Criterios de Diseño
Subestaciones Eléctricas

Salas Eléctricas

Código: EECL-Tx-EL-CD-002

Revisión : 0
Fecha : Junio 2025

La información contenida en este documento es propiedad de Engie Energía Chile S.A. y no podrá ser duplicada, publicada o distribuida a un tercero en su totalidad o parcialmente sin el consentimiento previo por escrito de Engie Energía Chile S.A.

Histórico de Revisiones

Revisión	Fecha	Elaborado Por	Revisado Por	Descripción	Aprobado Por
B	20-05-2025	JV/MP/VC/GA	NU	Para revisión	NU
0	13-06-2025	JV/MP/VC/GA	NU	Para aprobación	RT

ÍNDICE

1 Objetivo 7

2 Alcance 7

3 Atribuciones y Obligaciones 7

4 Definiciones 8

5 Marco Normativo 10

5.1 General 10
5.2 Normativas Civil - Estructurales 11
5.2.1 Marco Nacional 11
5.2.2 Marco Internacional 13
5.3 Normativas Electromecánicas 14
5.3.1 Marco Nacional 14
5.3.2 Marco Internacional 14

6 Diseño y Zonificación Sísmica 16

7 Solicitaciones para Edificaciones 16

7.1 Peso Propio (D) 16
7.2 Viento (V) 16
7.3 Sismo (E) 16
7.3.1 Análisis estático (AEE) 16
7.3.2 Distribución de fuerza sísmicas en altura 17
7.3.3 Análisis modal espectral (AME) 18
7.3.4 Número de modos 18
7.3.5 Esfuerzo de corte basal mínimo 18
7.3.6 Desplazamientos debidos a la acción sísmica 18
7.3.7 Desplazamientos sísmicos máximos 19
7.4 Carga de uso (Lr) 19
7.5 Carga de uso de techo (L) 19

8 Combinaciones de carga para edificaciones 19

8.1 Combinaciones de carga de servicio 19
8.2 Combinaciones de carga última 20

9 Especificaciones de diseño y construcción 20

9.1 Elementos estructurales 21
9.2 Trazado y niveles 21
9.3 Materiales 21
9.3.1 Condiciones de los materiales 21
9.3.2 Perfiles y planchas 22
9.3.3 Pernos de conexión 22
9.3.4 Pernos de anclaje 22
9.3.5 Soldadura 22
9.4 Sistema de fundaciones 23
9.5 Piso 24
9.6 Tabiquería interior y Cielos 24

9.7 Revestimiento exterior 25
9.8 Muros perimetrales 25
9.9 Sistema de Techumbre 25
9.10 Aislamiento térmico 25
9.11 Bajantes y canaletas de aguas lluvias 26
9.12 Puertas 26
9.12.1 Puertas metálicas de dos hojas 27
9.12.2 Puertas metálicas de una hoja 27
9.13 Rampas y veredas 27
9.14 Pinturas y acabados 27
9.14.1 Preparación 28
9.14.2 Aplicación 28
9.14.3 Limpieza 29
9.14.4 Esquema de pintura 29
9.15 Accesorios eléctricos 30
9.16 Canalizaciones eléctricas 30
9.17 Requerimientos de climatización 31
9.18 Iluminación 31
9.19 Sistema HAVC – Aire acondicionado 31
9.20 Resistencia al fuego 32
9.21 Sistema de extinción de incendios 32
9.22 Conexión de Puesta a Tierra 33
9.23 Sellos y uniones 33
9.24 Condiciones de trabajo 33
9.25 Garantía del proveedor 34
9.25.1 Calidad de las obras 34
9.25.2 Manual de obra 34
9.25.3 Transporte 34
9.25.4 Almacenamiento 35
9.25.5 Montaje 35
9.25.6 Mantenimiento 35
9.25.7 Planos y memorias de cálculo 35
9.26 Inspecciones en fábrica y pruebas FAT 35
9.27 Izaje de los edificios 36
9.28 Instalación en terreno 36
9.29 Exigencias mínimas de seguridad 36
9.30 Grados de Protección 37
9.31 Identificación en Sala Eléctrica 37
9.32 Edificaciones 39
9.33 Sistema de Incendios 41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1 Esquema de pintura. 29
Tabla N°2 Esquema Colores de terminación. 30
Tabla N°3 Niveles de iluminación mínimos en interiores 31
Tabla N°4 Elementos y resistencia al fuego. 32
Tabla N°5 Letreros Identificación de dependencias 37
Tabla N°6 Letreros Identificación de equipos en dependencias 38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ejemplos de letreros en dependencias 37
Figura 2 Ejemplos letreros equipos en dependencias 38
Figura 3 Ejemplo letreros Advertencia 39
Figura 4 Ejemplo letreros riesgo de muerte 39
Figura 5 Distancia mínima entre partes vivas de armarios [32] 40

1 Objetivo

Con base en las exigencias de seguridad y calidad de servicio establecidas en la NTSyCS, el presente documento establece los Criterios Mínimos de Diseño aplicables a las salas eléctricas que forman parte de instalaciones interconectadas a los distintos segmentos del Sistema de Transmisión. Estos criterios tienen como finalidad definir los requerimientos técnicos mínimos que deberán ser considerados por todo propietario, arrendatario, usufructuario o tercero que explote, a cualquier título, instalaciones sujetas a la coordinación del CEN. Asimismo, se establecen las condiciones particulares aplicables al diseño de las salas eléctricas pertenecientes a Engie Energía Chile S.A., de manera que dichas instalaciones respondan a un diseño técnica y económicamente óptimo, garantizando condiciones de seguridad, operación, mantenimiento y acceso abierto, conforme al marco regulatorio vigente en materia de instalaciones eléctricas en media, alta y extra alta tensión.

2 Alcance

Este documento establece los lineamientos y Criterios de Diseño aplica que deberán ser considerados por las Empresas de Ingeniería, Proveedores, Contratistas de obras, arrendatario, usufructuario o terceros que pretendan ampliar instalaciones existentes o desarrollar nuevas para Engie Energía Chile S.A, así como también personal propio de Engie Energía Chile S.A que participe en el proceso de diseño de subestaciones Eléctricas en media, alta y extra alta tensión. Los Criterios de Diseños indicados en este documento son aplicables a las instalaciones de Engie Energía Chile S.A con tensión que se interconectan a los diferentes segmentos de transmisión, entre los cuales se distinguen: “Sistema de Transmisión Nacional (STN)”, “Sistema de Transmisión Zonal (STZ)”, “Sistema de Transmisión Dedicado (STD)” y “Sistema de Transmisión para Polos de Desarrollo (STPD)”.

En particular, este documento establece las especificaciones técnicas que deben considerarse para el **diseño y construcción de salas eléctricas**, independientemente de su ubicación o nivel de tensión. Se abordan los distintos aspectos técnicos y arquitectónicos que inciden en la definición estructural y constructiva de estos recintos, los cuales forman parte fundamental del funcionamiento de las instalaciones eléctricas asociadas a los sistemas mencionados.

Toda obra relacionada con salas eléctricas deberá ceñirse a los reglamentos, ordenanzas, leyes y normativas nacionales vigentes, según corresponda. Estas especificaciones se entienden como complemento de la información contenida en los planos arquitectónicos y documentos técnicos, con el propósito de establecer los requisitos mínimos que deben cumplir los trabajos de diseño y construcción para garantizar seguridad, funcionalidad y cumplimiento normativo.

3 Atribuciones y Obligaciones

Para dar cumplimiento a los Criterios de Diseño de salas eléctricas establecidos en el presente documento, Engie Energía Chile S.A. deberá:

a) Comunicar y exigir la aplicación de las disposiciones de este documento por parte de los consultores, proveedores, contratistas y en general, cualquier colaborador que participe en actividades pertenecientes en todas las disciplinas asociadas a salas eléctricas, en las instancias correspondientes establecidas en la normativa vigente y las mejores prácticas de diseño y construcción.

b) Dar cumplimiento a las exigencias de estos criterios en la elaboración de las bases de licitación de obras de transmisión promovidas y en otras materias de su competencia de las cuales sea aplicable el presente criterio de diseño.

Por su parte, para dar cumplimiento a los criterios establecidos en el presente documento, los colaboradores de Engie Energía Chile S.A deberá velar por:

a) Dar cumplimiento a las exigencias mínimas de diseño de las instalaciones encomendadas según lo descrito en el presente criterio de diseño, así como las exigencias normativas de diseño vigentes.

b) Entregar a Engie Energía Chile S.A los datos, antecedentes e información requeridos en tiempo y forma y con la calidad correspondiente, con tal de entregar garantías y demostrar fiel cumplimiento.

4 Definiciones

- **Bajadas:** las bajadas son conductos cerrados rectangulares o cilíndricos encargados de recibir las aguas lluvias desde las canaletas, que van fijadas a los muros, y llevarlas hasta el nivel del terreno. Para su instalación se ocupan abrazaderas.
- **Canaletas:** las canaletas son canales o conductos abiertos, se instalan al borde del alero de una cubierta y, conforman el sistema de drenaje que ayuda a eliminar el agua del techo en caso de lluvia. Se fijan mediante ganchos.
- **Cargas estructurales o acción estructural:** es una fuerza, deformación o aceleración que se aplica sobre un elemento estructural. Una carga puede provocar tensiones, deformaciones y/o desplazamientos en una estructura.
- **Cerramientos:** son las superficies envolventes que delimitan y acondicionan los espacios, con el fin de que puedan cumplir la función para los cuales fueron creados. Los cerramientos son una especie de vallado que permite separar el exterior del interior.
- **Combinaciones de carga:** corresponden a una función lineal de múltiples casos de carga que se utilizan al diseñar estructuras, en conjunto con los códigos de construcción. Cada estado de carga en una combinación de carga se multiplica por un factor de carga para ajustar la ponderación de cada estado de carga en combinación con otros.
- **Conexión de puesta a tierra:** consiste en la conexión de equipos eléctricos y electrónicos a tierra, para evitar que se dañen en caso de una corriente transitoria peligrosa.
- **Cubierta:** es un conjunto de elementos que constituyen el cerramiento superior de una edificación.
- **Deformación:** se refiere al cambio que sufre un cuerpo o elemento tras ser sometido a una serie de fuerzas externas, como tensión y/o compresión, las cuales producen variación en su tamaño o forma natural.
- **Drenaje:** es la recepción, canalización y evacuación de las aguas que puedan afectar directamente a las características funcionales de cualquier elemento integrante de un camino.
- **Edificios prefabricados**: son construcciones fabricadas a base de componentes elaborados previamente y que son ensamblados posteriormente en un lugar específico.
- **Equipo mecánico o eléctrico:** cualquier equipo que se encuentre anclado a la estructura resistente o que interactúe en cualquier forma con ella; por ejemplo, estanques para gases y

líquidos, sistemas de almacenamiento, cañerías, duetos, ascensores, montacargas y maquinaria fija de empleo habitual en edificios habitacionales o de uso público.

