



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN RECINTOS
EDUCACIONALES**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL

MARÍA ELENA ZEGERS DE LA MAZA

PROFESOR GUÍA:
MIGUEL ÁNGEL PERES ARIAS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
DAVID CAMPUSANO BROWN
MARCELA PIZZI KIRSCHBAUM
MIGUEL BUSTAMANTE SEPÚLVEDA

SANTIAGO DE CHILE

2019

**RESUMEN DE MEMORIA PARA OPTAR AL
TITULO DE:** Ingeniera Civil
POR: María Elena Zegers de la Maza.
FECHA: 07/01/2019
PROFESOR GUÍA: Miguel Ángel Pérez A.

REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN RECINTOS EDUCACIONALES

En el presente trabajo se realiza una comparación de los requerimientos de seguridad contra incendios para recintos educacionales, establecidos en la normativa nacional y la estadounidense.

Para esto se estudia la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), donde se encuentran los requerimientos mínimos de planificación, urbanismo, arquitectura y construcción, en cuanto a las condiciones de seguridad contra incendio del edificio. De la normativa estadounidense se estudia la NFPA 101, referida a la seguridad de edificios basándose principalmente, en la protección contra incendios y en el diseño de las vías de evacuación.

Del análisis realizado, las principales diferencias radican en las exigencias relacionadas con la carga de ocupación de los recintos, y las dimensiones mínimas exigidas a las vías de evacuación, donde además se encuentran inconsistencias dentro de la normativa nacional.

De la investigación realizada se deduce que la normativa chilena debe ser más clara en la definición de la estrategia de seguridad que se exige según el tipo de edificio. Actualmente, el mayor peligro radica en la evacuación de los alumnos ya que no sólo las vías no se encuentran protegidas, sino que además serían insuficientes dado que no se respetan los factores de carga establecidos

A la vez, se deben mejorar los sistemas de fiscalización, para poder asegurar un estándar mínimo de seguridad, definiendo claramente quien es el responsable de aprobar proyectos y fiscalizarlos.

Tabla de Contenido

1	Introducción.....	1
1.1	Motivación	1
1.1.1	General.....	1
1.1.2	Situación estadística actual	2
1.2	Objetivos.....	4
1.2.1	Objetivo General.....	4
1.2.2	Objetivos Específicos	4
2	Metodología	5
3	Conceptos generales de un incendio	6
4	Estrategia contra incendios	10
4.1	Alarma	11
4.2	Detección del incendio.....	11
4.3	Evacuación	12
4.3.1	Puertas	12
4.3.2	Escalera.....	13
4.3.3	Áreas de refugio	13
4.4	Compartimentación y control del humo	14
4.5	Protección estructural pasiva.....	15
4.6	Sistema de extinción activa	15

4.7	Sistemas de lucha contra incendios	16
5	Clasificación de Edificios.....	17
5.1	Según el destino del edificio	18
5.2	Según su carga combustible	19
5.3	Según el tipo de construcción.....	22
6	Requerimientos reglamentarios nacionales	27
6.1	Niveles educacionales	27
6.1.1	Nivel Parvulario.....	27
6.1.2	Nivel básico o primario	28
6.1.3	Nivel Medio o secundario	29
6.1.4	Nivel Superior	30
6.2	Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC)	31
6.2.1	Carga de ocupación.....	32
6.2.2	Vías de evacuación	34
6.2.3	Distancia de viaje.....	37
6.2.4	Sistemas de detección y alarma	37
6.2.5	Sistemas de extinción.....	38
6.2.6	Señalización	41
6.3	Otras normas	43
6.3.1	Decreto 548	43

