | | Eje menor | | | | |
| CONDICIONES DE SERVICIO | | | | Tracción [Maxima esbeltez geometrica (L/r)] | | 6,61 | 67,56 | 170,95 |
| | | | | Compresión [Esbeltez geometrica crítica (KL/r)] | | 6,61 | 67,56 | 153,48 |
| VERIFICACIONES DE DISEÑO | | | | DISEÑO A FLEXIÓN (W= 1.67) | | | | |
| | | | | Flexión alrededor del eje mayor, M33 | | | | |
| | | | | Relación | | 0,59 | 0,64 | 0,25 |
| | | | | Capacidad | [Kg*m] | 93,37 | 19,12 | 21,49 |
| | | | | Demanda | [Kg*m] | 54,75 | -12,21 | -5,29 |
| | | | | Fluencia (Mp) | [Kg*m] | 155,92 | 31,93 | 41,55 |
| | | | | Pandeo lateral-torsional (LTB Mn) | N/A | | N/A | 35,9 |
| | | | | Factor de modificación para el pandeo lateral-torsional (Cb) | N/A | | N/A | 2,18 |
| | | | | Factor lateral torsional (c) | N/A | | N/A | 1 |
| | | | | Momento elástico de pandeo lateral-torsional (Me) | N/A | | N/A | 97,39 |
| | | | | Pandeo local del alma (WLB Mn) | N/A | | N/A | N/A |
| | | | | Pandeo local (LB Mn) | N/A | | N/A | N/A |
| | | | | Pandeo local del ala (FLB Mn) | N/A | | N/A | N/A |
| | | | | Parámetro de esbeltez para el ala (l) | | 10,33 | 0,21 | 10 |
| | | | | Límite del parámetro de esbeltez para ala compacta (lp) | | 31,79 | 39,78 | 15,33 |
| | | | | Límite del parámetro de esbeltez para ala no-compacta (lr) | | 39,74 | 8,35 | 25,83 |
| | | | | Tensión de fluencia del ala (TFY Mn) | N/A | | N/A | N/A |

| | | | | | |
|--|---|-------------|-------------|----------|--------|
| VERIFICACIONES DE DISEÑO | Flexión alrededor del eje menor, M22 | | | | |
| | Relación | | 0,11 | 0,21 | 0,56 |
| | Capacidad | [Kg*m] | 93,37 | 39,78 | 11,94 |
| | Demanda | [Kg*m] | 10,59 | 8,35 | 6,71 |
| | Fluencia (Mp) | [Kg*m] | 155,92 | 31,93 | 19,95 |
| | Pandeo lateral-torsional (LTB Mn) | | N/A | N/A | 19,95 |
| | Momento elástico de pandeo lateral-torsional (Me) | | N/A | N/A | 128,05 |
| | Pandeo local del ala (FLB Mn) | | N/A | N/A | N/A |
| | Parámetro de esbeltez para el ala ((λ) | | 10,33 | 27 | 10 |
| | Límite del parámetro de esbeltez para ala compacta ((λp) | | 31,79 | 31,79 | 15,33 |
| | Límite del parámetro de esbeltez para ala no-compacta ((λr) | | 39,74 | 39,74 | 25,83 |
| | DISEÑO A CORTE | | | | |
| | Corte paralelo al eje mayor, V3 (W= 1.67) | | | | |
| | Relación | | 0,07 | 0,21 | 0,04 |
| Capacidad | [Kg] | 2018,77 | 527,43 | 1099,55 | |
| Demanda | [Kg] | -140,2 | -108,16 | -45,72 | |
| Coefficiente de corte para el alma (Cv) | [Kg] | 1 | 1 | 1 | |
| Coefficiente de pandeo para la placa del alma (kv) | [Kg] | 5 | 5 | 1,2 | |
| Corte paralelo al eje menor, V2 (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0,12 | 0,14 | 0,01 | |
| Capacidad | [Kg] | 2018,77 | 527,43 | 1099,55 | |
| Demanda | [Kg] | 250,3 | 73,77 | 10,18 | |
| Coefficiente de corte para el alma (Cv) | [Kg] | 1 | 1 | 1 | |
| Coefficiente de pandeo para la placa del alma (kv) | [Kg] | 5 | 5 | 1,2 | |
| DISEÑO A TRACCIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0,18 | 0,01 | 0 | |
| Capacidad | [Kg] | 6729,23 | 1758,09 | 2591,66 | |
| Demanda | [Kg] | 1219,19 | 22,43 | 7,12 | |
| DISEÑO A COMPRESIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0,18 | 0,06 | 0,09 | |
| Capacidad | [Kg] | 6713,74 | 1382,54 | 767,18 | |
| Demanda | [Kg] | -1185,19 | -83,6 | -72,36 | |
| Parámetro de esbeltez para el alma ((λw) | -- | 10,33 | 27 | 10 | |
| Límite no-compacto para el alma ((λrw) | -- | 39,74 | 39,74 | 12,77 | |
| Parámetro de esbeltez para el ala ((λf) | -- | 10,33 | 27 | 10 | |
| Límite no-compacto para el ala ((λrf) | -- | 39,74 | 39,74 | 12,77 | |
| Esfuerzo elástico flexional (Fex) | [Kg/m2] | 4,59896E+15 | 4,40847E+13 | 8543137 | |
| Esfuerzo elástico flexional (Fey) | [Kg/m2] | 4,59896E+15 | 4,40847E+13 | 8543137 | |
| Esfuerzo al pandeo elástico torsional (Fez) | [Kg/m2] | 6,05817E+15 | 6,06633E+15 | 8,97E+13 | |
| Esfuerzo elástico crítico flexional-torsional (Fex) | [Kg/m2] | 4,59896E+15 | 4,40847E+13 | | |
| Esfuerzo crítico al pandeo flexional (Fcr) | [Kg/m2] | 2,52521E+13 | 1,99038E+13 | 7492332 | |
| Esfuerzo crítico al pandeo flexional-torsional (FcrTor) | [Kg/m2] | 2,52521E+13 | 1,99038E+13 | | |
| Factor de reducción en elementos esbeltos no atesados (Qs) | -- | 1 | 1 | 1 | |
| Factor de reducción en elementos esbeltos atesados (Qa) | -- | 1 | 1 | 1 | |
| Area efectiva a esfuerzo uniforme (Aeff) | [cm2] | 4,44 | 1,16 | 1,71 | |
| DISEÑO A TORSIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0,21 | 0,39 | 0 | |
| Capacidad | [Kg*m] | 74,69 | 15,3 | 1,55 | |
| Demanda | [Kg*m] | -15,75 | -6,01 | -0,01 | |
| Tensión crítica (Fcr) | [Kg/m2] | 1,51862E+13 | 1,52E+13 | 1,52E+13 | |

Tabla N° 26: Tabla cálculo gabinete C2 TIPO B, suelo C.

| N° PROYECTO | NP | ALTO [mm] | ANCHO [mm] | PROFUNDIDAD [mm] | U. BATERIAS | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | U. UPS | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | U. TRANSF. | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | U. RECT. | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | PESO EQUIPOS [Kg] | DISTRIB. | COMBIN. | SC 100% [Kg] | PP [Kg] |
|----------------------|-------|-----------|------------|------------------|-------------|-----------|------------|--------|-----------|------------|------------|-----------|------------|----------|-----------|------------|-------------------|----------|-----------|--------------|---------|
| 22 | 14142 | 2100 | 1000 | 850 | 32 | 11 | 352 | 1 | 21 | 21 | 2 | 59 | 118 | 0 | 0 | 0 | 491 | B | C2 TIPO B | 491 | 204 |
| TAMAÑO DISEÑO | | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| CÁLCULO DE CARGA | | | | |
|------------------|--------------|-----|------------|------|
| Equipo | Inid./Bandej | U*P | U*P/Perfil | Kg/m |
| Baterías | 16 | 176 | 22 | 26 |
| UPS | 1 | 21 | 10,5 | 12,4 |
| Transformador | 2 | 118 | 29 | 35 |

| DETALLE MATERIAL BASE | | | | | | DETALLE MATERIAL BASE | | | | |
|-----------------------|----------|------|--------|----------|----------|-----------------------|----------|------------|------------|------------|
| Especificaciones | calidad | LR | Medida | Unidades | Subtotal | Especificaciones | Cantidad | Peso total | Peso total | Peso total |
| Tipo | | | | | | Tipo | | Kg | Kg | Kg |
| □40X40X3 | ASTM A36 | 2,10 | m | 4 | 8,4 | Lpleg 50x3 | ASTM A36 | 26,40 | 59,14 | 204,00 |
| □40X40X3 | ASTM A36 | 0,85 | m | 12 | 10,2 | □40X40X3 | ASTM A36 | 33,00 | 108,90 | |
| □40X40X3 | ASTM A36 | 1,20 | m | 12 | 14,4 | | | | | |
| Lpleg 50x3 | ASTM A36 | 1,20 | m | 22 | 26,4 | | | | | |