- **Escarpe:** excavación superficial asociada al retiro de material vegetal o fértil, raíces u otros.
- **Espectros de diseño sísmico:** son espectros de diseño propuestos para el análisis dinámico estructural, se construyen a partir de la familia de espectros de respuesta calculados para un sitio, representativos de la respuesta de estructuras sometidas al ambiente sísmico que afecta a la región y tomando en cuenta el efecto de amplificación local.
- **Estructura metálica: principal**: es la encargada de asegurar la estabilidad, la resistencia y la forma de la construcción.
- **Excavaciones:** se refiere al conjunto de operaciones de remoción del terreno hasta obtener el nivel de subrasante del proyecto para lo cual entre otras labores se incluye remover, cargar y transportar los materiales de los cortes que se efectúen.
- **Fundación o fundaciones:** conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la sala eléctrica anclada en éstas al suelo, distribuyéndolas de forma que no superen una serie de valores máximos del terreno de apoyo.
- **Losas:** son elementos estructurales horizontales con dimensiones en planta (ancho y largo) muy grandes comparadas con su espesor. Esta estructura soporta cargas perpendiculares a su plano y proporciona superficies planas en los diferentes niveles de una edificación.
- **Nivel basal:** plano horizontal en el cual se supone que se ha completado la transferencia de las fuerzas horizontales entre la estructura y el suelo de fundación. A partir de este nivel se mide la altura y el número de niveles en el análisis estructural.
- **Perfiles metálicos:** son piezas que se utilizan tanto en la elaboración de estructuras metálicas, aportando sujeción y consistencia.
- **Pernos:** son piezas fabricadas en acero con forma cilíndrica y alargada. Están formadas por una cabeza redondeada y otra con tuerca o una terminación similar que le permita sujetar otras piezas.
- **Pila:** Son elementos estructurales formados por concreto armado de gran longitud comparada con su sección transversal, enterradas en el suelo, hacen las veces de fundaciones transmitiendo las cargas a niveles profundos del terreno.
- **Placa metálica:** es un objeto de metal plano hecho de acero o de algunos tipos de aleación, normalmente más gruesos de lo normal de una hoja de metal.
- **Plataforma:** son construcciones relativamente pesadas, las cuales las usamos en diferentes situaciones, las cuales abarcan desde soportar cargas ligeras a las más pesadas y/o distribución de tareas o funciones, así como soportar grandes pesos que tienen que estar suspendidos sobre la plataforma
- **Rampa:** es un elemento de la arquitectura o de la ingeniería que permite vincular dos lugares que se encuentran a diferente altura.
- **Rellenos:** Se refiere a los materiales necesarios para rellenar las excavaciones realizadas en las obras civiles a realizar en el proyecto. Los rellenos considerarán el transporte de los materiales desde el yacimiento previstos para el proyecto, cualquiera sea la distancia que recorrer.
- **Sismo o terremoto**: es un movimiento brusco de la tierra, causado por la liberación repentina de energía dentro de la misma tierra.

- **Soldadura:** se refiere a la unión o fusión de piezas mediante el uso de calor y/o compresión para que las piezas formen un continuo
- **Tabique:** Es una pared de poco espesor realizada, por lo general, con ladrillos cerámicos huecos sencillos o con superladrillos, recibidos, generalmente, con pasta de yeso y revestidos posteriormente mediante un guarnecido y posterior enlucido de yeso.

5 Marco Normativo

5.1 General

Para los efectos de aplicación de la normativa listada a continuación, se tendrá en cuenta la última versión y en situaciones de conflicto entre ellas, se aplicará la norma que fije la condición más restrictiva. Para los fines de aplicación de la normativa, para el caso en que alguna de las normas sea reemplazada o derogada, las exigencias y aplicación corresponderán a la normativa que la sucede.

En general se deberán respetar y consultar normativas asociadas a:

- Ordenanzas Generales, Especiales y Locales de Construcciones y Urbanismo.
- Ley general de Urbanismo y Construcción.
- Disposiciones reglamentarias de las normas INN, NCh y aquellas extranjeras avaladas por las chilenas.
- Normas relaciones a la Arquitectura, Habitabilidad y Seguridad.
- Normas chilenas e internaciones relaciones a los incendios y ventilaciones.
- Normativas relacionadas a instalaciones sanitarias.
- Disposiciones, instrucciones y normas especiales establecidas por la superintendencia de Electricidad y Combustibles.
- Leyes, Decretos y Disposiciones Reglamentarias relativas a permisos, aprobaciones, derechos e impuestos a inspecciones fiscales y Municipales.
- Reglamentación térmica – Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Además de regirse por lo considerado anteriormente. Debe considerarse que todos los componentes al interior de la sala eléctrica cuenten con aprobación SEC:

5.2 Normativas Civil - Estructurales

5.2.1 Marco Nacional

[1] CNE - Anexo Técnico - Exigencias mínimas para el diseño de instalaciones de transmisión, 2025.

[2] CNE - Anexo Técnico - Requisitos Sísmicos para instalaciones eléctricas de alta tensión, 2025.

[3] Criterios de diseño para subestaciones del sistema de transmisión nacional – Coordinador Eléctrico Nacional.

[4] Documento técnico – Recomendación de requisitos sísmicos para instalaciones eléctricas de alta tensión – CIGRE Chile 2020.

[5] D.S. N°47, 1992 Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

[6] Decreto Supremo MOP N°50/02 Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado, del MINVU, RIDAA.

[7] D.S N° 60: Reglamento que fija requisitos de diseño y cálculo de hormigón armado. Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

[8] D.S N° 61: Reglamento que fija el diseño sísmico de edificios. Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

[9] D.S N° 594, 2000 Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.

[10] ETG A.1.03 Especificaciones técnicas generales de Criterio diseño estructuras y fundaciones de Subestaciones eléctricas, como documento de consulta

[11] ETG-A.0.20: Especificaciones Técnicas Generales “Especificaciones de diseño sísmico de instalaciones eléctricas de alta tensión”.

[12] ETG-A.0.21: Especificaciones Técnicas Generales “Solicitaciones Sísmicas sobre Estructuras y Fundaciones de Subestaciones

[13] ETGI -1.015: Especificaciones técnicas generales diseño sísmico ENDESA.

[14] ETGI -1.020: Requisitos para equipos eléctricos de subestaciones ENDESA.

[15] Manual de Carreteras MOP/DGOP Dirección de Vialidad Chile 2021.

[16] NCh 143: Extintores portátiles - Características y rotulación.

[17] NCh 170: Hormigón-Requisitos Generales.

[18] NCh 203 Of. 2006: Acero para uso estructural.

[19] NCh 204: Acero. Barras laminadas en caliente para hormigón armado.

[20] NCh 211: Barras con resaltes en Obras de hormigón Armado.

[21] NCh 218: Acero – Mallas de alta resistencia para hormigón armado. Especificaciones.

[22] NCh 301: Pernos de acero con cabeza y tuerca hexagonal.

[23] NCh 304: Electrodos para soldar al arco manual. Terminología y clasificación.

[24] NCh 305: Electrodos para soldar al arco manual acero al carbono y aceros de baja aleación. Códigos de asignación e identificación.

[25] NCh 306: Electrodos revestidos para soldar al arco manual acero al carbono y aceros de baja aleación. Prescripciones.

[26] NCh 345 Of.2001: Cerradura para Puertas.
[27] NCh 427-1 Of. 2016: Requisitos para el cálculo de estructuras de acero de edificios.
[28] NCh 428 Of. 2017: Ejecución de Construcciones de Acero.
[29] NCh 430: Hormigón armado. Requisitos de diseño y cálculo.
[30] NCh 431 Of. 2010: Construcción – Sobrecargas de nieve.
[31] NCh 432 Of. 2010: Cálculo de la acción del viento sobre las estructuras.
[32] NCh 433 Of. 1996 Mod. 2009: Diseño sísmico de Edificios
[33] NCh 446 Of.2000: Arquitectura y Construcción – Puertas y Ventanas.
[34] NCh 697: Acero – Barras y perfiles livianos – Clasificación y tolerancias.
[35] NCh 853.Of.91: Envolvente Térmica de Edificios.
[36] NCh 933: Terminología.
[37] NCh 934: Clasificación de fuegos.
[38] NCh 935-1: Ensayo de resistencia al fuego - Parte 1: Elementos de construcción general.
[39] NCh 935-2: Ensayo de resistencia al fuego - Parte 2: Puertas y otros elementos de cierre.
[40] NCh 1071 Of. 84: Aislación Térmica.
[41] NCh 1079 Of. 77: Arquitectura y Construcción – Zonificación Climático Habitacional para Chile.
[42] NCh 1433: Ubicación y señalización de los extintores portátiles.
[43] NCh 1429: Extintores portátiles - Terminología y definiciones.
[44] NCh 1508: Geotecnia - Estudio de mecánica de suelos.
[45] NCh 1537 Of. 2009: Diseño Estructural - Cargas permanentes cargas de uso.
[46] NCh 1646: Grifo de incendio - Tipo columna de 100 mm - Diámetro nominal.
[47] NCh 1914/1: Ensayo de reacción al fuego - Parte 1: Determinación de la no combustibilidad de materiales de construcción.
[48] NCh 1914/2 : Ensaye de reacción al fuego - Parte 2: Determinación del calor de combustión de materiales en general.
[49] NCh 1916: Determinación de cargas combustibles.
[50] NCh 1928: Albañilería Armada – Requisitos para diseño y cálculo.
[51] NCh 1993: Clasificación de los edificios según su carga combustible.
[52] NCh 1974: Pinturas - Determinación del retardo al fuego.
[53] NCh 1977: Determinación del comportamiento de revestimientos textiles a la acción de una llama.
[54] NCh 1979: Determinación del comportamiento de telas a la acción de una llama.
[55] NCh 2111: Señales de seguridad.
[56] NCh 2123: Albañilería confinada – Requisitos de diseño y cálculo.
[57] NCh 2189: Condiciones básicas.
[58] NCh 2209: Ensayo del comportamiento al fuego de elementos de construcción vidriados.
[59] NCh 2369 Of. 2023: Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales.
[60] NCh 3171 Of. 2017: Diseño Estructural - Disposiciones generales y combinaciones de cargas.
[61] NSEG 5 En 71: Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Corrientes Fuertes.
[62] NTSyCS: Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio, CNE 2025.

[63] RPTD N°10: Centrales de Producción y Subestaciones.

[64] Manual de aplicación de reglamentación térmica. Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

[65] Ley general de urbanismo y construcción.

5.2.2 Marco Internacional

[1] AASHTO Standard Specifications for Highway Bridge.

[2] ACI 318: American Concrete Institute.

[3] AISC: Manual of Steel Construction Allowable Stress Design.

[4] ANSI/AISC 360-10: Specification for structural steel buildings.

[5] ANSI B18.21.1: Washers: Helical Spring-Lock, Tooth Lock and Plain Washers (Inch Series)

[6] ASCE 10-15: Design of Steel Transmission Structures.

[7] ASTM A6: General requirements for rolled structural steel bars.

[8] ASTM A36: Standard Specification for Carbon Structural Steel.

[9] ASTM A53: Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless.

[10] ASTM A123: Standard Specification for Zinc (Hot Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel Products.

[11] ASTM A143: Standard Practice for Safeguarding Against Embrittlement of Hot Dip Galvanized Structural Steel Products and Procedure for Detecting Embrittlement.

[12] ASTM A153: Standard Specification for Zinc Coating (Hot Dip) on iron and Steel Hardware.

[13] ASTM A193: Standard Specification for Alloy-Steel and Stainless-Steel Bolting Materials for High-Temperature Service.

[14] ASTM A325: High – strength bolts for structural steel joints.

[15] ASTM A394: Steel transmission towers bolts zinc coated.

[16] ASTM A500: Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes.

[17] ASTM A572: High – strength how-alloy structural steel.

[18] ASTM F3125: Standard Specification for High Strength Structural Bolts and Assemblies,Steel and Alloy Steel, Heat Treated, Inch Dimensions 120 ksi and 150 ksi Minimum Tensile Strength, and Metric Dimensions 830 MPa and 1040 MPa Minimum Tensile Strength.

[19] AWS-D1.1 2010.: Structural welding Code-Steel..

[20] DIN 7990: Sechskantschrauben mit Sechskantmuttern fûr stahlkonstrucktionen.

[21] DIN 267: Verbindungselemente.

[22] EN 10025: Productos laminados en caliente, de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general.

[23] IEEE Std 80-2013 Seguridad en el aterrizamiento de subestaciones de CA.

[24] ISO 898-1: Mechanical properties of fasteners made of carbon Steel and alloy Steel.

[25] Manual N°133 ASCE: Substation Structure Design Guide.

[26] NFPA 12 Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems.

[27] NFPA 12A Standard on Halon 1301 Fire Extinguishing Systems.

[28] NFPA 17 Standard for Dry Chemical Extinguishing Systems.

[29] NFPA 17A Standard for Wet Chemical Extinguishing Systems.

[30] NFPA 750 Standard on Water Mist Fire Protection Systems.

[31] NFPA 2001 Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems.

[32] NFPA 221: Norma para paredes de fuego alto challenge, paredes de fuego, y paredes de barrera contra incendios.