| CORTE BASAL PARA CADA TIPO DE SUELO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|---|-----------------|------|---------|-----------|------|---------|--------|------|----------------|--------|----|---------|--------|----------------|----|----|----|----|----------------|----|----|----|----|----------------|----|----|----|----|
| Q=CIP | | Cálculo de C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| n | Suelo A 1 | C>A /(6g) | Cmáx | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Suelo B 1,33 | Suelo A 0,73 | VERDADERO 0,216 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Suelo C 1,4 | Suelo B 1,94 | VERDADERO 0,240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Suelo D 1,8 | Suelo C 3,01 | VERDADERO 0,252 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Suelo D 17,27 | VERDADERO 0,288 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Coefficiente relativo a la importancia, uso y riesgo de falla del edificio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T | Suelo A 0,2 | Edificio de categoría IV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Suelo B 0,35 | I 1,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Suelo C 0,45 | P (Peso) 694,60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Suelo D 0,85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T* | 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| g | 9,81 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A _s | 3,9 | <table border="1"> <tr> <td>Q</td> <td>Suelo A</td> <td>180,04</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Suelo B</td> <td>200,04</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Suelo C</td> <td>210,05</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Suelo D</td> <td>240,05</td> </tr> </table> | | Q | Suelo A | 180,04 | | Suelo B | 200,04 | | Suelo C | 210,05 | | Suelo D | 240,05 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Q | Suelo A | 180,04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Suelo B | 200,04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Suelo C | 210,05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Suelo D | 240,05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S | Suelo A 0,9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Suelo B 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Suelo C 1,05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Suelo D 1,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | 3 | Cp 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R _s | 5 | Kd 1,35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FUERZA SISMICA HORIZONTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A _s /(6g) | 0,067 | <table border="1"> <thead> <tr> <th>F=Q Cp Kd</th> <th>EHXP</th> <th>EHXN</th> <th>EHZP</th> <th>EHZN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Suelo A 486,11</td> <td>69</td> <td>69</td> <td>69</td> <td>69</td> </tr> <tr> <td>Suelo B 540,12</td> <td>77</td> <td>77</td> <td>77</td> <td>77</td> </tr> <tr> <td>Suelo C 567,13</td> <td>81</td> <td>81</td> <td>81</td> <td>81</td> </tr> <tr> <td>Suelo D 648,15</td> <td>93</td> <td>93</td> <td>93</td> <td>93</td> </tr> </tbody> </table> | | | | F=Q Cp Kd | EHXP | EHXN | EHZP | EHZN | Suelo A 486,11 | 69 | 69 | 69 | 69 | Suelo B 540,12 | 77 | 77 | 77 | 77 | Suelo C 567,13 | 81 | 81 | 81 | 81 | Suelo D 648,15 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| F=Q Cp Kd | EHXP | EHXN | EHZP | EHZN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Suelo A 486,11 | 69 | 69 | 69 | 69 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Suelo B 540,12 | 77 | 77 | 77 | 77 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Suelo C 567,13 | 81 | 81 | 81 | 81 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Suelo D 648,15 | 93 | 93 | 93 | 93 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla N° 27: Diseño Perno de anclaje C2 tipo B, suelo C.

| Nudo | Fuerzas | | | | | | Momentos | | | | | | |
|-----------------------|---------|------------|-----|-------------|-----|------------|----------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----------|
| | | Fx [Kg] | ec | Fy [Kg] | ec | Fz [Kg] | ec | Mx [Kg*m] | ec | My [Kg*m] | ec | Mz [Kg*m] | ec |
| 1 | Max | 94,2750 | C10 | 822,5210 | C5 | 403,0560 | C16 | 1,9815 | C7 | 5,9521 | C13 | 12,6785 | C4 |
| | Min | -160,6750 | C13 | -792,4670 | C16 | -289,0320 | C5 | -1,5350 | C13 | -6,0247 | C6 | -11,6752 | C15 |
| 2 | Max | 160,6870 | C15 | 825,4290 | C5 | 403,2750 | C16 | 1,9621 | C7 | 6,0241 | C4 | 11,6754 | C4 |
| | Min | -94,2440 | C8 | -795,3820 | C16 | -289,1670 | C5 | -1,5012 | C15 | -5,9514 | C15 | -12,6788 | C15 |
| 17 | Max | 203,6090 | C6 | 1.167,4490 | C6 | 281,4420 | C7 | 2,0544 | C16 | 6,0153 | C5 | 1,3182 | C4 |
| | Min | -322,3530 | C13 | -1.128,8620 | C13 | -395,5940 | C14 | -2,5282 | C5 | -5,9444 | C16 | -1,4529 | C15 |
| 18 | Max | 322,6450 | C15 | 1.164,9930 | C4 | 281,3930 | C4 | 2,0820 | C16 | 5,9458 | C16 | 1,4491 | C13 |
| | Min | -203,7320 | C4 | -1.126,2860 | C15 | -395,5200 | C14 | -2,5436 | C5 | -6,0166 | C5 | -1,3052 | C6 |
| Máx (tracción) | | 322,6450 | | 1.167,4490 | | 403,2750 | | | | | | | 1.167,449 |
| Máx (corte) | | 322,6450 | | | | 403,2750 | | | | | | | 403,275 |

| | | |
|------|-------------|--------------------|
| Fy | 2531 | |
| T | 1.167,449 | |
| Dp | 0,9375 | Perno 3/8" x 57 mm |
| A | 0,690291355 | |
| Tadm | 1048,276451 | No Cumple |
| Fu | 1,113684276 | |
| Vmáx | 403 | |
| Fadm | 1012,4 | |
| Fv | 584,2098374 | |
| Fuv | 0,577054363 | Cumple |

Tabla N° 28: Miembros con mayor deformación en elementos de C2 tipo B, suelo C.

| MIEMBRO 16 COLUMNA | | |
|--------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00001 | 0,00002 |
| C2 | 0,00019 | 0,00017 |
| C3 | 0,00014 | 0,00013 |
| C4 | 0,00006 | 0,00012 |
| C5 | 0,00002 | 0,00035 |
| C6 | 0,00014 | 0,00015 |
| C7 | 0,00004 | 0,00021 |
| C8 | 0,00018 | 0,0001 |
| C9 | 0,00013 | 0,0003 |
| C10 | 0,00015 | 0,00018 |
| C11 | 0,00017 | 0,00014 |
| C12 | 0,00001 | 0,00001 |
| C13 | 0,00005 | 0,00012 |
| C14 | 0,00003 | 0,00035 |
| C15 | 0,00015 | 0,00014 |
| C16 | 0,00004 | 0,00021 |

| MIEMBRO 25 VIGA | | |
|-----------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,02188 | 0 |
| C2 | 0,02169 | 0,00001 |
| C3 | 0,02174 | 0 |
| C4 | 0,06104 | 0,00038 |
| C5 | 0,02175 | 0,00007 |
| C6 | 0,06106 | 0,00037 |
| C7 | 0,02197 | 0,00021 |
| C8 | 0,04909 | 0,00029 |
| C9 | 0,02165 | 0,00005 |
| C10 | 0,049 | 0,00028 |
| C11 | 0,02181 | 0,00016 |
| C12 | 0,01313 | 0 |
| C13 | 0,05592 | 0,00038 |
| C14 | 0,013 | 0,00007 |
| C15 | 0,05593 | 0,00037 |
| C16 | 0,01322 | 0,00022 |

| MIEMBRO 53 ÁNGULO | | |
|-------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00128 | 0,00537 |
| C2 | 0,03425 | 0,14333 |
| C3 | 0,02601 | 0,10884 |
| C4 | 0,00239 | 0,0055 |
| C5 | 0,01954 | 0,00827 |
| C6 | 0,0024 | 0,00554 |
| C7 | 0,01952 | 0,00827 |
| C8 | 0,02605 | 0,10884 |
| C9 | 0,03197 | 0,10898 |
| C10 | 0,02605 | 0,10884 |
| C11 | 0,03192 | 0,10896 |
| C12 | 0,00077 | 0,00322 |
| C13 | 0,00207 | 0,00344 |
| C14 | 0,01928 | 0,00667 |
| C15 | 0,00208 | 0,00348 |
| C16 | 0,01926 | 0,00667 |

| MIEMBRO 54 ÁNGULO | | |
|-------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00537 | 0,00128 |
| C2 | 0,14333 | 0,03425 |
| C3 | 0,10884 | 0,02601 |
| C4 | 0,00554 | 0,0024 |
| C5 | 0,00827 | 0,01954 |
| C6 | 0,0055 | 0,00239 |
| C7 | 0,00827 | 0,01952 |
| C8 | 0,10884 | 0,02605 |
| C9 | 0,10898 | 0,03197 |
| C10 | 0,10884 | 0,02605 |
| C11 | 0,10896 | 0,03192 |
| C12 | 0,00322 | 0,00077 |
| C13 | 0,00348 | 0,00208 |
| C14 | 0,00667 | 0,01927 |
| C15 | 0,00344 | 0,00207 |
| C16 | 0,00667 | 0,01926 |

Tabla N° 29: Diseño miembros más solicitados de gabinete C2 tipo B, suelo C.

| Descripción | Sección | Miembro | Ratio | PROPIEDADES | Unidad | Columna Base | Viga | Ángulo |
|---------------------------------|----------------------|---------|-------|---|--------|----------------------|----------------------|-----------------|
| Ángulo | ELE 3 x 3 x 0.3 | 52 | 0.79 | Elemento | | Columna Base | Viga | Ángulo |
| Columna Base | Cuadrado 25 x 25 x 2 | 19 | 0.60 | Sección | | Cuadrado 25 x 25 x 2 | Cuadrado 25 x 25 x 3 | ELE 3 x 3 x 0.3 |
| Viga | Cuadrado 25 x 25 x 3 | 81 | 0.76 | | | | | |
| | | | | CRITERIOS DE DISEÑO | | | | |
| | | | | Longitud superior no arriostrada entre soportes laterales (LbTop) | [m] | 0,1 | 0,21 | 1,0 |
| | | | | Eje mayor | | | | |
| | | | | Eje menor | | | | |
| | | | | Longitud inferior no arriostrada entre soportes laterales (LbBot) | [m] | 0,1 | 0,21 | 1,0 |
| | | | | Eje mayor | | | | |
| | | | | Eje menor | | | | |
| | | | | Factor de longitud efectiva (K) | | | | |
| | | | | Eje mayor | | 1,00 | 1,00 | 1,0 |
| | | | | Eje menor | | 1,00 | 1,00 | 1,0 |
| | | | | Factor de longitud efectiva para torsión | | | | |
| | | | | Eje mayor | | 1,00 | 1,00 | 1,0 |
| | | | | Eje menor | | 1,00 | | |
| | | | | Longitud para tensión axial (L) | [m] | 0,1 | 0,21 | 1,0 |
| | | | | Eje mayor | | | | |
| | | | | Eje menor | | | | |
| | | | | Longitud no arriostrada de compresión (Lx, Ly) | [m] | 0,1 | 0,21 | 1,0 |
| | | | | Eje mayor | | | | |
| | | | | Eje menor | [m] | 0,1 | 0,21 | 1,0 |
| | | | | Longitud para pandeo torsional y lateral torsional | [m] | 0,1 | 0,21 | 1,0 |
| | | | | Eje mayor | | | | |
| | | | | Eje menor | | | | |
| CONDICIONES DE SERVICIO | | | | Tracción [Maxima esbeltez geometrica (L/r)] | | 10,64 | 22,34 | 170,95 |
| | | | | Compresión [Esbeltez geometrica crítica (KL/r)] | | 10,64 | 22,34 | 153,48 |
| VERIFICACIONES DE DISEÑO | | | | DISEÑO A FLEXIÓN (W= 1.67) | | | | |
| | | | | Flexión alrededor del eje mayor, M33 | | | | |
| | | | | Relación | | 0,52 | 0,58 | 0,17 |
| | | | | Capacidad | [Kg*m] | 24,05 | 24,05 | 22,55 |
| | | | | Demanda | [Kg*m] | 12,57 | -13,9 | -3,77 |
| | | | | Fluencia (Mp) | [Kg*m] | 40,17 | 40,17 | 41,55 |
| | | | | Pandeo lateral-torsional (LTB Mn) | N/A | N/A | N/A | 37,66 |
| | | | | Factor de modificación para el pandeo lateral-torsional (Cb) | N/A | N/A | N/A | 1,59 |
| | | | | Factor lateral torsional (c) | N/A | N/A | N/A | 1 |
| | | | | Momento elástico de pandeo lateral-torsional (Me) | N/A | N/A | N/A | 120,85 |
| | | | | Pandeo local del alma (WLB Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | | | | Pandeo local (LB Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | | | | Pandeo local del ala (FLB Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | | | | Parámetro de esbeltez para el ala (l) | | 9,5 | 9,5 | 10 |
| | | | | Límite del parámetro de esbeltez para ala compacta (lp) | | 31,79 | 31,79 | 15,33 |
| | | | | Límite del parámetro de esbeltez para ala no-compacta (lr) | | 39,74 | 39,74 | 25,83 |
| | | | | Tensión de fluencia del ala (TFY Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A |

| | | | | | |
|---|---|-------------|-------------|----------|---------|
| VERIFICACIONES DE DISEÑO | Flexión alrededor del eje menor, M22 | | | | |
| | Relación | | 0,07 | 0,48 | 0,6 |
| | Capacidad | [Kg*m] | 24,05 | 24,05 | 11,94 |
| | Demanda | [Kg*m] | 1,65 | 11,47 | -7,13 |
| | Fluencia (Mp) | [Kg*m] | 40,17 | 40,17 | 19,95 |
| | Pandeo lateral-torsional (LTB Mn) | | N/A | N/A | 19,95 |
| | Momento elástico de pandeo lateral-torsional (Me) | | N/A | N/A | 170,07 |
| | Pandeo local del ala (FLB Mn) | | N/A | N/A | N/A |
| | Parámetro de esbeltez para el ala ((λ) | | 9,5 | 9,5 | 10 |
| | Límite del parámetro de esbeltez para ala compacta ((λp) | | 31,79 | 31,79 | 15,33 |
| | Límite del parámetro de esbeltez para ala no-compacta ((λr) | | 39,74 | 39,74 | 25,83 |
| | DISEÑO A CORTE | | | | |
| | Corte paralelo al eje mayor, V3 (W= 1.67) | | | | |
| | Relación | | 0,04 | 0,12 | 0,01 |
| | Capacidad | [Kg] | 836,61 | 836,61 | 1099,55 |
| | Demanda | [Kg] | -31,55 | 101,5 | 14,75 |
| | Coefficiente de corte para el alma (Cv) | [Kg] | 1 | 1 | 1 |
| | Coefficiente de pandeo para la placa del alma (kv) | [Kg] | 5 | 5 | 1,2 |
| | Corte paralelo al eje menor, V2 (W= 1.67) | | | | |
| | Relación | | 0,11 | 0,07 | 0,02 |
| | Capacidad | [Kg] | 836,61 | 836,61 | 1099,55 |
| | Demanda | [Kg] | -92,97 | -55,82 | -18,02 |
| Coefficiente de corte para el alma (Cv) | [Kg] | 1 | 1 | 1 | |
| Coefficiente de pandeo para la placa del alma (kv) | [Kg] | 5 | 5 | 1,2 | |
| DISEÑO A TRACCIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0,11 | 0 | 0 | |
| Capacidad | [Kg] | 2788,69 | 2788,69 | 2591,66 | |
| Demanda | [Kg] | 306,32 | 12,82 | -0,18 | |
| DISEÑO A COMPRESIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0,11 | 0,01 | 0,05 | |
| Capacidad | [Kg] | 2772,12 | 2716,35 | 767,18 | |
| Demanda | [Kg] | -306,78 | -31,33 | -40,03 | |
| Parámetro de esbeltez para el alma (λw) | -- | 9,5 | 9,5 | 10 | |
| Límite no-compacto para el alma ((λrw) | -- | 39,74 | 39,74 | 12,77 | |
| Parámetro de esbeltez para el ala ((λf) | -- | 9,5 | 9,5 | 10 | |
| Límite no-compacto para el ala ((λrf) | -- | 39,74 | 39,74 | 12,77 | |
| Esfuerzo elástico flexional (Fex) | [Kg/m2] | 1,77754E+15 | 4,03069E+14 | 8543137 | |
| Esfuerzo elástico flexional (Fey) | [Kg/m2] | 1,77754E+15 | 4,03069E+14 | 8543137 | |
| Esfuerzo al pandeo elástico torsional (Fez) | [Kg/m2] | 6,05668E+15 | 6,05668E+15 | 8,97E+13 | |
| Esfuerzo elástico crítico flexional-torsional (Fec) | [Kg/m2] | 1,77754E+15 | 4,03069E+14 | | |
| Esfuerzo crítico al pandeo flexional (Fcr) | [Kg/m2] | 2,516E+13 | 2,46538E+13 | 7492332 | |
| Esfuerzo crítico al pandeo flexional-torsional (FcrTor) | [Kg/m2] | 2,516E+13 | 2,46538E+13 | | |
| Factor de reducción en elementos esbeltos no atiesados (Qs) | -- | 1 | 1 | 1 | |
| Factor de reducción en elementos esbeltos atiesados (Qa) | -- | 1 | 1 | 1 | |
| Area efectiva a esfuerzo uniforme (Aeff) | [cm2] | 1,84 | 1,84 | 1,71 | |
| DISEÑO A TORSIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0,31 | 0,13 | 0 | |
| Capacidad | [Kg*m] | 19,24 | 19,24 | 1,55 | |
| Demanda | [Kg*m] | -6,02 | -2,44 | 0 | |
| Tensión crítica (Fcr) | [Kg/m2] | 1,51862E+13 | 1,52E+13 | 1,52E+13 | |

Tabla N° 30: Diseño Perno de anclaje C2 tipo B, suelo D.

| Nudo | | Fuerzas | | | | | | Momentos | | | | | |
|-----------------------|-----|------------|-----|-------------|-----|------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----------|
| | | Fx [Kg] | ec | Fy [Kg] | ec | Fz [Kg] | ec | Mx [Kg*m] | ec | My [Kg*m] | ec | Mz [Kg*m] | ec |
| 1 | Max | 101,7110 | C10 | 940,3780 | C5 | 462,9690 | C16 | 2,2762 | C7 | 6,8335 | C13 | 14,5628 | C4 |
| | Min | -184,7690 | C13 | -912,2690 | C16 | -331,5170 | C5 | -1,7604 | C13 | -6,9175 | C6 | -13,3948 | C15 |
| 2 | Max | 184,7830 | C15 | 943,7180 | C5 | 463,2170 | C16 | 2,2538 | C7 | 6,9167 | C4 | 13,3951 | C4 |
| | Min | -101,6810 | C8 | -915,6140 | C16 | -331,6770 | C5 | -1,7219 | C15 | -6,8328 | C15 | -14,5631 | C15 |
| 17 | Max | 233,3410 | C6 | 1.335,5000 | C6 | 322,8230 | C7 | 2,3569 | C16 | 6,9067 | C5 | 1,5161 | C4 |
| | Min | -370,3690 | C13 | -1.299,0440 | C13 | -454,3900 | C14 | -2,9038 | C5 | -6,8247 | C16 | -1,6637 | C15 |
| 18 | Max | 370,6930 | C15 | 1.332,6720 | C4 | 322,7680 | C4 | 2,3887 | C16 | 6,8262 | C16 | 1,6585 | C13 |
| | Min | -233,5000 | C4 | -1.296,0900 | C15 | -454,3030 | C14 | -2,9215 | C5 | -6,9082 | C5 | -1,5017 | C6 |
| Máx (tracción) | | 370,6930 | | 1.335,5000 | | 463,2170 | | | | | | | 1.335,500 |
| Máx (corte) | | 370,6930 | | | | 463,2170 | | | | | | | 463,217 |

| | |
|------|-------------|
| Fy | 2531 |
| T | 1.335,500 |
| Dp | 1,25 |
| A | 1,22718463 |
| Tadm | 1863,60258 |
| Fu | 0,716622747 |
| Vmáx | 463 |
| Fadm | 1012,4 |
| Fv | 377,4631694 |
| Fuv | 0,372839954 |

Perno 1/2" x 57 mm

Cumple

Cumple

Tabla N° 31 Miembros con mayor deformación en elementos de C2 tipo B, suelo D.