[33] NFPA 80: Standard for Fire Doors and Other Opening Protectives.Norma GB/T700-2006, calidad Q235.

[34] Norma GB/T1591-2008, calidad Q345.

[35] SSPC: Steel Structures Painting Council.

5.3 Normativas Electromecánicas

5.3.1 Marco Nacional

[1] Pliegos Técnicos Normativos RIC para baja tensión. Vigentes desde el 12 de julio de 2021.

[2] Pliegos Técnicos Normativos RPTD Vigentes desde el 17 de marzo de 2021.

[3] Norma técnica de seguridad y calidad de servicio (NTSyCS) vigente y anexos técnicos que la conforman, CNE.

[4] Anexo técnico: Exigencias de Diseño de Instalaciones de Transmisión.

[5] D.S. N°1/2022: Regulación de la contaminación lumínica.

[6] CIGRE Lecciones y recomendaciones para el sector eléctrico derivadas del terremoto del 27 febrero de 2010 en Chile.

5.3.2 Marco Internacional

[1] IEC 60949: “Calculation of thermally permissible short – circuit currents, taking into account non – adiabatic heating effects”.

[2] IEC 61089: Round wire concentric lay overhead electrical stranded conductors.

[3] IEEE Std. 525 Guide for the Design and Installation of Cable Systems in Substations.

[4] IEEE Std. 693 Recommended practice for seismic design of substations.

[5] IEEE Std. 738 Standard for Calculating the Current – Temperature Relationship of Bare Overhead Conductors.

[6] IEEE Std. 979 Guide for Substation Fire Protection.

[7] IEEE Std. 998 Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substations.

[8] IEEE Std. 1527 Recommended practice for the design of flexible buswork located in seismically active areas.

[9] IEEE Std. 1427 Guide for Recommended Electrical Clearances and Insulation Levels in Air-Insulated Electrical.

[10] IEC 60865-1 Short-circuit currents - Calculation of effects - Part 1: Definitions and calculation methods.

[11] IEEE Std. 80 IEEE Guide for safety in AC substation grounding.

[12] IEEE Std. 81 IEEE Guide for measuring earth resistivity, ground impedance, and earth surface potentials of a ground system (Part 1/2).

[13] IEEE Std. 367, IEEE Recommended practice for determining the electric power substation ground potential rise and induced voltage from a power fault.

[14] Informe del Comité Especial de Estudio Cigré – Chile, “Lecciones y Recomendaciones para el Sector Eléctrico Derivados del Terremoto del 27 de febrero de 2010 en Chile.

[15] IEEE Std. 485, IEEE Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Stationary Applications.

[16] IEEE Std. 946, IEEE Recommended Practice for Desing of DC Auxiliary Power Systems

[17] Generating Stations.

[18] IEC 61936-1 - Power installations exceeding 1 kV A.C. – Part 1: Common rules.

[19] IEC 60865-1 - Short circuit currents – Calculation of effects. Part 1: Definitions and calculation methods.

[20] IEC 60287-1 Electric cables – Calculation of the current rating.

[21] IEC 60502-2 Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV (Um = 1,2 kV) up to 30 kV (Um = 36 kV).

[22] NFPA 10 Portable Fire Extinguishers

[23] NFPA 72 National Fire Alarm and Signaling Code.

[24] NFPA 70, National Electrical Code.

[25] NFPA 850 Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Stations.

[26] NFPA 2001 Clean Agent Fire Extinguishing Systems.

[27] NFPA 12 Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems.

[28] UNE-EN 12464-1 Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores.

[29] UNE-EN 12464-2. Iluminación de lugares de trabajo. Parte 2: Lugares de trabajo exteriores.

[30] IEC-60086: SER Primary batteries – All Parts.

[31] IEC-60335-2-29: Household and similar electrical appliances: “Particular requirements for battery chargers”.

[32] IEC 60034-1 Rotating electrical machines - Part 1: Rating and performance.

[33] IEEE Std. 575 IEEE Guide for the Application of Sheath-Bonding Methods for Single-Conductor Cables and the Calculation of Induced Voltages and Currents in Cable Sheaths.

[34] IEC 61869 Instrument Transformers all parts.

[35] IEC 60044 Instrument Transformers all parts.

[36] IEC 60076 Power transformers all parts.

[37] IEC IEC 60353 Line Traps For A.C. Power Systems.

[38] IEC 62271 High-Voltage Switchgear And Controlgear - all parts.

[39] IEC 60099 Surge arresters.

[40] IEC 60273 Dimensions of indoor and outdoor post insulators and post insulator unit for systems with nominal voltages greater than 1 000 V.

[41] IEC 62305 Protection against lightning.

6 Diseño y Zonificación Sísmica

En el diseño símico de las salas eléctricas se debe considerar el Titulo XXXV “Requisitos Sísmicos para Otras Obras Civiles dentro de Subestaciones” del “Anexo Técnico de Requisitos Sísmico para Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión”, con especial atención a lo indicado en el Artículo 195 de éste.

De acuerdo al Artículo 188, del Título XXXV, la zonificación sísmica para salas eléctricas se obtiene de acuerdo a lo establecido en la NCh2369 de 2023.

7 Solicitaciones para Edificaciones

7.1 Peso Propio (D)

D: Peso propio de la estructura, calculado a partir del peso unitario de los materiales incluidos en la modelación. Se tomará una holgura de acuerdo con el tipo de estructura para incluir elementos no modelados, tales como pernos, placas de conexión, rellenos y galvanizado.

7.2 Viento (V)

VE: Fuerza de viento sobre la estructura.

Presión de viento básica sobre la estructura de la edificación de acuerdo a lo establecido en la NCh 432.

7.3 Sismo (E)

De preferencia los diseños serán realizados considerando el análisis estático elástico, sin embargo, en caso de que en la etapa de diseño, según el criterio del equipo diseñador podrá considerarse un método alternativo debidamente avalado dentro de las normas de diseño.

7.3.1 Análisis estático (AEE)

El esfuerzo de corte horizontal de una edificación se debe calcular según la siguiente expresión:

$$Q_0 = CD$$

Donde:

- Q_0: esfuerzo de corte
- C: coeficiente sísmico
- D: peso de la estructura.

El coeficiente sísmico se calculará de acuerdo a la siguiente expresión:

$$C_H = \frac{0{,}7 \cdot I \cdot S_{aH}(T_H)}{R} \cdot \left(\frac{0{,}05}{\xi}\right)^{0{,}4}$$

$$C_V = \frac{0{,}7 \cdot I \cdot S_{aV}(T_V)}{R_V} \cdot \left(\frac{0{,}05}{\xi_V}\right)^{0{,}4} \text{ ó } 1{,}18 \cdot I \cdot S \cdot \frac{A_0}{g}$$

Donde:

- I: coeficiente relativo a la importancia, uso y riesgo de falla de una estructura y equipo, en el caso de las salas eléctricas $I = 1.2$. Se encuentra especificado en la sección 3.11.4 del documento técnico del CIGRE “Recomendación de requisitos sísmicos para instalaciones eléctricas de alta tensión”.
- S_{aH}: espectro de referencia para la dirección horizontal. Donde $S_{aH}(T_H) = 1{,}4 \cdot S \cdot A_0 \cdot \left(\frac{1+4.5\left(\frac{T_H}{T_0}\right)^p}{1+\left(\frac{T_H}{T_0}\right)^3}\right)$ S_{aV}: espectro de referencia para la dirección vertical. Donde $S_{aV}(T_H) = S \cdot A_0 \cdot \left(\frac{1+4.5\left(1{,}7\frac{T_H}{T_0}\right)^p}{1+\left(1{,}7\frac{T_H}{T_0}\right)^3}\right)$
- A_0: aceleración efectiva máxima definida según zonificación sísmica indicada en Tabla 5.2 y Figura 5.1 de la NCh 2369.
- ξ: razón de amortiguamiento que se establece según Tabla 5.7 de la NCh 2369.
- ξ_v: razón de amortiguamiento crítico vertical $\xi_v = 0.03$ según numeral 5.4 de la NCh 2369-2023
- R: factor de modificación de respuesta, según sección 3.11.5 del documento técnico del CIGRE “Recomendación de requisitos sísmicos para instalaciones eléctricas de alta tensión” y de la table 5.6 de la norma NCh 2369.
- R_V: factor de modificación de la respuesta estructural vertical R_V=2 según numeral 5.4 de la NCh 2369-2023.
- S: parámetro relativo al tipo de suelo, según tabla 5 de la NCh 2369-2023.

  Nota: El valor de C no necesita ser mayor que el indicado en la tabla 5.7 de la NCh 2369 En ningún caso el valor de C será menor a $0{,}25\,{}^{A_0}/_{g}$.

7.3.2 Distribución de fuerza sísmicas en altura

Las fuerzas sísmicas se deben distribuir en la altura, cuando aplique, según la siguiente expresión:

$$F_k = \frac{A_k\, P_k}{\sum_1^n A_j\, P_j}\, Q_0$$

$$A_k = \sqrt{1 - \frac{Z_{k-1}}{H}} - \sqrt{1 - \frac{Z_k}{H}}$$

Donde:

- F_k: Fuerza horizontal sísmica en el nivel k.
- P_k, P_j: pesos sísmicos en los niveles k y j.
- A_k: parámetro en el nivel k, donde k = 1 es el nivel inferior.
- n: número de niveles.

- Q_0: esfuerzo de corte basal.
- Z_{k-1} , Z_k: altura sobre la base de los niveles k y k-1.
- H: altura del nivel más alto sobre el nivel basal.

7.3.3 Análisis modal espectral (AME)

El análisis modal espectral se debe realizar considerando el espectro de diseño para la dirección horizontal declarado en el numeral 7.3.1 del presente documento.

7.3.4 Número de modos

El análisis debe incluir suficientes modos de vibrar para que la suma de las masas equivalentes, en cada dirección de análisis, sea igual o superior al 90 % de la masa total.

7.3.5 Esfuerzo de corte basal mínimo

Si el esfuerzo de corte calculado resulta menor que el valor resultante en la siguiente expresión:

$$Q_{min} = C_{min} D$$

$$C_{min} = \frac{0{,}25 \cdot I \cdot S \cdot A_0}{g} \text{ si } 0{,}06 < T' < 0{,}25s$$

$$C_{min} = \frac{0{,}25 \cdot I \cdot A_0}{g} \text{ si } T' \geq 0{,}25s$$

Todas las deformaciones y esfuerzos se deben multiplicar por el cociente Q_{min}/Q para los efectos de diseño, excepto en el caso de que se haya efectuado un análisis tiempo-historia no lineal.

7.3.6 Desplazamientos debidos a la acción sísmica

Los desplazamientos sísmicos se deben estimar utilizando el espectro elástico de referencia, corregido de acuerdo con la razón de amortiguamiento que corresponda y ponderado por el factor de importancia. Además, la acción sísmica debe considerar la regla de simultaneidad dirección como se indica a continuación:

$$\boldsymbol{E = \pm 1{,}0 \cdot E_x \pm 0{,}3 \cdot E_y \pm 0{,}6 \cdot E_z}$$
$$\boldsymbol{E = \pm 0{,}3 \cdot E_x \pm 1{,}0 \cdot E_y \pm 0{,}6 \cdot E_z}$$
$$\boldsymbol{E = \pm 0{,}6 \cdot E_x \pm 0{,}2 \cdot E_y \pm 1{,}0 \cdot E_z}$$
$$\boldsymbol{E = \pm 0{,}2 \cdot E_x \pm 0{,}6 \cdot E_y \pm 1{,}0 \cdot E_z}$$

Donde:
$\boldsymbol{Ei}$: Carga sísmica desacoplada en la dirección "$\boldsymbol{i}$". Las direcciones "$\boldsymbol{x}$" y "$\boldsymbol{y}$" corresponden a las direcciones horizontales perpendiculares entre sí. La dirección "$\boldsymbol{z}$" corresponde a la dirección vertical.
$\boldsymbol{E}$: Carga sísmica direccionalmente acoplada a considerar en cada una de las combinaciones de carga que corresponda.
Las verificaciones asociadas a los desplazamientos laterales deben ser consistentes con las solicitaciones derivadas del uso de combinaciones de cargas correspondientes al método ASD u otra combinación equivalente sin reducir por el factor de modificación de la respuesta.