| MIEMBRO 6 COLUMNA | | | MIEMBRO 25 VIGA | | | MIEMBRO 53 ÁNGULO | | | MIEMBRO 54 ÁNGULO | | |
|-------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] | Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] | Estado | Defl, (2) [cm] | @(%) | Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00308 | 0,00002 | C1 | 0,02188 | 0 | C1 | 0,00128 | 0,00537 | C1 | 0,00537 | 0,00128 |
| C2 | 0,00295 | 0,00002 | C2 | 0,02169 | 0,00001 | C2 | 0,03425 | 0,14333 | C2 | 0,14333 | 0,03425 |
| C3 | 0,00298 | 0,00002 | C3 | 0,02174 | 0 | C3 | 0,02601 | 0,10884 | C3 | 0,10884 | 0,02601 |
| C4 | 0,02824 | 0,00009 | C4 | 0,06816 | 0,00044 | C4 | 0,00262 | 0,00555 | C4 | 0,00558 | 0,00263 |
| C5 | 0,00295 | 0,00008 | C5 | 0,02173 | 0,00008 | C5 | 0,02234 | 0,00889 | C5 | 0,00889 | 0,02234 |
| C6 | 0,03064 | 0,00009 | C6 | 0,06818 | 0,00043 | C6 | 0,00263 | 0,00558 | C6 | 0,00555 | 0,00262 |
| C7 | 0,0032 | 0,00024 | C7 | 0,02198 | 0,00025 | C7 | 0,02232 | 0,00889 | C7 | 0,00889 | 0,02232 |
| C8 | 0,02103 | 0,00007 | C8 | 0,05438 | 0,00033 | C8 | 0,02607 | 0,10884 | C8 | 0,10884 | 0,02608 |
| C9 | 0,00289 | 0,00005 | C9 | 0,02163 | 0,00006 | C9 | 0,03349 | 0,10906 | C9 | 0,10906 | 0,03349 |
| C10 | 0,02315 | 0,00007 | C10 | 0,05428 | 0,00032 | C10 | 0,02608 | 0,10884 | C10 | 0,10884 | 0,02607 |
| C11 | 0,00307 | 0,00018 | C11 | 0,02182 | 0,00018 | C11 | 0,03344 | 0,10904 | C11 | 0,10904 | 0,03344 |
| C12 | 0,00185 | 0,00001 | C12 | 0,01313 | 0 | C12 | 0,00077 | 0,00322 | C12 | 0,00322 | 0,00077 |
| C13 | 0,02873 | 0,0001 | C13 | 0,06313 | 0,00044 | C13 | 0,00231 | 0,00351 | C13 | 0,00355 | 0,00232 |
| C14 | 0,00172 | 0,00008 | C14 | 0,01298 | 0,00008 | C14 | 0,02207 | 0,00733 | C14 | 0,00733 | 0,02207 |
| C15 | 0,03012 | 0,00009 | C15 | 0,06315 | 0,00043 | C15 | 0,00232 | 0,00355 | C15 | 0,00351 | 0,00231 |
| C16 | 0,00197 | 0,00023 | C16 | 0,01323 | 0,00025 | C16 | 0,02205 | 0,00733 | C16 | 0,00733 | 0,02205 |

Tabla N° 32: Diseño miembros más solicitados de gabinete C2 tipo B, suelo D.

| | | | | Miembro | | 19 | 81 | 52 |
|--------------|----------------------|---------|-------|---|----------|----------------------|----------------------|-----------------|
| Descripción | Sección | Miembro | Ratio | PROPIEDADES | Unidad | | | |
| Ángulo | ELE 3 x 3 x 0.3 | 52 | 0.90 | | Elemento | Columna Base | Viga | Ángulo |
| Columna Base | Cuadrado 25 x 25 x 2 | 19 | 0.69 | | Sección | Cuadrado 25 x 25 x 2 | Cuadrado 25 x 25 x 2 | ELE 3 x 3 x 0.3 |
| Viga | Cuadrado 25 x 25 x 2 | 81 | 0.80 | | | | | |
| | | | | CRITERIOS DE DISEÑO | | | | |
| | | | | Longitud superior no arriostrada entre soportes laterales (LbTop) | [m] | 0,1 | 0,21 | 1,0 |
| | | | | Eje mayor | | | | |
| | | | | Eje menor | | | | |
| | | | | Longitud inferior no arriostrada entre soportes laterales (LbBot) | [m] | 0,1 | 0,21 | 1,0 |
| | | | | Eje mayor | | | | |
| | | | | Eje menor | | | | |
| | | | | Factor de longitud efectiva (K) | | | | |
| | | | | Eje mayor | | 1,00 | 1,00 | 1,0 |
| | | | | Eje menor | | 1,00 | 1,00 | 1,0 |
| | | | | Factor de longitud efectiva para torsión | | | | |
| | | | | Eje mayor | | 1,00 | 1,00 | 1,0 |
| | | | | Eje menor | | 1,00 | | |
| | | | | Longitud para tensión axial (L) | [m] | 0,1 | 0,21 | 1,0 |
| | | | | Eje mayor | | | | |
| | | | | Eje menor | | | | |
| | | | | Longitud no arriostrada de compresión (Lx, Ly) | [m] | 0,1 | 0,21 | 1,0 |
| | | | | Eje mayor | [m] | 0,1 | 0,21 | 1,0 |
| | | | | Eje menor | [m] | 0,1 | 0,21 | 1,0 |
| | | | | Longitud para pandeo torsional y lateral torsional | [m] | 0,1 | 0,21 | 1,0 |
| | | | | Eje mayor | | | | |
| | | | | Eje menor | | | | |
| | | | | CONDICIONES DE SERVICIO | | | | |
| | | | | Tracción [Maxima esbeltez geometrica (L/r)] | | 10,64 | 22,34 | 170,95 |
| | | | | Compresión [Esbeltez geometrica crítica (KL/r)] | | 10,64 | 22,34 | 153,48 |
| | | | | VERIFICACIONES DE DISEÑO | | | | |
| | | | | DISEÑO A FLEXIÓN (W= 1.67) | | | | |
| | | | | Flexión alrededor del eje mayor, M33 | | | | |
| | | | | Relación | | 0,6 | 0,58 | 0,18 |
| | | | | Capacidad | [Kg*m] | 24,05 | 24,05 | 22,83 |
| | | | | Demanda | [Kg*m] | 14,43 | -13,9 | -4,14 |
| | | | | Fluencia (Mp) | [Kg*m] | 40,17 | 40,17 | 41,55 |
| | | | | Pandeo lateral-torsional (LTB Mn) | N/A | N/A | N/A | 38,12 |
| | | | | Factor de modificación para el pandeo lateral-torsional (Cb) | N/A | N/A | N/A | 1,69 |
| | | | | Factor lateral torsional (c) | N/A | N/A | N/A | 1 |
| | | | | Momento elástico de pandeo lateral-torsional (Me) | N/A | N/A | N/A | 128,33 |
| | | | | Pandeo local del alma (WLB Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | | | | Pandeo local (LB Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | | | | Pandeo local del ala (FLB Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | | | | Parámetro de esbeltez para el ala (l) | | 9,5 | 9,5 | 10 |
| | | | | Límite del parámetro de esbeltez para ala compacta (lp) | | 31,79 | 31,79 | 15,33 |
| | | | | Límite del parámetro de esbeltez para ala no-compacta (lr) | | 39,74 | 39,74 | 25,83 |
| | | | | Tensión de fluencia del ala (TFY Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A |

| | | | | | |
|---|---|-------------|-------------|----------|---------|
| VERIFICACIONES DE DISEÑO | Flexión alrededor del eje menor, M22 | | | | |
| | Relación | | 0,08 | 0,55 | 0,69 |
| | Capacidad | [Kg*m] | 24,05 | 24,05 | 11,94 |
| | Demanda | [Kg*m] | 1,9 | 13,16 | -8,18 |
| | Fluencia (Mp) | [Kg*m] | 40,17 | 40,17 | 19,95 |
| | Pandeo lateral-torsional (LTB Mn) | N/A | N/A | N/A | 19,95 |
| | Momento elástico de pandeo lateral-torsional (Me) | N/A | N/A | N/A | 170,44 |
| | Pandeo local del ala (FLB Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | Parámetro de esbeltez para el ala ((λ) | | 9,5 | 9,5 | 10 |
| | Límite del parámetro de esbeltez para ala compacta ((λp) | | 31,79 | 31,79 | 15,33 |
| | Límite del parámetro de esbeltez para ala no-compacta ((λr) | | 39,74 | 39,74 | 25,83 |
| | DISEÑO A CORTE | | | | |
| | Corte paralelo al eje mayor, V3 (W= 1.67) | | | | |
| | Relación | | 0,04 | 0,14 | 0,02 |
| | Capacidad | [Kg] | 836,61 | 836,61 | 1099,55 |
| | Demanda | [Kg] | -36,25 | 116,51 | 16,93 |
| | Coefficiente de corte para el alma (Cv) | [Kg] | 1 | 1 | 1 |
| | Coefficiente de pandeo para la placa del alma (kv) | [Kg] | 5 | 5 | 1,2 |
| | Corte paralelo al eje menor, V2 (W= 1.67) | | | | |
| | Relación | | 0,12 | 0,07 | 0,02 |
| | Capacidad | [Kg] | 836,61 | 836,61 | 1099,55 |
| Demanda | [Kg] | -100,31 | -55,82 | -18,27 | |
| Coefficiente de corte para el alma (Cv) | [Kg] | 1 | 1 | 1 | |
| Coefficiente de pandeo para la placa del alma (kv) | [Kg] | 5 | 5 | 1,2 | |
| DISEÑO A TRACCIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0,13 | 0,01 | 0 | |
| Capacidad | [Kg] | 2788,69 | 2788,69 | 2591,66 | |
| Demanda | [Kg] | 352,44 | 14,6 | -0,18 | |
| DISEÑO A COMPRESIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0,13 | 0,01 | 0,06 | |
| Capacidad | [Kg] | 2772,12 | 2716,35 | 767,18 | |
| Demanda | [Kg] | -350,97 | -36,04 | -45,94 | |
| Parámetro de esbeltez para el alma ((λw) | -- | 9,5 | 9,5 | 10 | |
| Límite no-compacto para el alma ((λrw) | -- | 39,74 | 39,74 | 12,77 | |
| Parámetro de esbeltez para el ala ((λf) | -- | 9,5 | 9,5 | 10 | |
| Límite no-compacto para el ala ((λrf) | -- | 39,74 | 39,74 | 12,77 | |
| Esfuerzo elástico flexional (Fex) | [Kg/m2] | 1,77754E+15 | 4,03069E+14 | 8543137 | |
| Esfuerzo elástico flexional (Fey) | [Kg/m2] | 1,77754E+15 | 4,03069E+14 | 8543137 | |
| Esfuerzo al pandeo elástico torsional (Fez) | [Kg/m2] | 6,05668E+15 | 6,05668E+15 | 8,97E+13 | |
| Esfuerzo elástico crítico flexional-torsional (Fe) | [Kg/m2] | 1,77754E+15 | 4,03069E+14 | N/A | |
| Esfuerzo crítico al pandeo flexional (Fcr) | [Kg/m2] | 2,516E+13 | 2,46538E+13 | 7492332 | |
| Esfuerzo crítico al pandeo flexional-torsional (FcrTor) | [Kg/m2] | 2,516E+13 | 2,46538E+13 | N/A | |
| Factor de reducción en elementos esbeltos no atiesados (Qs) | -- | 1 | 1 | 1 | |
| Factor de reducción en elementos esbeltos atiesados (Qa) | -- | 1 | 1 | 1 | |
| Area efectiva a esfuerzo uniforme (Aeff) | [cm2] | 1,84 | 1,84 | 1,71 | |
| DISEÑO A TORSIÓN (W= 1.67) | | | | | |
| Relación | | 0,36 | 0,14 | 0 | |
| Capacidad | [Kg*m] | 19,24 | 19,24 | 1,55 | |
| Demanda | [Kg*m] | -6,92 | -2,62 | 0 | |
| Tensión crítica (Fcr) | [Kg/m2] | 1,51862E+13 | 1,52E+13 | 1,52E+13 | |

Tabla N° 33: Tabla cálculo gabinete C2 TIPO C, suelo C.

| N° PROYECTO | NP | ALTO [mm] | ANCHO [mm] | PROFUNDIDAD [mm] | U. BATERIAS | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | U. UPS | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | U. TRANSF. | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | U. RECT. | PESO [Kg] | TOTAL [Kg] | PESO EQUIPOS [Kg] | DISTRIBUCIÓN | COMBINACIÓN | SC 100% [Kg] | PP [Kg] |
|-------------|-------|-----------|------------|------------------|-------------|-----------|------------|--------|-----------|------------|------------|-----------|------------|----------|-----------|------------|-------------------|--------------|-------------|--------------|---------|
| 20 | 14090 | 2100 | 950 | 600 | 60 | 24 | 1410 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1410 | C | C2 TIPO C | 1410 | 138 |
| | | 2,1 | 1,2 | 0,85 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| CÁLCULO DE CARGA | | | | |
|------------------|---------------|-----|------------|------|
| Equipo | Unid./Bandeja | U*P | U*P/Perfil | Kg/m |
| Baterías | 15 | 353 | 59 | 69 |

| DETALLE MATERIAL BASE | | | | | | DETALLE MATERIAL BASE | | | | |
|-----------------------|----------|------|--------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|------------|------------|
| Especificaciones | | LR | Medida | Unidades | Subtotal | Especificaciones | | Cantidad | Peso total | Peso total |
| Tipo | calidad | | | | | Tipo | Calidad | | Kg | Kg |
| □40X40X3 | ASTM A36 | 2,10 | m | 4 | 8,4 | Lpleg 50x3 | ASTM A36 | 28,80 | 64,51 | 138,27 |
| □40X40X3 | ASTM A36 | 1,20 | m | 12 | 14,4 | □40X40X3 | ASTM A36 | 34,80 | 114,84 | |
| □40X40X3 | ASTM A36 | 1,00 | m | 12 | 12,0 | | | | | |
| Lpleg 50x3 | ASTM A36 | 1,20 | m | 24 | 28,8 | | | | | |

| CORTE BASAL PARA CADA TIPO DE SUELO | | | |
|---|--------------|----------------------------|-----------------|
| Q=CIP | | Cálculo de C | |
| n | Suelo A 1 | C>A /(6g) C _{máx} | |
| | Suelo B 1,33 | Suelo A 0,73 | VERDADERO 0,216 |
| | Suelo C 1,4 | Suelo B 1,94 | VERDADERO 0,240 |
| | Suelo D 1,8 | Suelo C 3,01 | VERDADERO 0,252 |
| | | Suelo D 17,27 | VERDADERO 0,288 |
| Coefficiente relativo a la importancia, uso y riesgo de falla del edificio | | | |
| Edificio de categoría IV | | | |
| I | 1,2 | | |
| P (Peso) | 1.548,27 | | |
| Q | | Suelo A 401,31 | |
| | | Suelo B 445,90 | |
| | | Suelo C 468,20 | |
| | | Suelo D 535,08 | |
| Cp | | 2 | |
| Kd | | 1,35 | |
| FUERZA SÍSMICA HORIZONTAL | | | |
| F=Q Cp Kd | | EHXP | EHXN |
| Suelo A | 1084 | 155 | 155 |
| Suelo B | 1204 | 172 | 172 |
| Suelo C | 1264 | 181 | 181 |
| Suelo D | 1445 | 206 | 206 |
| A _s /(6g) 0,067 | | EHZP | EHZN |
| | | 155 | 155 |
| | | 172 | 172 |
| | | 181 | 181 |
| | | 206 | 206 |

Tabla N° 34: Diseño Perno de anclaje C2 tipo C, suelo C.

| Nudo | Fuerzas | | | | | | | Momentos | | | | | | |
|-----------------------|---------|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----------|--|
| | | Fx [Kg] | ec | Fy [Kg] | ec | Fz [Kg] | ec | Mx [Kg*m] | ec | My [Kg*m] | ec | Mz [Kg*m] | ec | |
| 1 | Max | 228,7240 | C10 | 2.164,3530 | C5 | 1.287,0940 | C16 | 105,0594 | C7 | 24,7635 | C13 | 82,8843 | C4 | |
| | Min | -506,9250 | C13 | -2.086,4910 | C16 | -1.014,4240 | C5 | -98,1768 | C13 | -25,9592 | C6 | -74,5859 | C15 | |
| 2 | Max | 506,9250 | C15 | 2.164,4660 | C5 | 1.286,5420 | C16 | 105,1440 | C7 | 25,9552 | C4 | 74,5866 | C4 | |
| | Min | -228,7340 | C8 | -2.086,5900 | C16 | -1.013,8840 | C5 | -98,2572 | C15 | -24,7595 | C15 | -82,8835 | C15 | |
| 17 | Max | 765,5380 | C6 | 2.454,1160 | C6 | 1.430,0930 | C7 | 185,0798 | C16 | 98,5085 | C5 | 38,5005 | C4 | |
| | Min | -1.041,4900 | C13 | -2.347,2670 | C13 | -1.702,7620 | C14 | -192,8392 | C5 | -96,8067 | C16 | -27,2236 | C15 | |
| 18 | Max | 1.042,5570 | C15 | 2.454,1110 | C4 | 1.430,6670 | C4 | 184,9964 | C16 | 96,8106 | C16 | 27,2271 | C13 | |
| | Min | -766,6040 | C4 | -2.347,2600 | C15 | -1.703,3260 | C14 | -192,7503 | C5 | -98,5123 | C5 | -38,5132 | C6 | |
| Máx (tracción) | | 1.042,5570 | | 2.454,1160 | | 1.430,6670 | | | | | | | 2.454,116 | |
| Máx (corte) | | 1.042,5570 | | | | 1.703,3260 | | | | | | | 1.703,326 | |

| | | |
|------|-------------|--------------------|
| Fy | 2531 | |
| T | 2.454,116 | |
| Dp | 1,5625 | Perno 5/8" x 57 mm |
| A | 1,917475985 | |
| Tadm | 2911,879031 | Cumple |
| Fu | 0,842794626 | |
| Vmáx | 1.703 | |
| Fadm | 1012,4 | |
| Fv | 888,3167317 | |
| Fuv | 0,877436519 | Cumple |

Tabla N° 35: Miembros con mayor deformación en elementos de C2 tipo C, suelo C.

| MIEMBRO 64 COLUMNA | | | MIEMBRO 58 COLUMNA | | | MIEMBRO 24 VIGA | | | MIEMBRO 83 ÁNGULO | | |
|--------------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] | Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] | Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] | Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00002 | 0 | C1 | 0,00002 | 0 | C1 | 0,00014 | 0,00022 | C1 | 0,00197 | 0,00001 |
| C2 | 0,001 | 0,00013 | C2 | 0,001 | 0,00013 | C2 | 0,00084 | 0,01302 | C2 | 0,13088 | 0,00041 |
| C3 | 0,00076 | 0,0001 | C3 | 0,00076 | 0,0001 | C3 | 0,00066 | 0,00982 | C3 | 0,09865 | 0,00031 |
| C4 | 0,00558 | 0,00018 | C4 | 0,00555 | 0,00017 | C4 | 0,00583 | 0,0088 | C4 | 0,00216 | 0,00079 |
| C5 | 0,0001 | 0,00049 | C5 | 0,0001 | 0,00049 | C5 | 0,00091 | 0,10946 | C5 | 0,00558 | 0,02044 |
| C6 | 0,00555 | 0,00017 | C6 | 0,00558 | 0,00018 | C6 | 0,00564 | 0,00879 | C6 | 0,00189 | 0,00079 |
| C7 | 0,00013 | 0,00049 | C7 | 0,00014 | 0,00049 | C7 | 0,00065 | 0,10883 | C7 | 0,0047 | 0,01995 |
| C8 | 0,0049 | 0,00023 | C8 | 0,00346 | 0,00003 | C8 | 0,00476 | 0,01373 | C8 | 0,09878 | 0,00086 |
| C9 | 0,00067 | 0,00034 | C9 | 0,00067 | 0,00034 | C9 | 0,00124 | 0,09175 | C9 | 0,09933 | 0,01533 |
| C10 | 0,00346 | 0,00003 | C10 | 0,0049 | 0,00023 | C10 | 0,00445 | 0,01372 | C10 | 0,09853 | 0,0006 |
| C11 | 0,00084 | 0,0004 | C11 | 0,00084 | 0,0004 | C11 | 0,00011 | 0,07197 | C11 | 0,09861 | 0,01498 |
| C12 | 0,00001 | 0 | C12 | 0,00001 | 0 | C12 | 0,00008 | 0,00013 | C12 | 0,00118 | 0,00001 |
| C13 | 0,00558 | 0,00018 | C13 | 0,00556 | 0,00017 | C13 | 0,00582 | 0,00875 | C13 | 0,0014 | 0,00079 |
| C14 | 0,0001 | 0,00049 | C14 | 0,0001 | 0,00049 | C14 | 0,00085 | 0,10937 | C14 | 0,00506 | 0,02044 |
| C15 | 0,00556 | 0,00017 | C15 | 0,00558 | 0,00018 | C15 | 0,00565 | 0,00874 | C15 | 0,00114 | 0,00079 |
| C16 | 0,00013 | 0,00049 | C16 | 0,00013 | 0,00049 | C16 | 0,00068 | 0,10891 | C16 | 0,00416 | 0,01995 |