7.3.7 Desplazamientos sísmicos máximos

Las deformaciones sísmicas se deben limitar a valores que no causen daños a otros sistemas o equipos en las edificaciones. En todo caso, las deformaciones no deben exceder los siguientes valores:

Estructuras de hormigón prefabricado constituidas exclusivamente por un sistema sismorresistente en base a muros conectados por uniones secas.

$$d_{máx} = 0{,}002\ h$$

Estructuras de muros de albañilería con particiones rígidamente unidas a la estructura.

$$d_{máx} = 0{,}003\ h$$

Marcos no arriostrados con rellenos de albañilería.

$$d_{máx} = 0{,}0075\ h$$

Otras estructuras.

$$d_{máx} = 0{,}015\ h$$

Donde,

d_{max}: desplazamiento sísmico máximo.

h: altura del nivel o entre dos puntos ubicados sobre la misma línea vertical.

7.4 Carga de uso (Lr)

Se deberán considerar las indicaciones de cargas de uso de acuerdo a la NCh 1537.

7.5 Carga de uso de techo (L)

Se deberán considerar las indicaciones de cargas de uso de techo de acuerdo a la NCh 1537.

8 COMBINACIONES DE CARGA PARA EDIFICACIONES

Las combinaciones de carga serán según lo requerido por la NCh 3171. Donde:

- D: Carga muerta (Dead load): peso propio de la estructura, materiales permanentes, acabados, etc.
- L: Carga viva (Live load): personas, muebles, tránsito variable dentro del edificio.
- Lr: Carga de techo (Roof live load): carga viva específica para techos, puede deberse a mantenimiento o acumulación temporal.
- W: Carga de viento (Wind load): presión o succión del viento sobre la estructura.
- E: Carga sísmica (Earthquake load): fuerza inducida por sismos.

8.1 Combinaciones de carga de servicio

- A: D
- B: D + L + Lr
- C: D + Lr + L
- D: D + Lr + W
- E: D + W + L + Lr

- F: D + E + L
- G: D + W
- H: D + E

8.2 Combinaciones de carga última

- AU: 1,4D
- BU: 1,2D + 1,6L + 0,5Lr
- CU: 1,2D + 1,6Lr + L
- DU: 1,2D + 1,6Lr + 0,8W
- EU: 1,2D + 1,6W + L + 0,5Lr
- FU: 1,2D + 1,4E + L
- GU: 0,9D + 1,6W
- HU: 0,9D + 1,4E

9 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Las edificaciones son construidas mediante módulos de estructuración en acero preensamblados manufacturados en forma industrial, y que será montada en la subestación, emplazándose sobre fundaciones de hormigón armado. Las edificaciones serán diseñadas y construidas para mantener los requerimientos solicitados de acuerdo con las necesidades y los criterios de diseño del proyecto, tanto eléctricos como civiles.

El diseño deberá considerar la adecuada instalación y operación en las condiciones que se presentan en el área de la subestación; además, se deberá analizar la factibilidad de transporte por los caminos existentes hacia el emplazamiento de la subestación. Se deberá garantizar la protección e integridad de los equipos durante su transporte, izaje, montaje e instalación en terreno, al igual que velar por la protección e integridad de las personas, equipos y de la instalación en operación durante el transporte y montaje de la sala.

El diseño debe considerar la correcta instalación y funcionamiento en las condiciones que se presentan en el área de la Subestación. Además, se debe analizar la viabilidad de transportar las unidades o paneles, con las carreteras existentes al sitio de la Subestación. El proveedor debe manipular y transportar las unidades de manera que se eviten tensiones excesivas que provoquen grietas o daños.

La protección y la integridad de las personas, los equipos y la instalación en funcionamiento deben garantizarse durante el transporte y el montaje de los edificios.

El diseño estructural de los edificios debe garantizar la protección de los equipos (Aires acondicionados y otros), especialmente durante los trabajos de elevación, transporte y su instalación en sitio. Así mismo, durante la ocurrencia de un sismo y bajo los efectos de las diferentes cargas que actuarán sobre los edificios.

Las edificaciones deben considerar las siguientes normas en su diseño estructural:

- Incluir todas las cargas que puedan ocurrir durante su vida útil que deban ser consideradas, tales como: cargas muertas, cargas vivas, sismo, viento, nieve, sobrecargas en cubiertas, etc., de acuerdo con la norma Nch 3171.

- Las cargas de viento se estimarán para la región donde se construirá la Subestación, de acuerdo con la norma NCh 432.
- Las cargas de techo deben considerarse de acuerdo con la norma NCh 1537.
- El diseño debe considerar la aceleración sísmica Ao establecida para el Área donde se construirá el proyecto, de acuerdo con la clasificación de la norma NCh 2369.
- Para elementos estructurales, las deformaciones máximas permiten un 0,2%. Además, cumplir con los requisitos de resistencia mecánica a esfuerzos, de acuerdo con lo establecido en el apartado 6.3 de la norma NCh 2369.
- Deben considerarse las cargas permanentes correspondientes a los sistemas de iluminación y aire acondicionado.

9.1 Elementos estructurales

Esta sala será conformada por módulos estructurales diseñados para resistir las cargas actuantes. El chasis de la sala estará principalmente constituido por perfiles de acero calidad ASTM A-36 para lo cual se consideran vigas tipo H e I, con entramados interiores para obtener uniones rígidas, mediante soldadura, quedando en condiciones de soportar la carga estructural propia, equipos instalados en su interior, movimientos durante el transporte, carga, descarga e izaje. Disposición y dimensiones según el diseño estructural. No se aceptará ningún aislamiento orgánico o madera en los edificios.

9.2 Trazado y niveles

El replanteo se ejecutará mediante equipos topográficos, identificando los ejes principales de las construcciones, los niveles de excavaciones y emplantillados de las fundaciones de las edificaciones a proyectar.

Podrán utilizarse puntos auxiliares de referencia; sin embargo, los ejes teóricos que serán la base para las fundaciones de las edificaciones deberán cumplir con una tolerancia en planta de ±1 cm respecto a los ejes proyectados de la construcción.

El nivel de piso terminado de los recintos contemplados en las edificaciones será el indicado en los planos de arquitectura y estructurales de las edificaciones.

El procedimiento para realizar la definición de ejes en el trazado de los recintos será previamente aprobado, documentando puntos de referencia (P.R.) que permanecerán en el desarrollo de los trabajos para ser verificados y chequeados en caso de ser requerido.

9.3 Materiales

9.3.1 Condiciones de los materiales

Todos los materiales seleccionados y especificados para este Proyecto deben ser nuevos, de primera calidad y se ajustarán a las normas vigentes referentes a su provisión, almacenamiento, manipulación y trabajos de aplicación, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, quien deberá entregar un dossier con calidad de materiales utilizados.

En caso de reemplazar alguno de los materiales especificados y utilizar los definidos como equivalentes, el proveedor deberá acreditar las muestras ante la ITO para su revisión y prueba. Cumpliendo con características equivalentes y similares condiciones de seguridad y calidad, la ITO dará la aceptación final de estos materiales para su utilización en campo.

9.3.2 Perfiles y planchas

Se considera que las estructuras tipo edificios, galpones y/o bodegas de la subestación se constituyen de perfiles de acero que pueden ser perfiles ángulo laminados, perfiles canal de plancha doblada, perfiles doble T de plancha soldada y placas de conexión, los cuales deben cumplir con las siguientes normas:

- Perfiles y placas de conexión de sistemas sismoresistentes: ASTM A36, A250ESP, o ASTM A572 Gr.50. En todos los casos cumpliendo con NCh 203 (incluyendo Anexo C).
- Elementos secundarios, que no forman parte de sistema sismoresistente principal, podrán ser de acero A270ES.

Todos los aceros del proyecto deberán ser certificados ante organismos acreditados, según NCh 203.

9.3.3 Pernos de conexión

Los pernos de conexión en estructuras tipo edificios, galpones y/o bodegas de la subestación, serán pernos alta resistencia, calidad ASTM A325.

Los pernos de alta resistencia serán de cabeza hexagonal con tuercas hexagonales con sus bordes redondeados en ambas caras. Cada perno deberá contar con a lo menos una golilla plana de acero endurecido conforme a ASTM F436 (ubicada bajo el elemento que se gira). Las tuercas serán hexagonales pesadas (heavy hex) y deberán cumplir con ASTM A563.

9.3.4 Pernos de anclaje

Los pernos de anclaje deben ser de materiales con comportamiento dúctil, con soldabilidad garantizada y deben contar con resiliencia garantizada de 27 Joules a la temperatura mínima del proyecto, pero no mayor a 0°C en ensayo de impacto CHARPY V-NOTCH de acuerdo con la norma ASTM A370, ASTM A673 y ASTM E-23.

La ductilidad de los pernos de anclaje debe ser demostrada mediante ensayo de tracción que demuestre que el material tiene una meseta pronunciada de ductilidad natural con:

- Fy ≤ 0.85fu y,
- un alargamiento de rotura ≥ 14% (aceptable solo para pernos de anclaje)

Los pernos de anclaje en estructuras tipo edificios, galpones y/o bodegas de la subestación tendrán un diámetro mínimo de 3/4", y podrán ser de las siguientes calidades:

- ASTM A36,
- ASTM F1554 Grado 36
- ASTM F1554 Grado 55-
- NCh 203, calidad A240ES.
- NCh 206, calidad A37-20.

9.3.5 Soldadura

Los electrodos y fundentes de soldaduras al arco deberán cumplir con la especificación AWS A5.1, A5.5, A5.17, A5.18, A5.20, A5.23 y A5.29, o sus equivalentes.
Los electrodos de soldadura deberán satisfacer una tenacidad mínima de 27 Joules a -29°C en el ensayo de Charpy según ASTM E-23.

9.4 Sistema de fundaciones

El diseño de la fundación en hormigón reforzado debe cumplir con todos los requisitos incluidos en el informe de la mecánica de suelo (parámetros del suelo y rocas, condiciones del agua subterránea, límites de asentamiento, propiedades mínimas que se indique para el hormigón y y su protección en contacto con el suelo, si así lo indica la mecánica de suelos, factores de carga parciales que deban adoptarse, tensiones y deflexiones admisibles, etc.), debe ser capaz de resistir todas las solicitaciones que se transfieran al sistema de fundaciones por los distintos estados de carga a los que estará sometida la estructura que se ancle a éste (ver sección “Solicitaciones para Edificaciones” del presente documento). La calidad y cuidados del hormigón deben ajustarse con lo indicado en los planos, salvo indicación contraria presentada en el estudio de mecánica de suelos.

Una vez finalizadas las excavaciones, se verificará el sello de fundación, el cual deberá ser recibido por un especialista en mecánica de suelos y por la ITO. En caso de que el sello de fundaciones esté por encima de la profundidad de excavación recomendada por la mecánica de suelos, se debe rellenar con hormigón calidad G10 o, como esté recomendado en el informe de mecánica de suelos del Proyecto.

El diseño del sistema de fundaciones, se debe realizar de acuerdo con las reacciones proporcionadas por el diseño de la sala eléctrica prefabricada, resultantes en los distintos puntos de anclaje considerados por el diseñador de la sala eléctrica que se anclará a este sistema de fundaciones. El diseño en particular del sistema de fundaciones, debe considerar las siguientes solicitaciones y sus combinaciones:

- Compresión, corte, volcamiento uniaxial, volcamiento biaxial.
- Tracción, corte, volcamiento uniaxial, volcamiento biaxial.

Para el diseño del sistema de fundaciones de salas eléctricas, no se aceptaran diseños que consideren como parte de su estabilidad, la colaboración lateral del suelo. Solo se aceptará la colaboración del suelo como masa gravitatoria sobre los pretiles de las zapatas, si es que la geometría del sistema de fundaciones permite que se aloje suelo sobre estos. El fabricante de la sala eléctrica debe proporcionar al diseñador del sistema de fundaciones, claramente, todos los resultados producto del análisis que realice para el diseño de la estructura que será anclada en este sistema de fundaciones, como mínimo:

- Planos de la estructura prefabricada, entre los cuales, el más importante para el diseño del sistema de fundaciones, es el que contenga una planta que muestre claramente, la ubicación de todos los puntos de anclaje y/o sujeción de la estructura de la sala eléctrica, considerados en su diseño estructural.