| MIEMBRO 84 ÁNGULO | | | MIEMBRO 83 DIAGONAL | | | MIEMBRO 84 DIAGONAL | | |
|-------------------|----------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] | Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] | Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00197 | 0,00001 | C1 | 0,00197 | 0,00001 | C1 | 0,00197 | 0,00001 |
| C2 | 0,13088 | 0,00041 | C2 | 0,13088 | 0,00041 | C2 | 0,13088 | 0,00041 |
| C3 | 0,09865 | 0,00031 | C3 | 0,09865 | 0,00031 | C3 | 0,09865 | 0,00031 |
| C4 | 0,0019 | 0,00079 | C4 | 0,00216 | 0,00079 | C4 | 0,0019 | 0,00079 |
| C5 | 0,00558 | 0,02044 | C5 | 0,00558 | 0,02044 | C5 | 0,00558 | 0,02044 |
| C6 | 0,00216 | 0,00079 | C6 | 0,00189 | 0,00079 | C6 | 0,00216 | 0,00079 |
| C7 | 0,00469 | 0,01995 | C7 | 0,0047 | 0,01995 | C7 | 0,00469 | 0,01995 |
| C8 | 0,09853 | 0,0006 | C8 | 0,09878 | 0,00086 | C8 | 0,09853 | 0,0006 |
| C9 | 0,09933 | 0,01533 | C9 | 0,09933 | 0,01533 | C9 | 0,09933 | 0,01533 |
| C10 | 0,09878 | 0,00086 | C10 | 0,09853 | 0,0006 | C10 | 0,09878 | 0,00086 |
| C11 | 0,0986 | 0,01498 | C11 | 0,09861 | 0,01498 | C11 | 0,0986 | 0,01498 |
| C12 | 0,00118 | 0,00001 | C12 | 0,00118 | 0,00001 | C12 | 0,00118 | 0,00001 |
| C13 | 0,00114 | 0,00079 | C13 | 0,0014 | 0,00079 | C13 | 0,00114 | 0,00079 |
| C14 | 0,00506 | 0,02044 | C14 | 0,00506 | 0,02044 | C14 | 0,00506 | 0,02044 |
| C15 | 0,0014 | 0,00079 | C15 | 0,00114 | 0,00079 | C15 | 0,0014 | 0,00079 |
| C16 | 0,00416 | 0,01995 | C16 | 0,00416 | 0,01995 | C16 | 0,00416 | 0,01995 |

Tabla N° 36: Diseño miembros más solicitados de gabinete C2 tipo C, suelo C.

| | | | | Miembro | | 62 | 42 | 82 | 104 | |
|--------------|----------------------|---------|-------|--|---|----------------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----|
| Descripción | Sección | Miembro | Ratio | PROPIEDADES | Unidad | | | | | |
| Viga | Cuadrado 30 x 30 x 3 | 42 | 0.76 | | Elemento | Columna base | Viga | Ángulo | Cuadrado 50 x 50 x 5 | |
| Columna base | Cuadrado 50 x 50 x 4 | 62 | 0.98 | | Sección | Cuadrado 50 x 50 x 4 | Cuadrado 30 x 30 x 3 | ELE 3 X 3 X 0.3 | Diagonal | |
| Ángulo | ELE 3 X 3 X 0.3 | 82 | 0.90 | CRITERIOS DE DISEÑO | Longitud superior no arriostrada entre soportes laterales (LbTop) | | | | | |
| Diagonal | Cuadrado 50 x 50 x 5 | 104 | 0.68 | | Eje mayor | [m] | 0,1 | 0,21 | 0,9 | 2,4 |
| | | | | | Eje menor | | | | | |
| | | | | | Longitud inferior no arriostrada entre soportes laterales (LbBot) | | | | | |
| | | | | | Eje mayor | [m] | 0,1 | 0,21 | 0,9 | 2,4 |
| | | | | | Eje menor | | | | | |
| | | | | | Factor de longitud efectiva (K) | | | | | |
| | | | | | Eje mayor | | 1,00 | 1,00 | 1,0 | 1,0 |
| | | | | | Eje menor | | 1,00 | 1,00 | 1,0 | 1,0 |
| | | | | | Factor de longitud efectiva para torsión | | | | | |
| | | | | | Eje mayor | | 1,00 | 1,00 | 1,0 | 1,0 |
| | | | | | Eje menor | | 1,00 | | | |
| | | | | | Longitud para tensión axial (L) | | | | | |
| | | | | | Eje mayor | [m] | 0,1 | 0,21 | 0,9 | 2,4 |
| | | | | Eje menor | | | | | | |
| | | | | Longitud no arriostrada de compresión (Lx, Ly) | | | | | | |
| | | | | Eje mayor | [m] | 0,1 | 0,21 | 1,0 | 2,4 | |
| | | | | Eje menor | [m] | 0,1 | 0,21 | 1,0 | 2,4 | |
| | | | | Longitud para pandeo torsional y lateral torsional | | | | | | |
| | | | | Eje mayor | [m] | 0,1 | 0,21 | 0,9 | 2,4 | |
| | | | | Eje menor | | | | | | |
| | | | | CONDICIONES DE SERVICIO | | | | | | |
| | | | | Tracción [Máxima esbeltez geométrica (L/r)] | | 5,32 | 19,02 | 145,31 | 131,45 | |
| | | | | Compresión [Esbeltez geométrica crítica (KL/r)] | | 5,32 | 19,02 | 137,2 | 131,45 | |
| | | | | VERIFICACIONES DE DISEÑO | | | | | | |
| | | | | DISEÑO A FLEXIÓN (W= 1.67) | | | | | | |
| | | | | Flexión alrededor del eje mayor, M33 | | | | | | |
| | | | | Relación | | 0,43 | 0,12 | 0,2 | 0,1 | |
| | | | | Capacidad | [Kg*m] | 192,42 | 49,72 | 22,95 | 230,18 | |
| | | | | Demanda | [Kg*m] | -82,88 | 5,87 | -4,59 | -22,92 | |
| | | | | Fluencia (Mp) | [Kg*m] | 321,34 | 83,03 | 41,55 | 384,4 | |
| | | | | Pandeo lateral-torsional (LTB Mn) | N/A | | | 38,33 | N/A | |
| | | | | Factor de modificación para el pandeo lateral-torsional (Cb) | N/A | | | 2,22 | N/A | |
| | | | | Factor lateral torsional (c) | N/A | | | 1 | N/A | |
| | | | | Momento elástico de pandeo lateral-torsional (Me) | N/A | | | 132 | N/A | |
| | | | | Pandeo local del alma (WLB Mn) | N/A | | | N/A | N/A | |
| | | | | Pandeo local (LB Mn) | N/A | | | N/A | N/A | |
| | | | | Pandeo local del ala (FLB Mn) | N/A | | | N/A | N/A | |
| | | | | Parámetro de esbeltez para el ala (l) | | 9,5 | 7 | 10 | 7 | |
| | | | | Límite del parámetro de esbeltez para ala compacta (lp) | | 31,79 | 31,79 | 15,33 | 31,79 | |
| | | | | Límite del parámetro de esbeltez para ala no-compacta (lr) | | 39,74 | 39,74 | 25,83 | 39,74 | |
| | | | | Tensión de fluencia del ala (TFY Mn) | N/A | | | N/A | N/A | |

| | | | | | | |
|---|---|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|
| VERIFICACIONES DE DISEÑO | Flexión alrededor del eje menor, M22 | | | | | |
| | Relación | | 0,55 | 0,71 | 0,59 | 0,56 |
| | Capacidad | [Kg*m] | 192,42 | 49,72 | 11,94 | 230,18 |
| | Demanda | [Kg*m] | 105,14 | -35,29 | 7,04 | 128,14 |
| | Fluencia (Mp) | [Kg*m] | 321,34 | 83,03 | 19,95 | 384,4 |
| | Pandeo lateral-torsional (LTB Mn) | N/A | N/A | N/A | 19,95 | N/A |
| | Momento elástico de pandeo lateral-torsional (Me) | N/A | N/A | N/A | 202,42 | N/A |
| | Pandeo local del ala (FLB Mn) | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | Parámetro de esbeltez para el ala ((λ) | | 9,5 | 7 | 10 | 7 |
| | Límite del parámetro de esbeltez para ala compacta ((λp) | | 31,79 | 31,79 | 15,33 | 31,79 |
| | Límite del parámetro de esbeltez para ala no-compacta ((λr) | | 39,74 | 39,74 | 25,83 | 39,74 |
| | DISEÑO A CORTE | | | | | |
| | Corte paralelo al eje mayor, V3 (W= 1.67) | | | | | |
| | Relación | | 0,33 | 0,17 | 0,03 | 0,15 |
| | Capacidad | [Kg] | 3346,43 | 1473,15 | 1099,55 | 4092,1 |
| | Demanda | [Kg] | 1105,54 | -257,58 | 30,76 | 619,63 |
| | Coefficiente de corte para el alma (Cv) | [Kg] | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Coefficiente de pandeo para la placa del alma (kv) | [Kg] | 5 | 5 | 1,2 | 1,2 |
| | Corte paralelo al eje menor, V2 (W= 1.67) | | | | | |
| | Relación | | 0,1 | 0,13 | 0,02 | 0,04 |
| | Capacidad | [Kg] | 3346,43 | 1473,15 | 1099,55 | 4092,1 |
| | Demanda | [Kg] | 325,93 | -194,22 | 17,03 | -165,51 |
| Coefficiente de corte para el alma (Cv) | [Kg] | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Coefficiente de pandeo para la placa del alma (kv) | [Kg] | 5 | 5 | 1,2 | 1,2 | |
| DISEÑO A TRACCIÓN (W= 1.67) | | | | | | |
| Relación | | 0,19 | 0,01 | 0 | 0,09 | |
| Capacidad | [Kg] | 11154,75 | 4910,52 | 2591,66 | 13640,32 | |
| Demanda | [Kg] | 2086,94 | 29,89 | 3,37 | 1236,93 | |
| DISEÑO A COMPRESIÓN (W= 1.67) | | | | | | |
| Relación | | 0,19 | 0,01 | 0,17 | 0,24 | |
| Capacidad | [Kg] | 11138,14 | 4817,86 | 959,93 | 5492,23 | |
| Demanda | [Kg] | -2164,47 | -63,13 | -162,6 | -1307,18 | |
| Parámetro de esbeltez para el alma (λw) | -- | 9,5 | 7 | 10 | 7 | |
| Límite no-compacto para el alma ((λrw) | -- | 39,74 | 39,74 | 12,77 | 39,74 | |
| Parámetro de esbeltez para el ala ((λf) | -- | 9,5 | 7 | 10 | 7 | |
| Límite no-compacto para el ala ((λrf) | -- | 39,74 | 39,74 | 12,77 | 39,74 | |
| Esfuerzo elástico flexional (Fex) | [Kg/m2] | 7,11014E+15 | 5,56122E+14 | 1,06896E+13 | 1,16453E+13 | |
| Esfuerzo elástico flexional (Fey) | [Kg/m2] | 7,11014E+15 | 5,56122E+14 | 1,06896E+13 | 1,16453E+13 | |
| Esfuerzo al pandeo elástico torsional (Fez) | [Kg/m2] | 6,05668E+15 | 6,04946E+15 | 8,98E+13 | 6,05E+15 | |
| Esfuerzo elástico crítico flexional-torsional (Fe) | [Kg/m2] | 7,11014E+15 | 5,56122E+14 | N/A | 1,16453E+13 | |
| Esfuerzo crítico al pandeo flexional (Fcr) | [Kg/m2] | 2,52727E+13 | 2,48328E+12 | 9374764 | 1,01911E+13 | |
| Esfuerzo crítico al pandeo flexional-torsional (FcrTor) | [Kg/m2] | 2,52727E+13 | 2,48328E+12 | N/A | 1,01911E+13 | |
| Factor de reducción en elementos esbeltos no atiesados (Qs) | -- | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Factor de reducción en elementos esbeltos atiesados (Qa) | -- | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Area efectiva a esfuerzo uniforme (Aeff) | [cm2] | 7,36 | 3,24 | 1,71 | 9 | |
| DISEÑO A TORSIÓN (W= 1.67) | | | | | | |
| Relación | | 0,17 | 0,2 | 0,01 | 0,12 | |
| Capacidad | [Kg*m] | 153,94 | 39,78 | 1,55 | 184,14 | |
| Demanda | [Kg*m] | -25,96 | -7,84 | 0,01 | 22,82 | |
| Tensión crítica (Fcr) | [Kg/m2] | 1,51862E+13 | 1,52E+13 | 1,52E+13 | 1,52E+13 | |