- Memoria de cálculo del análisis y diseño estructural, de la estructura prefabricada que será anclada a un sistema de fundaciones de hormigón armado. La cual debe contener explicita y claramente, como mínimo, lo siguiente:
    - Todos los estados de carga considerados para el diseño estructural de la sala prefabricada.
    - Todas reacciones, en los distintos puntos de anclaje de la estructura al sistema de fundaciones, producto de cada estado de carga por separado.
    - Todas la combinaciones de carga consideradas para el diseño estructural de la sala prefabricada.
    - Todas reacciones, en los distintos puntos de anclaje de la estructura al sistema de fundaciones, producto de cada combinación de carga.

- Todos los desplazamiento totales, los desplazamientos relativos, giros y/o asentamientos máximos que permita la estructura prefabricada para su normal funcionamiento u operación. Y, en el caso particular de los desplazamientos, giros y/o asentamientos producto de la carga sísmica, deben ser calculados por el fabricante de la sala eléctrica, considerando la fuerza sísmica sin reducir, es decir considerando un Factor de Modificación de la Respuesta igual a R=1.

El diseño del sistema de fundaciones de las salas eléctricas debe considerar los requisitos de operatividad propios de este tipo de edificación de subestaciones eléctricas, por lo cual debe procurar dar soporte y anclaje a todos los sectores que indiquen los requerimientos del fabricante de la sala prefabricada. Estos requerimientos deben estar claramente proporcionados al diseñador de las fundaciones, por el fabricante de la sala a través de especificaciones técnicas, memorias de cálculo y planos. Además, el diseño de este sistema de fundaciones, debe procurar no interferir en la disposición de canalizaciones necesarias para el paso de conductores eléctricos. Para más detalles, revisar documento “EECL-Tx-CL-001 Criterios de Diseño Subestaciones Eléctricas: Disciplina Civil y Estructural”.

9.5 Piso

Se debe asegurar que el diseño del piso cumpla estructuralmente con la disposición de equipos en sala, El piso de la Sala Eléctrica debe estar conformado por planchas de acero con un espesor mínimo de 6 mm, instaladas sobre vigas estructurales de acero a través de soldaduras en caso de que aplique. Las vigas estructurales deben ser dispuestas convenientemente para dar una correcta sujeción a los equipos y armarios necesarios según el diseño eléctrico de la sala prefabricada. El sistema del piso debe ser capaz de soportar como mínimo una carga igual a 1000 kg/m2, además, se asegurar un firme anclaje de los equipos eléctricos interiores

Las placas deben tener un acabado de pintura antideslizante y mínima vibración, dando un piso perfectamente nivelado.

El piso deberá considerar planchas de acero removibles en toda su superficie, de acuerdo con los planos de disposición de equipos en la sala. La entrada y/o salida de conductores desde y/o hacia el terreno, la sala eléctrica y sus equipos interiores, será por la parte inferior de la sala. En el contorno de estos accesos, se dispondrá de perfiles estructurales de acero, los cuales, para una correcta distribución y descarga de esfuerzos, deben estar correctamente conectados al sistema de vigas de acero estructural encargadas de proporcionar el anclaje de los equipos eléctricos dispuestos en sala.

9.6 Tabiquería interior y Cielos

Los muros y cielo de la sala serán formados por paneles tipo sándwich constituido por dos placas de acero con núcleo Lana de Roca de espesor 100 mm de alta densidad 100kg/m3, sus fijaciones se realizarán en los extremos del panel de acuerdo con las indicaciones del fabricante. Los muros, deben ser capaces de permitir tanto por dentro como por fuera de la sala, sin refuerzos estructurales especiales o adicionales, la instalación de equipos, a excepción de los equipos HVAC, en cuyo el fabricante debe proporcionar perfiles de acero estructural lo suficientemente resistente para asegurar una correcta y eficaz sujeción de los equipos HVAC a la sala. La estructura del panel debe permitir abrir pasadas de cables o de ductos, instalar ventanillas de inspección, o instalar fácilmente nuevos equipos en terreno.

Las planchas de acero Exterior / Interior, tienen Calidad Estructural ASTM A653. Este acero recubre por ambos lados el núcleo de Lana de Roca. Su recubrimiento es Galvanizado, aplicado por ambas caras según norma de fabricación ASTM calidad G60 (180 gr/m2).

El revestimiento interior de muros y cielo de la sala considera una resistencia el fuego RF-120 de acuerdo con NCh 935/1.

9.7 Revestimiento exterior

El revestimiento exterior de muros y techumbre se constituye por planchas de acero nervado Zinc alum con un espesor de 0,6 mm y atornilladas sobre la estructura de los muros perimetrales de acuerdo con las recomendaciones indicadas por el fabricante.

Se considera la instalación de costaneras de techo definidas en el cálculo estructural, las cuales reciben la plancha de terciado estructural de espesor 15mm que permite la correcta instalación de la barrera de humedad.

9.8 Muros perimetrales

Los muros se construirán con paneles de revestimiento de acero con un espesor mínimo de 112 mm, incluyendo 15 mm de material refractario en placa de vulcanita (según ensayo certificado) o un material refractario equivalente y aislamiento de lana mineral de densidad 35-40 kg/m³ o elemento de aislamiento equivalente para resistencia al fuego F-120 y cuyo sistema resistente debe ser verificado estructuralmente. Los muros se ajustarán a elementos validados por el OGUC para la resistencia el fuego; por lo tanto, las especificaciones indicadas en el plano se ajustarán a la referencia seleccionada. La fijación a la estructura se ajustará a las recomendaciones constructivas del proveedor del muro, las cuales puede ser a través de una estructura de bastidores o elementos similares.

El acabado interior y exterior se especifica en esmalte epóxico, color RAL a definir por el cliente.

La solución para los elementos de cerramiento o muros indicada es solo una referencia. El proveedor de las edificaciones podrá seleccionar una solución al cerramiento de acuerdo con materiales certificados del MINVU o una solución propia, para la cual deberá presentar el certificado tanto para la resistencia al fuego como para el comportamiento térmico, de acuerdo con lo definido en este documento. Además de considerar que no se aceptan soluciones con algún tipo de aislamiento orgánico o madera.

9.9 Sistema de Techumbre

La cubierta se construirá con paneles modulares de acero galvanizado, los cuales se apoyarán en perfiles tipo C o Sección CA, o sistema estructural sugerido por el fabricante. El marco de acero primario que consta de columnas y vigas debe soportar el techo y el revestimiento de la pared.

La techumbre considera una pendiente del 15% con caída a dos aguas, y estará construida con perfiles estructurales distribuidos según documento “EECL-Tx-CL-001 Criterios de Diseño Subestaciones Eléctricas: Disciplina Civil y Estructural” y conforme a una resistencia de 100 kg/m2.

El techo debe cumplir con la sobrecarga viva y de uso a la cual va a estar sometida la sala, de acuerdo a las normas NCh 3171 (combinaciones de carga), NCh 431 (nieve), Nch 432 (viento) y NCh 1537 (cargas y sobrecargas de uso)

9.10 Aislamiento térmico

Todos los elementos de la Sala Eléctrica garantizarán el aislamiento térmico necesario para cumplir con las normas vigentes para la zona 4, de acuerdo con la ordenanza general de urbanismo y construcción (OGUC) se debe garantizar una transmitancia térmica igual o menor a los siguientes valores

- Muros: 1,7 w/(m^2 x k).
- Techumbre: 0,38 w/(m^2 x k).
- Pisos ventilados: 0,60 w/(m^2 x k).

9.11 Bajantes y canaletas de aguas lluvias

El proveedor de los edificios prefabricados deberá proporcionar el sistema de bajantes y canaletas de aguas lluvia de acuerdo con los requisitos arquitectónicos para el área donde se ubicará la Subestación. Se proyecta el uso de acero galvanizado plegado, con dimensiones de desarrollo acordes al diseño arquitectónico.

Todas las juntas estarán remachadas y soldadas, en los extremos tendrán cubiertas, debe tener una pendiente mínima de 0,5% hacia los bajantes, se debe dejar un pase en la canaleta para conectar con el bajante de aguas lluvias.

La canaleta proyectada debe tener un escurrimiento de agua, descenderá siguiendo la misma línea del muro. Se sugiere un mínimo de tubería de PVC con un diámetro de 10 cm (4") o mediante drenaje de gárgolas, con dimensiones de desarrollo de acuerdo a la información descrita en los planos arquitectónicos.

La disposición final de las aguas lluvias de la cubierta deberán ser conectadas al sistema de drenaje de la plataforma según factibilidad respectiva.

9.12 Puertas

El proveedor de los edificios prefabricados deberá instalar las puertas. Los marcos de puertas construidos con perfiles metálicos deben soldarse al sistema estructural principal.

El proveedor deberá proporcionar los planos de taller que deben indicar , elevaciones y secciones de puertas y marcos, materiales, calibres y acabados, detalles de fabricación y montaje, ubicaciones de los accesorios de acabado por dimensión y ubicaciones / detalles de aberturas y persianas. No podrá iniciar la fabricación hasta que ENGIE apruebe los detalles.

Las puertas de una hoja están especificadas para la entrada y salida de personal. Esta puerta se abrirá fuera del edificio y todos los herrajes deben estar instalados desde fábrica.

Las puertas de doble hoja están especificadas para la entrada y salida de equipos, las cuales abrirán hacia el exterior de la edificación.

En el diseño del sistema estructural principal y su fabricación, se debe considerar el sellado en las juntas de placas exteriores e interiores y aberturas de paredes (puertas) y tendidos de cables, a fin de evitar la entrada de polvo, animales, lluvia, la transferencia de calor con el exterior y presurización.

Deberán contar con al menos dos puertas: una de acceso de materiales y equipos, y la otra de servicio. Por razones de seguridad para el diseño de la instalación deberá en la medida de lo posible considerarse que dichas puertas deberán estar emplazadas en orientaciones opuestas de manera que permita la salida expedita del personal del área en caso de incendio o emergencia.

La puerta de servicio deberá tener por lo menos 0,80 por 2,10 (m), deberá abrir hacia el exterior y deberá ser del tipo “Puertas Anti-fuego Antipanico”, esto significa que la puerta debe permitir abrir desde dentro sin necesidad de llaves.

La puerta de acceso de los materiales deberá tener dimensiones suficientes como para permitir el reemplazo de los equipos ubicados en su interior. Adicional a lo anterior, los accesos y puertas deberán cumplir con lo indicado en la normativa RIC N°13 Subestaciones y Salas Eléctricas.

9.12.1 Puertas metálicas de dos hojas

Para el acceso a Salas desde exterior, se instalarán puertas metálicas cortafuegos RF120, con aislamiento térmico en lana mineral, las puertas serán de abatir de dos hojas con perfiles de bastidor de las puertas, perfil tubular rectangular 80x40x2 mm y travesaños 40x40x2 mm, con caras en planchas metálicas de espesor 1 mm soldadas de punto, marcos de puertas en perfiles de acero C 80x40x3 mm, con tope de perfil tubular de 20x20x2 mm soldado al marco. El marco será anclado a rasgo con tarugo de nylon de 10 mm de alto rendimiento para fijaciones medias cada 50 cm, cierres herméticos con empaques intumescentes, pintura con acabado con antióxido, esmalte brillante u opaco o pintura poliuretano. Puerta de apertura acceso de personal, con cerradura embutida con cilindro por ambos lados, cerrojo de dos pistones y seguro por interior. Manillas de Zinc Alloy. Las puertas irán colgadas con al menos 3 pomeles, de mínimo Ø 12 mm x 6” de acero de tipo lubricado, soldadas al bastidor de la puerta y al marco. La otra hoja de apertura eventual, llevará una españoleta para servicio pesado con barra de acero antipánico de sección cuadrada de 5/8” en ambas hojas. Solo se instalará en la puerta de acceso peatonal cierra puertas hidráulico. Para todas las puertas se considerará tope de puerta al piso de bronce.