Tabla N° 37: Diseño Perno de anclaje C2 tipo C, suelo D.

| Nudo | Fuerzas | | | | | | | Momentos | | | | | | |
|-----------------------|---------|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----------|--|
| | | Fx [Kg] | ec | Fy [Kg] | ec | Fz [Kg] | ec | Mx [Kg*m] | ec | My [Kg*m] | ec | Mz [Kg*m] | ec | |
| 1 | Max | 213,6870 | C10 | 2.461,1250 | C5 | 1.495,3310 | C16 | 126,6078 | C7 | 26,6025 | C13 | 79,3715 | C4 | |
| | Min | -532,8480 | C13 | -2.373,1870 | C16 | -1.179,8190 | C5 | -118,2189 | C13 | -27,6377 | C6 | -69,0787 | C15 | |
| 2 | Max | 532,8510 | C15 | 2.461,2580 | C5 | 1.494,8150 | C16 | 126,7121 | C7 | 27,6316 | C4 | 69,0792 | C4 | |
| | Min | -213,7020 | C8 | -2.373,3020 | C16 | -1.179,3150 | C5 | -118,3186 | C15 | -26,5965 | C15 | -79,3704 | C15 | |
| 17 | Max | 917,0530 | C6 | 2.833,8790 | C6 | 1.596,9370 | C7 | 205,1894 | C16 | 95,9520 | C5 | 48,2388 | C4 | |
| | Min | -1.234,3430 | C13 | -2.717,1490 | C13 | -1.912,4470 | C14 | -214,3151 | C5 | -94,6308 | C16 | -34,9249 | C15 | |
| 18 | Max | 1.235,4830 | C15 | 2.833,8780 | C4 | 1.597,4980 | C4 | 205,0845 | C16 | 94,6379 | C16 | 34,9273 | C13 | |
| | Min | -918,1950 | C4 | -2.717,1470 | C15 | -1.913,0000 | C14 | -214,2044 | C5 | -95,9592 | C5 | -48,2521 | C6 | |
| Máx (tracción) | | 1.235,4830 | | 2.833,8790 | | 1.597,4980 | | | | | | | 2.833,879 | |
| Máx (corte) | | 1.235,4830 | | | | 1.913,0000 | | | | | | | 1.913,000 | |

| | | |
|------|-------------|--------------------|
| Fy | 2531 | |
| T | 2.833,879 | |
| Dp | 1,875 | Perno 3/4" x 57 mm |
| A | 2,761165418 | |
| Tadm | 4193,105804 | Cumple |
| Fu | 0,675842474 | |
| Vmáx | 1.913 | |
| Fadm | 1012,4 | |
| Fv | 692,8233953 | |
| Fuv | 0,684337609 | Cumple |

Tabla N° 38: Miembros con mayor deformación en elementos de C2 tipo C, suelo D.

| MIEMBRO 64 COLUMNA | | | MIEMBRO 58 COLUMNA | | | MIEMBRO 24 VIGA | | | MIEMBRO 83 ÁNGULO | | |
|--------------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] | Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] | Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] | Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00002 | 0 | C1 | 0,00002 | 0 | C1 | 0,00015 | 0,00036 | C1 | 0,00147 | 0,00001 |
| C2 | 0,00085 | 0,00002 | C2 | 0,00085 | 0,00002 | C2 | 0,0009 | 0,01237 | C2 | 0,05747 | 0,00029 |
| C3 | 0,00064 | 0,00002 | C3 | 0,00064 | 0,00002 | C3 | 0,00071 | 0,00937 | C3 | 0,04347 | 0,00022 |
| C4 | 0,00438 | 0,00013 | C4 | 0,00434 | 0,00012 | C4 | 0,00642 | 0,00336 | C4 | 0,00151 | 0,00021 |
| C5 | 0,00011 | 0,00046 | C5 | 0,00012 | 0,00046 | C5 | 0,00087 | 0,09543 | C5 | 0,00302 | 0,00761 |
| C6 | 0,00434 | 0,00013 | C6 | 0,00438 | 0,00013 | C6 | 0,00618 | 0,00332 | C6 | 0,00144 | 0,00021 |
| C7 | 0,00016 | 0,00046 | C7 | 0,00016 | 0,00046 | C7 | 0,0006 | 0,09498 | C7 | 0,00246 | 0,00717 |
| C8 | 0,00388 | 0,00011 | C8 | 0,00268 | 0,00008 | C8 | 0,00524 | 0,01043 | C8 | 0,0435 | 0,00031 |
| C9 | 0,00054 | 0,00036 | C9 | 0,00054 | 0,00036 | C9 | 0,00125 | 0,08067 | C9 | 0,04384 | 0,00582 |
| C10 | 0,00268 | 0,00008 | C10 | 0,00388 | 0,00011 | C10 | 0,00492 | 0,0104 | C10 | 0,04344 | 0,00029 |
| C11 | 0,00075 | 0,00033 | C11 | 0,00075 | 0,00033 | C11 | 0,00019 | 0,06214 | C11 | 0,04337 | 0,00527 |
| C12 | 0,00001 | 0 | C12 | 0,00001 | 0 | C12 | 0,00009 | 0,00022 | C12 | 0,00088 | 0,00001 |
| C13 | 0,00438 | 0,00013 | C13 | 0,00435 | 0,00013 | C13 | 0,0064 | 0,00326 | C13 | 0,00093 | 0,00021 |
| C14 | 0,00012 | 0,00046 | C14 | 0,00012 | 0,00046 | C14 | 0,00081 | 0,09528 | C14 | 0,00258 | 0,00761 |
| C15 | 0,00435 | 0,00013 | C15 | 0,00437 | 0,00013 | C15 | 0,00619 | 0,00326 | C15 | 0,00086 | 0,00021 |
| C16 | 0,00015 | 0,00046 | C16 | 0,00016 | 0,00046 | C16 | 0,00063 | 0,09512 | C16 | 0,00203 | 0,00717 |

| MIEMBRO 84 ÁNGULO | | | MIEMBRO 104 DIAGONAL | | | MIEMBRO 105 DIAGONAL | | |
|-------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------|----------------|
| Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] | Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] | Estado | Defl, (2) [cm] | Defl, (3) [cm] |
| C1 | 0,00147 | 0,00001 | C1 | 0,00008 | 0,00032 | C1 | 0,00008 | 0,00032 |
| C2 | 0,05747 | 0,00029 | C2 | 0,00147 | 0,01091 | C2 | 0,00148 | 0,01091 |
| C3 | 0,04347 | 0,00022 | C3 | 0,00112 | 0,00826 | C3 | 0,00113 | 0,00826 |
| C4 | 0,00144 | 0,00021 | C4 | 0,00919 | 0,01636 | C4 | 0,00865 | 0,0163 |
| C5 | 0,00302 | 0,00761 | C5 | 0,00077 | 0,18597 | C5 | 0,00077 | 0,18597 |
| C6 | 0,00151 | 0,00021 | C6 | 0,00869 | 0,01633 | C6 | 0,00909 | 0,01633 |
| C7 | 0,00246 | 0,00717 | C7 | 0,00059 | 0,1852 | C7 | 0,00058 | 0,1852 |
| C8 | 0,04344 | 0,00029 | C8 | 0,0074 | 0,02006 | C8 | 0,00612 | 0,01432 |
| C9 | 0,04385 | 0,00582 | C9 | 0,00164 | 0,14147 | C9 | 0,00164 | 0,14147 |
| C10 | 0,0435 | 0,00031 | C10 | 0,00605 | 0,01434 | C10 | 0,00721 | 0,02003 |
| C11 | 0,04337 | 0,00527 | C11 | 0,00062 | 0,1377 | C11 | 0,00063 | 0,1377 |
| C12 | 0,00088 | 0,00001 | C12 | 0,00005 | 0,00019 | C12 | 0,00005 | 0,00019 |
| C13 | 0,00086 | 0,00021 | C13 | 0,00916 | 0,01625 | C13 | 0,00867 | 0,01631 |
| C14 | 0,00258 | 0,00761 | C14 | 0,00074 | 0,18594 | C14 | 0,00073 | 0,18594 |
| C15 | 0,00093 | 0,00021 | C15 | 0,00872 | 0,01634 | C15 | 0,00907 | 0,01621 |
| C16 | 0,00203 | 0,00717 | C16 | 0,00062 | 0,18522 | C16 | 0,00062 | 0,18522 |

Tabla N° 39: Diseño miembros más solicitados de gabinete C2 tipo C, suelo D.