9.12.2 Puertas metálicas de una hoja

Puerta metálica de una sola hoja para el acceso a las salas desde exterior, serán puertas metálicas cortafuegos RF120, con aislamiento térmico en lana mineral. Será en perfiles de bastidor tubular rectangular 80x40x2 mm, travesaños 40x40x2 mm, caras de plancha metálica de espesor 1 mm soldadas de punto, marco puerta de perfil acero C 80x40x3 mm, con tope de perfil tubular de 20x20x2 mm soldado al marco.
El marco será anclado a rasgo con tarugos tarugo de nylon de 10 mm de alto rendimiento para fijaciones medias cada 50 cm con cerradura de cilindro por ambos lados, cerrojo de dos pistones y seguro por interior. Manillas de Zinc Alloy. Tope de puerta al piso, cierres herméticos con empaques intumescentes, pintura con acabado con antióxido, esmalte brillante u opaco o pintura poliuretano, con barra de acero antipánico de sección cuadrada de 5/8” y cierra puerta hidráulico.

9.13 Rampas y veredas

Para facilitar el ingreso de los equipos a las salas y diferentes edificaciones, se proyectarán rampas de acceso.

9.14 Pinturas y acabados

Para todas las placas de pared, techo y elementos estructurales metálicos debe ser aplicada una protección prepintada con anticorrosivo epóxico industrial. La primera capa será una protección anticorrosiva primer epóxico industrial, en dos capas de diferentes colores y con un espesor total en seco de 2,5-3,0 milésimas de pulgada, aplicar con pistola. Posteriormente se aplicará un tratamiento de limpieza, luego se aplicarán dos manos de epóxico antiácido y finalmente dos manos de esmalte epóxico como acabado blanco.

Para las placas de piso, la limpieza se considerará con chorro de arena a metal blanco, aplicando un recubrimiento con pintura epóxica y aditivo de cuarzo para brindar propiedades antideslizantes.

Todas las superficies pintadas deben entregarse lisas y evitando marcas o imperfecciones.

La aplicación de pintura como se muestra en los planos del contrato incluye, entre otros, la preparación de la superficie y la aplicación de pinturas en el campo (si es necesario).

9.14.1 Preparación

- Superficies: Corregir defectos y limpiar las superficies que puedan afectar el trabajo de esta sección. Las superficies se prepararán de acuerdo con las recomendaciones del fabricante si son más estrictas que las siguientes.
- Superficies impermeables: Elimine el moho frotando con una solución de fosfato trisódico y lejía. Enjuagar con agua limpia y dejar que la superficie se seque.
- Superficies galvanizadas: Elimine la contaminación de la superficie y los aceites y lave con disolvente. Aplicar una capa de imprimación de grabado.
- Superficies de hierro y acero sin recubrimiento: elimine la grasa, la cascarilla de laminación, las salpicaduras de soldadura, la suciedad y el óxido. Donde sean evidentes capas pesadas de incrustaciones, quítelas con un cepillo de alambre manual o con chorro de arena; limpiar lavando con disolvente. Aplique un tratamiento de solución de ácido fosfórico, asegurándose de que las uniones soldadas, los pernos y las tuercas se limpien de manera similar. Aplicar en las superficies desnudas de acero y hierro.
- Superficies de acero imprimadas en taller: Lijar y raspar para eliminar la imprimación suelta y el óxido. Suavizar los bordes para que los parches Superficies de acero desnudo de primera calidad.
- Las paredes se prepararán de acuerdo con la norma SSPC-SP6 o según lo recomendado por el fabricante.
- Pintura en superficies previamente preparados de fábrica

9.14.2 Aplicación

- Aplicar acabados a superficies que estén debidamente preparadas y secas.
- Deje que las capas aplicadas se sequen antes de aplicar la siguiente. Aplique recubrimientos posteriores dentro de la ventana de repintada recomendada por el fabricante.
- Aplique cada capa para lograr una apariencia uniforme. Aplique cada capa de pintura un poco más oscura que la capa anterior a menos que se especifique lo contrario.
- Preparar las superficies entre capas según las recomendaciones del fabricante. Aspire las superficies preparadas de partículas sueltas. Utilice un paño antiestático para eliminar el polvo y las partículas justo antes de aplicar la siguiente capa.
- Puertas y marcos:
    - Se debe aplicar una capa de pintura con brocha o rodillo con 2,5 a 5 milésimas de pulgada de espesor de película seca.
    - Se deben aplicar dos capas de acabado con brocha o rodillo con 2,5 a 4 milésimas de pulgada de espesor de película seca por capa.
    - Las puertas deben tener un acabado en los bordes y caras superior, lateral e inferior.
- Paredes:
    - La primera capa se aplicará con brocha o rodillo para lograr un espesor de película húmeda de 5-6 mils, seca de 4-5 mils.

- Se deben aplicar dos capas superiores con brocha o rodillo para lograr un espesor de película húmeda de 3-5 milésimas de pulgada.

9.14.3 Limpieza

- Durante el progreso del trabajo, retire del sitio los materiales de pintura desechados, la basura, las latas y los trapos al final de cada día de trabajo. Tenga cuidado de desechar adecuadamente los elementos que puedan quemarse espontáneamente o que deban eliminarse como desechos especiales o peligrosos.
- Al finalizar el trabajo de pintura, limpie el vidrio de la ventana y otras superficies salpicadas de pintura. Quite la pintura salpicada con los métodos adecuados de lavado y raspado, teniendo cuidado de no rayar o dañar las superficies terminadas.
- Protección: Proteger el trabajo de otros oficios, pintado o no, contra daños por trabajos de pintura y acabado. Corrija el daño limpiando, reparando o reemplazando y repintando, según lo acepte el propietario.
- Proporcione letreros de "Pintura húmeda" según sea necesario para proteger los acabados recién pintados. Proporcionar los envoltorios protectores temporales para la protección de la obra. Una vez finalizadas las operaciones de pintura, retire los envoltorios temporales.
- Al finalizar el trabajo de otros oficios, retoque y restaure las superficies pintadas dañadas o desfiguradas.

9.14.4 Esquema de pintura

El esquema de pintura se indica en la siguiente tabla (No se considera pintura intumescente bajo envigado de piso):

Esquema C5 - Ambiente altamente corrosivo		Espesor (mícrones)	Volumen Sólido (%)
ESTRUCTURA DE PISO - PILARES - ESTRUCTURA DE TECHO - PLANCHA DE PISO EXTERIOR			
Preparación superficie	SSPC-SP1		
	SSPC-SP10 RUGOSIDAD 40-60 micrones		
Sello epóxico	SW - MACROPOXY 646	225	72
Poliuretano terminación	Ejecución de Construcciones de Acero	75	68
Espesor total esquema		300	100
PLANCHA DE PISO INTERIOR			
Preparación superficie	SSPC-SP1		
	SSPC-SP10 RUGOSIDAD 40-60 micrones		
Sello epóxico	SW – RESUPRIME MVT	150	100
	DRY SILICA SAND		
Intermedio	FT 1017	200	100
Espesor total esquema			

Tabla N°1 Esquema de pintura.

Elemento	Color
REVESTIMIENTO EXTERIOR MUROS	RAL 9002
REVESTIMIENTO EXTERIOR CUBIERTA	RAL 9002
REVESTIMIENTO INTERIOR MUROS Y CIELO	RAL 9003
REVESTIMIENTO INTERIOR PLANCHA DE PISO	RAL 7035
PUERTAS: INTERIOR Y EXTERIOR	RAL 7024
REVESTIMIENTO EXTERIOR MUROS	RAL 9002
REVESTIMIENTO EXTERIOR CUBIERTA	RAL 9002
REVESTIMIENTO INTERIOR MUROS Y CIELO	RAL 9003
REVESTIMIENTO INTERIOR PLANCHA DE PISO	RAL 7035
PUERTAS: INTERIOR Y EXTERIOR	RAL 7024
REVESTIMIENTO EXTERIOR MUROS	RAL 9002
REVESTIMIENTO EXTERIOR CUBIERTA	RAL 9002
REVESTIMIENTO INTERIOR MUROS Y CIELO	RAL 9003
REVESTIMIENTO INTERIOR PLANCHA DE PISO	RAL 7035
PUERTAS: INTERIOR Y EXTERIOR	RAL 7024

Tabla N°2 Esquema Colores de terminación.

9.15 Accesorios eléctricos

El proveedor de la sala eléctrica será el encargado de integrar todas las especialidades implicadas en las instalaciones del sistema de protección contra incendios (detección y extinción), eléctrico, climatización, sistema de presurización, sistema CCTV, etc., antes de su envío a obra.

9.16 Canalizaciones eléctricas

La sala deberá contar al menos con los siguientes puntos:

- Interruptores de 9/12, La selección del material de la placa deberá responder a las condiciones ambientales y operativas del entorno, garantizando resistencia, durabilidad y conformidad con la normativa eléctrica aplicable. Su altura desde el nivel del piso terminado deberá ser acorde a la Normativa RIC N°4.
- Los Enchufes tendrán módulos de 10/16 A (Permiten conectar enchufes macho tanto de 10A como de 16A, que constructivamente son distintos). Su altura desde el nivel del piso terminado deberá ser acorde a la recomendación la Normativa RIC N°4.
- Las canalizaciones interiores deberán ejecutarse con materiales que aseguren resistencia mecánica y conformidad normativa, como cañerías de acero galvanizado u otras equivalentes según el entorno.
- Tablero de distribución de fuerza y alumbrado para aire acondicionado, sistema de alarma y/o extinción automática de incendios, iluminación interior y exterior y circuitos de enchufes.
- La canalización interior de la sala consistirá en una planta abierta que abarque toda la superficie de la sala de control.
- Las canalizaciones diseñadas deberán incluir una reserva de al menos, 15%.
- Las pasadas de cables por escotillas, aberturas en muros, paredes, tabiques, losas, etc., deberán ser selladas después de terminar el tendido de los cables, con un material resistente al fuego y adecuado, para un fácil retiro en caso de modificaciones necesarias.

9.17 Requerimientos de climatización

La sala contará con sistema de aire acondicionado HVAC (heating, ventilation and air conditioning) tipo mochila. La temperatura será controlada por termostatos instalados en el interior de la sala.

Este sistema contará con un enclavamiento con el sistema de detección de incendios para desconectarlo en caso de incendio.

Se deberá incluir un sistema de presurización en el caso de que la edificación se ubique en zonas costeras, desérticas o en sectores de alta polución.

9.18 Iluminación

El alumbrado de las salas eléctricas será con base a equipos LED, tipo industrial, Estas luminarias deberán ser herméticas y de bajo consumo y deben instalarse de manera tal que la luz no se vea obstruida por objetos como armarios de control o canaletas expuestas. Además, se deberá considerar alumbrado de emergencia.

Se debe determinar la cantidad y distribución de equipos de iluminación a partir de una una memoria de cálculo de iluminación basada en la normativa nacional e internacional. Un sistema de iluminación de emergencia debe estar provisto de dos focos orientables de 35 W y baterías de respaldo durante 2 horas, con funcionamiento autónomo, cargador propio y corriente alterna.

Recinto a iluminar	Particularidad	Iluminancia [lux]
Sala SSGG, SSAA y de control (Diagonal)	Iluminación general en tableros	500
Pasillos		50

Tabla N°3 Niveles de iluminación mínimos en interiores

La iluminancia en interiores se medirá en el plano de trabajo, es decir, horizontalmente a 0,85 m de altura sobre el suelo, excepto los pasillos y zonas de tránsito peatonal, estos serán medidos a nivel de piso. El factor de uniformidad de la iluminación será: igual o mayor que 0,7.

Por otro lado, el tablero general de alumbrado (exterior y/o interior) estará conectado a la barra de los servicios auxiliares no esenciales. Por otro lado, el sistema de alumbrado deberá considerar un sistema de alumbrado de emergencias el cual estará conectado a la barra de servicios esenciales en el tablero de SSAA de la subestación.