| Descripción | Sección | Miembro | Ratio | PROPIEDADES | Miembro | 62 | 42 | 93 | 104 | |
|--------------|----------------------|---------|-------|--|---|----------------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----|
| | | | | | Unidad | Columna base | Viga | Ángulo | Cuadrado 50 x 50 x 5 | |
| Viga | Cuadrado 30 x 30 x 3 | 42 | 0.72 | | Elemento | | | | | |
| Columna base | Cuadrado 50 x 50 x 5 | 62 | 0.94 | | Sección | Cuadrado 50 x 50 x 5 | Cuadrado 30 x 30 x 3 | ELE 40 X 40 X 3 | Diagonal | |
| Ángulo | ELE 40 X 40 X 3 | 93 | 0.83 | CRITERIOS DE DISEÑO | Longitud superior no arriostrada entre soportes laterales (LbTop) | | | | | |
| Diagonal | Cuadrado 50 x 50 x 5 | 104 | 0.67 | | Eje mayor | [m] | 0,1 | 0,21 | 0,9 | 2,4 |
| | | | | | Eje menor | | | | | |
| | | | | | Longitud inferior no arriostrada entre soportes laterales (LbBot) | | | | | |
| | | | | | Eje mayor | [m] | 0,1 | 0,21 | 0,9 | 2,4 |
| | | | | | Eje menor | | | | | |
| | | | | | Factor de longitud efectiva (K) | | | | | |
| | | | | | Eje mayor | | 1,00 | 1,00 | 1,0 | 1,0 |
| | | | | | Eje menor | | 1,00 | 1,00 | 1,0 | 1,0 |
| | | | | | Factor de longitud efectiva para torsión | | | | | |
| | | | | | Eje mayor | | 1,00 | 1,00 | 1,0 | 1,0 |
| | | | | | Eje menor | | 1,00 | | | |
| | | | | | Longitud para tensión axial (L) | | | | | |
| | | | | | Eje mayor | [m] | 0,1 | 0,21 | 0,9 | 2,4 |
| | | | | Eje menor | | | | | | |
| | | | | Longitud no arriostrada de compresión (Lx, Ly) | | | | | | |
| | | | | Eje mayor | [m] | 0,1 | 0,21 | 1,0 | 2,4 | |
| | | | | Eje menor | [m] | 0,1 | 0,21 | 1,0 | 2,4 | |
| | | | | Longitud para pandeo torsional y lateral torsional | | | | | | |
| | | | | Eje mayor | [m] | 0,1 | 0,21 | 0,9 | 2,4 | |
| | | | | Eje menor | | | | | | |
| | | | | CONDICIONES DE SERVICIO | | | | | | |
| | | | | Tracción [Maxima esbeltez geometrica (L/r)] | | 5,43 | 19,02 | 107,83 | 131,45 | |
| | | | | Compresión [Esbeltez geometrica crítica (KL/r)] | | 5,43 | 19,02 | 114,66 | 131,45 | |
| | | | | VERIFICACIONES DE DISEÑO | | | | | | |
| | | | | DISEÑO A FLEXIÓN (W= 1.67) | | | | | | |
| | | | | Flexión alrededor del eje mayor, M33 | | | | | | |
| | | | | Relación | | 0,34 | 0,11 | 0,17 | 0,12 | |
| | | | | Capacidad | [Kg*m] | 230,18 | 49,72 | 44,43 | 230,18 | |
| | | | | Demanda | [Kg*m] | -79,37 | 5,57 | -7,4 | -27,78 | |
| | | | | Fluencia (Mp) | [Kg*m] | 384,4 | 83,03 | 76,72 | 384,4 | |
| | | | | Pandeo lateral-torsional (LTB Mn) | | N/A | N/A | 74,2 | N/A | |
| | | | | Factor de modificación para el pandeo lateral-torsional (Cb) | | N/A | N/A | 2,25 | N/A | |
| | | | | Factor lateral torsional (c) | | N/A | N/A | 1 | N/A | |
| | | | | Momento elástico de pandeo lateral-torsional (Me) | | N/A | N/A | 317,93 | N/A | |
| | | | | Pandeo local del alma (WLB Mn) | | N/A | N/A | N/A | N/A | |
| | | | | Pandeo local (LB Mn) | | N/A | N/A | N/A | N/A | |
| | | | | Pandeo local del ala (FLB Mn) | | N/A | N/A | N/A | N/A | |
| | | | | Parámetro de esbeltez para el ala (l) | | 7 | 7 | 13,33 | 7 | |
| | | | | Límite del parámetro de esbeltez para ala compacta (lp) | | 31,79 | 31,79 | 15,33 | 31,79 | |
| | | | | Límite del parámetro de esbeltez para ala no-compacta (lr) | | 39,74 | 39,74 | 25,83 | 39,74 | |
| | | | | Tensión de fluencia del ala (TFY Mn) | | N/A | N/A | N/A | N/A | |

| VERIFICACIONES DE DISEÑO | Flexión alrededor del eje menor, M22 | | | | | |
|---|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|
| | Relación | | 0,55 | 0,66 | 0,62 | 0,55 |
| Capacidad | [Kg*m] | 230,18 | 49,72 | 22,24 | 230,18 | |
| Demanda | [Kg*m] | 126,71 | -32,9 | 13,72 | 127,27 | |
| Fluencia (Mp) | [Kg*m] | 384,4 | 83,03 | 37,14 | 384,4 | |
| Pandeo lateral-torsional (LTB Mn) | | N/A | N/A | 37,14 | N/A | |
| Momento elástico de pandeo lateral-torsional (Me) | | N/A | N/A | 360,79 | N/A | |
| Pandeo local del ala (FLB Mn) | | N/A | N/A | N/A | N/A | |
| Parámetro de esbeltez para el ala ((λ) | | 7 | 7 | 13,33 | 7 | |
| Límite del parámetro de esbeltez para ala compacta ((λp) | | 31,79 | 31,79 | 15,33 | 31,79 | |
| Límite del parámetro de esbeltez para ala no-compacta ((λr) | | 39,74 | 39,74 | 25,83 | 39,74 | |
| DISEÑO A CORTE | | | | | | |
| Corte paralelo al eje mayor, V3 (W= 1.67) | | | | | | |
| Relación | | 0,31 | 0,19 | 0,02 | 0,16 | |
| Capacidad | [Kg] | 4092,1 | 1473,15 | 1485,36 | 4092,1 | |
| Demanda | [Kg] | 1288,81 | -282,89 | 31,7 | 635,69 | |
| Coefficiente de corte para el alma (Cv) | [Kg] | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Coefficiente de pandeo para la placa del alma (kv) | [Kg] | 5 | 5 | 1,2 | 1,2 | |
| Corte paralelo al eje menor, V2 (W= 1.67) | | | | | | |
| Relación | | 0,08 | 0,13 | 0,02 | 0,05 | |
| Capacidad | [Kg] | 4092,1 | 1473,15 | 1485,36 | 4092,1 | |
| Demanda | [Kg] | 326,85 | -184,3 | -34,42 | -207,17 | |
| Coefficiente de corte para el alma (Cv) | [Kg] | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Coefficiente de pandeo para la placa del alma (kv) | [Kg] | 5 | 5 | 1,2 | 1,2 | |
| DISEÑO A TRACCIÓN (W= 1.67) | | | | | | |
| Relación | | 0,17 | 0,01 | 0 | 0,11 | |
| Capacidad | [Kg] | 13640,32 | 4910,52 | 3501,02 | 13640,32 | |
| Demanda | [Kg] | 2373,73 | 40,13 | 1,35 | 1459,2 | |
| DISEÑO A COMPRESIÓN (W= 1.67) | | | | | | |
| Relación | | 0,18 | 0,02 | 0,06 | 0,28 | |
| Capacidad | [Kg] | 13619,13 | 4817,86 | 1742,93 | 5492,23 | |
| Demanda | [Kg] | -2461,26 | -73,09 | -100,74 | -1539,12 | |
| Parámetro de esbeltez para el alma (λw) | -- | 7 | 7 | 13,33 | 7 | |
| Límite no-compacto para el alma ((λrw) | -- | 39,74 | 39,74 | 12,77 | 39,74 | |
| Parámetro de esbeltez para el ala ((λf) | -- | 7 | 7 | 13,33 | 7 | |
| Límite no-compacto para el ala ((λrf) | -- | 39,74 | 39,74 | 12,77 | 39,74 | |
| Esfuerzo elástico flexional (Fex) | [Kg/m2] | 6,81249E+15 | 5,56122E+14 | 1,53067E+13 | 1,16453E+13 | |
| Esfuerzo elástico flexional (Fey) | [Kg/m2] | 6,81249E+15 | 5,56122E+14 | 1,53067E+13 | 1,16453E+13 | |
| Esfuerzo al pandeo elástico torsional (Fez) | [Kg/m2] | 6,04946E+15 | 6,04946E+15 | 4,93E+13 | 6,05E+15 | |
| Esfuerzo elástico crítico flexional-torsional (Fet) | [Kg/m2] | 6,81249E+15 | 5,56122E+14 | N/A | 1,16453E+13 | |
| Esfuerzo crítico al pandeo flexional (Fcr) | [Kg/m2] | 2,52711E+13 | 2,48328E+12 | 1,26004E+13 | 1,01911E+13 | |
| Esfuerzo crítico al pandeo flexional-torsional (FcrTor) | [Kg/m2] | 2,52711E+13 | 2,48328E+12 | N/A | 1,01911E+13 | |
| Factor de reducción en elementos esbeltos no atiesados (Qs) | -- | 1 | 1 | 0,98 | 1 | |
| Factor de reducción en elementos esbeltos atiesados (Qa) | -- | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Area efectiva a esfuerzo uniforme (Aeff) | [cm2] | 9 | 3,24 | 2,31 | 9 | |
| DISEÑO A TORSIÓN (W= 1.67) | | | | | | |
| Relación | | 0,15 | 0,13 | 0,01 | 0,1 | |
| Capacidad | [Kg*m] | 184,14 | 39,78 | 2,1 | 184,14 | |
| Demanda | [Kg*m] | -27,63 | -5,18 | 0,02 | 19,18 | |
| Tensión crítica (Fcr) | [Kg/m2] | 1,51862E+13 | 1,52E+13 | 1,52E+13 | 1,52E+13 | |