9.19 Sistema HAVC – Aire acondicionado

El suministro del HAVC será un sistema que deberá mantener las salas a temperaturas adecuadas para el correcto funcionamiento de equipos eléctricos al interior de éstas.

La cantidad de equipos que se instalarán quedará determinada según la capacidad necesaria para cubrir la sala eléctrica.

Los criterios para validar las capacidades de los equipos deberán considerar el diseño y dimensiones de las salas, temperaturas interiores y exteriores de la zona, pérdidas de aire de acuerdo a condiciones naturales y filtraciones por puertas, de manera tal de garantizar las siguientes temperaturas constantes en cada ambiente a climatizar: entre 20ºC y 25ºC (humedad relativa menor a 40%).

El sistema deberá asegurar un funcionamiento continuo 24 horas por día y 365 días año, con una vida útil de 12 a 15 años.

El sistema será adecuado para mantener sus características, ajustes y capacidades bajo todas las condiciones normales de operación y tendrá un diseño que permita su fácil operación y mantención.

El sistema considerado para acondicionar las edificaciones debe contemplar la utilización de equipos compactos de aire acondicionado, para proyectos ubicados en zonas con alta contaminación como desiertos se recomienda la utilización del tipo “heavy duty”, preferiblemente del tipo “mochila” o tipo Split, la selección de este dependerá de los requisitos dados en cada proyecto.

El aire estará libre de contaminantes químicos y polvo. Se utilizarán filtros de un diseño que permita lograr las condiciones anteriormente especificadas.

En caso de que el sistema sea del tipo “mochila” el aire de retorno debe ser captado por medio de una rejilla de retorno y comunicado a la unidad de aire acondicionado a través de un conducto, también fabricado en plancha de acero galvanizado.

9.20 Resistencia al fuego

La materialidad de los elementos estructurales (verticales y horizontales) y revestimientos utilizados en la fabricación de edificios, tales como perfiles y canales deben tener una clasificación de resistencia al fuego mínima F30, el panel de paredes y puerta debe tener una clasificación de resistencia al fuego mínimo F60 y el techo (incluido el cielo falso) debe tener una clasificación de resistencia al fuego mínima F15 según la clasificación de elementos indicada en las OGUC en el título IV. A continuación, se presenta el resumen de clasificación de elementos constructivos para la Sala Eléctrica.

Elemento	Clasificación de elementos de construcción	Clasificación del tipo de construcción*	Resistencia al fuego
Elementos estructurales (elementos de soporte verticales y horizontales)	5 y 8	d	F30
Paredes y puertas	4	d	F60
Techo (incluye el cielo)	9	d	F15

Tabla N°4 Elementos y resistencia al fuego.

* La clasificación del tipo de construcción se ha determinado considerando el número de pisos y una ocupación para establecimiento industrial con una densidad de carga media de combustible sobre 1000 hasta 2000 MJ/m2, considerando un calor de combustión máximo de 25 MJ por tablero o gabinete y peso máximo de 100 kg de acuerdo a lo indicado en el numeral 4.3.3 de la O.G.U.C.

La resistencia al fuego debe ser el resultado del estudio de carga combustible para cada elemento constructivo de las edificaciones, por lo tanto, la clasificación de la construcción es referencial y deberá ser verificada en diseño de la estructura. Este estudio debe presentarse con diseño estructural de edificio prefabricado de acuerdo con lo establecido en ASTM-E119 (Standard Test Method for Fire test of Building Construction and Materials).

9.21 Sistema de extinción de incendios

Las Salas deberán estar provistas de los medios tanto de detección y alarma como de extinción de incendios, de acuerdo a lo establecido en las normas de NFPA.

El diseño deberá considerar los medios necesarios para detectar y dar señal de alarma en caso de originarse un incendio en las salas, usando detectores iónicos o fotoeléctricos de humo y estaciones manuales de alarma ubicadas estratégicamente de manera contigua a las vías de escape.

En las salas proyectadas deberá considerarse la instalación de un Panel Central de Detección y Alarma de Incendio, con batería de respaldo (Vcc), que entregue una alarma visual y audible en caso de activarse un dispositivo de iniciación, reportando dicha condición hacia una posición remota mediante el sistema SCADA. De igual forma, este Panel Central supervisará el funcionamiento del sistema y enviará una señal de avería en caso de detectarse una falla.

Las salas estarán dotadas de los mismos sistemas de detección y alarma, reportando sus condiciones al Panel Central de Detección y Alarmas.

El sistema de extinción de incendio provocará la extinción de incendio de forma automática, localizándola en las fuentes de peligro de incendio y de carga calórica.

Se considerará la utilización de gas FM-200 o Novec 1230 como medio de extinción para las salas, tanto como para la extinción automática como para la manual.

En el Proyecto se recogerán los criterios y medidas adoptadas para alcanzar la seguridad contra incendios exigidas por las reglamentaciones correspondientes.

Otras medidas preventivas serán:

- Sellado donde los cables penetren en las paredes o en los techos que lleven a la sala.
- En la sala está prevista la instalación de paneles con detectores y alarmas de humo y calor.

9.22 Conexión de Puesta a Tierra

Los edificios deben tener todos los accesorios necesarios para conectarse a la puesta a tierra de malla metálica del patio de Subestación.

Se deben tener en cuenta al menos 4 puntos de conexión.

9.23 Sellos y uniones

Se proyecta como terminación de revestimiento lateral; forros de remate dispuestos tanto en todas las llegadas a vanos de acceso del tipo forro Corta Gotera, del tipo forro sello y además en todas las uniones del tipo Esquineros. Para todos estos forros de remate se ocuparán Planchas lisas plegadas simple, de Acero Zincalum prepintado de 0,5 mm de espesor.

Se proyecta como terminación de revestimiento de cubierta; forros de remate superior en toda la unión superior de las cubiertas del tipo forro Cumbrera y también se proyecta en todas las uniones de cubierta con el frontón lateral, ocupando el forro tipo Esquinero superior. Para todos estos forros de remate se ocuparán

Planchas lisas plegadas, de Acero Zinc-alum prepintado de 0,5 mm de espesor.

En todos los forros de remate, ya sean Cumbreras, Cortagoteras y Esquineros, se proyecta Sellos premoldeados de espuma de poliuretano impregnado en asfalto, dispuestos entre el revestimiento exterior y los ya mencionados forros de remate, con el fin de modelar, rigidizar y proveer la estanqueidad necesaria frente a aguas que se devuelvan con el viento.

9.24 Condiciones de trabajo

Durante el montaje de los edificios prefabricados asociados a la Subestación, se debe considerar el riesgo existente durante la ejecución de las obras por la instalación de equipos eléctricos en patios de alta tensión.

- El desarrollo de procedimientos de trabajo y charlas de seguridad acordes a las actividades a realizar en obra.

- Cumplir con todas las recomendaciones del personal de la ITO en cuanto a alturas máximas en maniobras de maquinaria.
- Preparar los límites apropiados para cada área de trabajo dentro de la Subestación.
- Contar con medidas de asistencia acordes al plan de seguridad y prevención de riesgos del proyecto.
- Para el montaje de las unidades prefabricadas, se debe estar siempre bajo la supervisión permanente de un profesional competente en el sitio, con experiencia en construcción de obra civil en el campo eléctrico.

9.25 Garantía del proveedor

9.25.1 Calidad de las obras

El proveedor suministrará el edificio sujeto a:

- Garantía total del comportamiento de los componentes y accesorios suministrados al edificio.
- Dieciocho (18) meses de garantía para mano de obra, materiales y operación hasta la fecha de operación de los edificios o no menos de 24 meses a partir de la fecha de recepción. Si las reparaciones se realizan dentro de ese período, la garantía se extiende por 18 meses adicionales.
- El proveedor es responsable de todos los costos relacionados con la reparación o reemplazo de piezas dañadas o defectuosas durante el tiempo de garantía.

9.25.2 Manual de obra

El proveedor debe suministrar manual con las directrices para el transporte, almacenamiento, montaje, puesta en marcha, operación, mantenimiento y reparación de los edificios. Esta guía debe incluir el historial de ensamblaje y al menos la siguiente información:

- Alcance: Indicar en detalle todos los planos, códigos, catálogos, etc. que se han incluido en el diseño.
- Descripción: Indicar brevemente, pero completamente, las principales características mecánicas y eléctricas de los edificios, la construcción y las características de otros componentes importantes.

9.25.3 Transporte

Los planos de transporte incluirán todas las observaciones, según la experiencia del fabricante, sobre:

- Uso de grúas para la elevación del edificio.
- Levantamiento con gatos.
- La lista de envío (lista de empaque). La cual deberá incluir la cantidad de paquetes que forman parte del envío y su correspondiente detalle de cada uno claramente indicado.
- Inspección del contenido de los paquetes para determinar posibles pérdidas y daños durante el transporte al patio de la Subestación.

9.25.4 Almacenamiento

Debe considerarse como mínimo las Pautas de almacenamiento para todos los accesorios.

En general, estas directrices deben considerar si el edificio se almacenará durante mucho tiempo.

9.25.5 Montaje

Directrices para cuando el edificio se ubique en su base de anclaje, antes del montaje.

Directrices para el montaje del edificio indicando:

- Todos los planos para realizar el montaje.
- Toda la información correspondiente a todos los accesorios.
- Detalle de las pruebas o medidas, recomendadas por el proveedor, a realizar durante el montaje.

9.25.6 Mantenimiento

Se debe incluir un cronograma de mantenimiento e inspección periódica, indicando los elementos a inspeccionar y qué tipo de control o mantenimiento se debe realizar.

9.25.7 Planos y memorias de cálculo

Cada copia del manual de instrucciones debe incluir un juego completo de los planos aprobados. Estos se pueden reducir de su tamaño original.

El proveedor presentará un informe de cálculo que valida los diferentes diseños realizados para la construcción de los edificios, incluido el Estudio de Carga Combustible. Además, estos informes deben contener las cargas a nivel de pedestal y recomendaciones de apoyo para el diseño de los cimientos y conductos (si corresponde).

El juego de planos debe ir precedido de un índice numerado de todos los dibujos incluidos, indicando el nombre y número de los dibujos de taller. Además, junto a cada plano se debe indicar una lista de los dibujos de referencia con los que se relaciona, y notas, cuando corresponda.

9.26 Inspecciones en fábrica y pruebas FAT

Se contemplan pruebas internas de todos los sistemas (sistemas de energía, iluminación, climatización control de acceso y salida de emergencia, protección contra incendios y revestimiento interior y exterior, presurización, entre otros), en coordinación con el cliente.

Para lo anterior se debe presentar un plan de inspección y ensayos el cual deberá ser revisado por el cliente y en el cual se deben evidenciar el cumplimiento normativo de fabricación y los criterios de aceptación de cada etapa.

Es de responsabilidad de la empresa de suministrar todas las herramientas, materiales y certificados de calidad conformes a normativa aplicable vigente.

La empresa responsable entregará los certificados de calidad y calibración de todos los equipos e instrumentos utilizados previamente al inicio de las pruebas de liberación de la sala, (Pruebas FAT)

Una vez ejecutadas y aprobadas dichas pruebas por el cliente, se hará entrega de los protocolos correspondientes, debidamente firmados y timbrados, en los formatos previamente acordados entre ambas partes, los registros de control (protocolos), deben ser entregados previamente a la liberación de su proceso constructivo, se debe otorgar un plan de visitas para el acordado con el cliente, para avanzar a la siguiente etapa de fabricación.

9.27 Izaje de los edificios

Estructura de Izaje: Cada módulo cuenta con cuatro (4) cáncamos de izaje fijados a la base de la estructura de forma perimetral, y ubicados en los puntos indicados por memoria de cálculo estructural, además se proyecta una herramienta de izaje, para maniobras de carga y descarga en sitio (yugo)

Las edificaciones deben ser provistas de cáncamos/ganchos soldados a la base y ubicados en los puntos indicados por el cálculo estructural para el levantamiento de las estructuras completas o por módulo en el sitio.

El proveedor debe realizar un análisis de la ubicación final de las edificaciones, con el objetivo de establecer el recorrido y sus características de anchos y alturas máximas, que le permita modular las estructuras de tal forma que se garantice su correcto transporte.

9.28 Instalación en terreno

Se considera la instalación en terreno de la sala, incluyendo el anclaje mecánico de los equipos del cliente al interior.

De requerirse un yugo para el izaje e instalación de la sala eléctrica o sus módulos en terreno, se debe entregar los planos de fabricación de este, proveer un plan de inspección y ensayos que cumpla con las normativas de resistencia de materialidad, soldaduras y pernos, se debe considerar en el diseño una prueba FAT de este elemento para asegurar su resistencia previo despacho a terreno.

El proceso de instalación de la sala será definido en el procedimiento de montaje.

El proveedor debe proporcionar todo el procedimiento, las instrucciones de montaje, herramientas necesarias y pruebas para permitir una instalación adecuada.

Si es necesario, el cliente puede gestionar los siguientes servicios in situ con el proveedor de edificios prefabricados:

- Asistencia para el montaje mecánico de edificios.
- Asistencia para montaje eléctrico.
- **Pruebas funcionales de equipos de campo conectados a edificios.**

9.29 Exigencias mínimas de seguridad

- Las subestaciones con transformadores de poder deberán disponer de muros cortafuegos, en caso de que corresponda según la distancia entre transformadores y entre transformadores y edificaciones en conformidad a la normativa vigente, y de un sistema de detección y extinción de incendio que garantice que no se propague al entorno y que evite el derrame de aceite al exterior de la subestación, de acuerdo con lo establecido en el pliego técnico normativo RPTD 08.
- En toda subestación eléctrica, cualquiera sea el tipo de montaje y condiciones de uso, las partes que la componen deben estar dimensionadas y establecidas para resistir los efectos de la corriente máxima de cortocircuito (Ver **Error! Reference source not found.**) hasta el momento de su desconexión, sin que resulte peligro para las personas, medioambiente, riesgo de incendio, ni deterioro de las instalaciones o menoscabo de su vida útil.
- Para el diseño de subestaciones ubicadas en zonas cuya altitud sea superior a los 1.000 msnm, se deberán considerar factores de corrección indicados por la normativa respectiva, así como por los fabricantes de los equipos a instalar.

9.30 Grados de Protección

De acuerdo a los valores de protección IP establecidos en la norma IEC 60529, los tableros de uso exterior considerarán un grado de protección mínimo IP55 dada la exposición a la que se encuentran. Por otro lado, para tableros al interior de las edificaciones el grado de protección será como mínimo IP51.

Se deberá incluir un grado de protección IP mayor que 65 en el caso de que la edificación se ubique en zonas costeras, desérticas o alta polución.

9.31 Identificación en Sala Eléctrica

Las siguientes dependencias se identificarán mediante letreros pintados directamente o adosados a los accesos a ellas: Casa de Servicios Generales, Sala de baterías, Sala grupo de emergencia, Sala de terminales, Sala de cargadores, Sala de protecciones, Sala de control y protecciones, Sala de comunicaciones, otras salas y edificaciones asociadas a la instalación.

Los letreros de las Salas de Baterías, deberán contener la indicación “Antes de ingresar conecte el extractor de aire” en letras de color rojo.

Descripción	Dimensiones Letrero	Fuente de referencia
DEPENDENCIA	200x300 mm	Arial Narrow Alto: 50 mm Dependencia Alto: 10 mm Leyenda inferior

Tabla N°5 Letreros Identificación de dependencias



Figura 1 Ejemplos de letreros en dependencias

- **Identificación de Equipos interiores en Dependencias**

Los siguientes equipos se identificarán mediante letreros de acrílico de color azul con letras grabadas en color blanco:

- ❖ Bancos de baterías, indicando número, voltaje y servicio.
- ❖ Cargadores de batería, indicando número, voltaje y servicio.
- ❖ Inversores, indicando número, voltaje y servicio.
- ❖ UPS, indicando número, voltaje y servicio.
- ❖ Barras de servicios auxiliares, indicando número, voltaje y servicio
- ❖ Compresores de aire, indicando número y servicio.
- ❖ Otros equipos, indicando número y servicio

Descripción	Dimensiones Letrero	Fuente de referencia	Color Fondo
EQUIPOS EN DEPENDENCIA	80x180 mm	Arial Narrow Alto: 10 mm Color: Blanco	Azul

Tabla N°6 Letreros Identificación de equipos en dependencias

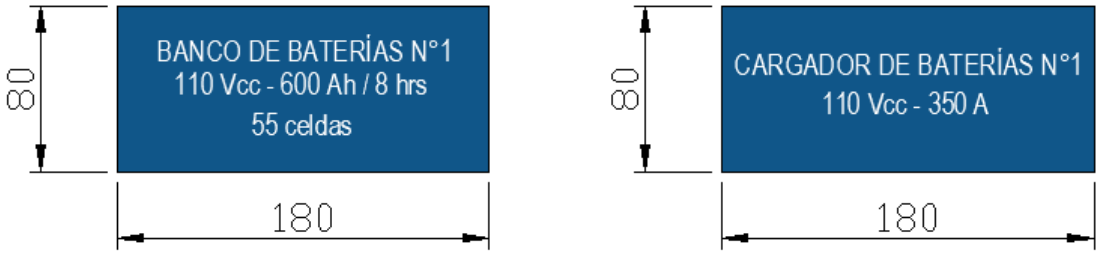


Figura 2 Ejemplos letreros equipos en dependencias

- **Señalizaciones indicativas de riesgo en acceso a Instalaciones**

A los visitantes u otras personas ajenas a la empresa que ingresen a las instalaciones de Engie Energía Chile S.A. se les deberá advertir los riesgos a los que están expuestos, mediante letreros, convenientemente ubicados en el acceso principal del recinto.

Descripción	Dimensiones Letrero	Sección	Fuente de referencia
RIESGO	700x600 mm	Superior: Alto : 100 mm Fondo : Negro	Arial Narrow Alto: 50 mm Color: amarillo
		Inferior: Alto : 600 mm Fondo : Amarillo RAL 1026	Arial Narrow Alto: 30 mm Color: negro

Tabla N°9 Letreros Identificación de advertencia



Figura 3 Ejemplo letreros Advertencia

- **Señalizaciones indicativas de riesgo en acceso a Patios**

En todas las puertas de acceso a los patios de Maniobra se instalarán placas de indicación para indicar el riesgo de “Peligro de Muerte”. También se instalarán en los cercos y se distribuirán con una distancia máxima de 30 metros entre ellas.



Figura 4 Ejemplo letreros riesgo de muerte

9.32 Edificaciones

El diseño de la Instalación se debe considerar la instalación de salas de control, SSAA y SSGG las cuales deberán tener las dimensiones adecuadas y considerar las diferentes etapas de construcción de la instalación, así como las futuras expansiones de esta, para el diseño de estas edificaciones deberá considerarse albergar en su interior los equipos de protección, control, medida y telecomunicaciones

requeridos por cada etapa constructiva. Las salas proyectadas en la subestación deberán considerar en su diseño las siguientes premisas:

- Las edificaciones serán preferentemente prefabricadas, en topologías como interruptor y medio se utilizarán casetas por diagonal, a excepción de cuando se emplee tecnología encapsulada GIS en tensiones mayores a 200 (kV), donde por razones de optimización todo se centralizará en una única edificación.
- Las instalaciones que hagan parte de parques eólicos, solares o híbridos, considerarán adicionalmente la construcción de edificaciones dedicadas a la operación y mantenimiento del parque. Los diseños de dichas edificaciones deberán cumplir con los requisitos mínimos establecidos por el proveedor y el área de operaciones de Engie Energía Chile S.A.
- Los bancos de baterías que puedan desprender gases corrosivos o inflamables en cantidades peligrosas, razón por la cual dispondrán de un ambiente o sala destinada exclusivamente a este fin, el diseño de esta sala deberá considerar en todo momento conservar un ambiente seco garantizar la correcta ventilación del área.
- En el caso de que a través de las correspondientes mediciones o estudios de diseño, se determine que una tecnología en particular no despide gases corrosivos o inflamables que puedan ser considerados peligrosos para la seguridad de las personas *(como pueden ser las baterías de tipo alcalino o ácido en vasos cerrados y herméticos)*, se permitirá excepcionalmente emplazar en zonas debidamente ventiladas los bancos de baterías, aun cuando estas zonas estén destinadas a otros fines, tales como, salas de protecciones, control y/o similares. En estos casos su instalación deberá efectuarse en el interior de armarios metálicos, en los cuales podrían o no incorporarse los equipos de carga.
- Para garantizar la evacuación de los operadores en caso de incendios o emergencias deberá considerarse que las puertas en las edificaciones deberán ser lo más opuestas posibles y la distribución general de armarios, celdas y otros elementos, no deberá interferir en las vías de escape del edificio.
- Los armarios de baja tensión que sean instalados uno frente al otro deberán tener una distancia suficiente entre ellos para la apertura de sus puertas. Además, considerando lo indicado por la NFPA 70 **Error! Reference source not found.** estos deberán cumplir una distancia mínima de seguridad de 900 (mm) entre sus partes energizadas al encontrarse ambas puertas abiertas (Ver Figura 5)

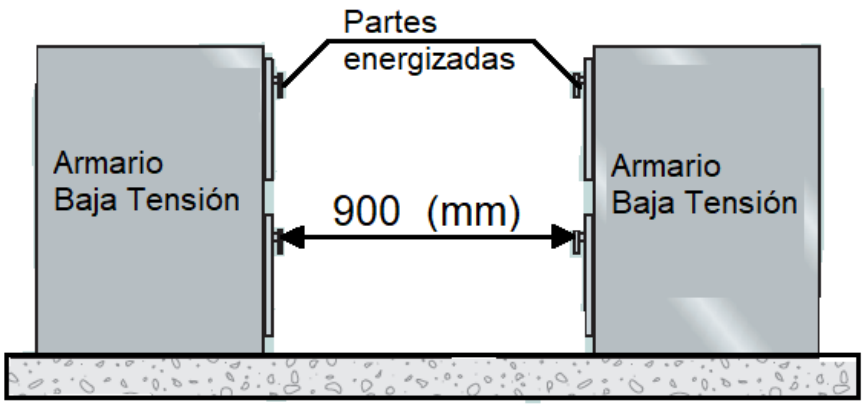


Figura 5 Distancia mínima entre partes vivas de armarios Error! Reference source not found.

- Para mayor claridad con respecto al diseño asociado a servicios auxiliares de la sala (SSAA) deberá considerarse las exigencias de diseño contenidas en el documento “EECL-Tx-EL-CD-001 Criterios de diseño de Subestaciones Eléctricas: Disciplina Electromecánica”.

9.33 Sistema de Incendios

El sistema de protección contra incendios en las instalaciones deberá cumplir con lo establecido por el pliego técnico normativo RPTD N°08, el cual toma como referencias las normas internaciones de protección contra incendios (NFPA 10, NFPA 12, NFPA 25, NFPA 72, NFPA 850 y NFPA 2001).

Deberá considerarse sistemas de control de humo en las siguientes áreas: salas de control, salas de distribución de cables, salas de equipos eléctricos sensibles, según lo indicado en las normas NFPA 850 y NFPA 92.

Independiente de la utilización de extintores automáticos, deberán proyectarse extintores manuales (de dióxido de carbono, según NFPA 12) los cuales deberán estar situados en lugares adyacentes a las puertas de entrada y de salida según la norma NFPA 10.

Las edificaciones deberán incluir un sistema de detección y alarma de incendio mediante detectores de humo y detectores de temperatura conectados a un sistema centralizado de alarmas de incendio, cumpliendo con lo establecido en la norma NFPA 72.

Deberá utilizarse agentes limpios (FM200) que impidan la propagación del fuego y el daño de los equipos que se encuentran instalados en la edificación, según NFPA 2001.

ANEXOS

1. Sala con piso y planchas removibles – Disposición
2. Sala con piso y planchas removibles – Piso + Detalles
3. Sala con piso técnico removible – Disposición
4. Sala con piso técnico removible – Piso + Detalles