6.3.2	Decreto 14	44
7	Requerimientos internacionales (NFPA 101)	46
7.1	Ocupación	47
7.1.1	Jardín infantil y sala cuna	47
7.1.2	Edificio educacional	48
7.1.3	Edificio universitario	48
7.2	Altura máxima	50
7.3	Carga de ocupación	53
7.4	Carga combustible	55
7.5	Componentes de una salida de emergencias	56
7.5.1	Puertas	56
7.5.2	Escaleras	58
7.5.3	Salida horizontal	61
7.5.4	Pasillos de salida	62
7.5.5	Rampas	63
7.5.6	Áreas de refugio	63
7.5.7	Protección contra humo	65
7.6	Distancia de viaje	66
7.7	Capacidad de las salidas de emergencia	68
7.8	Número de salidas	70

7.9	Disposición de salidas	71
7.10	Descarga de salidas	73
7.11	Señalización	74
7.12	Protección de aperturas verticales.....	75
7.13	Detección, alarma y extinción	77
8	Visitas a terreno	81
8.1	Colegio A	81
8.2	Colegio B	87
8.3	Colegio C	93
8.4	Universidad 1	99
8.5	Universidad 2.....	103
8.5.1	Edificio A, edificio B y edificio C	103
8.5.2	Edificio D	112
8.5.3	Edificio E.....	119
8.5.4	Edificio F	124
9	Discusión.....	128
10	Conclusiones	136
11	Bibliografía.....	137
12	Anexos.....	141

Índice de Tablas

Tabla 1.1: Establecimientos de educación en Chile (MINEDUC 2017)	3
Tabla 5.1: Clasificación de edificios (o sectores) según su densidad de carga combustible media y su densidad de carga combustible puntual máxima (INN 1998).....	21
Tabla 5.2: Resistencia al fuego (INN 1997b).....	23
Tabla 5.3: Resistencia al fuego requerida para elementos de construcción de edificios (MINVU 2017).	24
Tabla 5.4: Tipo de edificio según el destino, carga de ocupación y número de pisos (MINVU 2017).	25
Tabla 6.1: Carga de ocupación según destino del recinto según Capítulo 2 de la OGUC (MINVU 2017).	33
Tabla 6.2: Carga de ocupación según destino del recinto según Capítulo 5 de la OGUC (MINVU 2017).	33
Tabla 6.3: Dimensiones mínimas de las vías de evacuación.	35
Tabla 6.4: Número de escaleras y ancho mínimo (MINVU 2017).	36
Tabla 6.5: Clasificación según la naturaleza del agente extintor.....	39
Tabla 6.6: Nivel de señalización (INN 1992)	41
Tabla 6.7: Requerimientos de señalización.....	42
Tabla 7.1: Separación requerida para usos múltiples (NFPA, 2017a).....	49
Tabla 7.2: Restricción de altura según el tipo de construcción para jardines infantiles y sala cuna.....	51
Tabla 7.3: Restricción de altura según el tipo de construcción para recintos de reunión.	52

Tabla 7.4: Factor de ocupación (NFPA 2017a)	53
Tabla 7.5: Dotación de personal.....	55
Tabla 7.6: Distancia de viaje	67
Tabla 7.7: Factor de capacidad (NFPA 2017a).	69
Tabla 8.1: Alumnos por Curso Colegio A	82
Tabla 8.2: Alumnos por curso Colegio B	88
Tabla 8.3: Profesores necesarios por curso	91
Tabla 8.4: Alumnos por curso Colegio C	94
Tabla 8.5: Capacidad de salas de clase Edificio C.....	105
Tabla 8.6: Capacidad de salas de clases primer subterráneo Edificios A y B.	109
Tabla 8.7: Carga de ocupación Edificio D	115
Tabla 8.8: Capacidad y número de salidas de recintos del Edificio E.	121
Tabla 8.9: Carga de ocupación por piso Edificio F.	125

Índice de Figuras

Figura 3.1: Curva de incendio típica Temperatura- tiempo (Pignatta e Silva 2005).	6
Figura 5.1: Resistencia al fuego según el tipo de construcción (NFPA 2017b).....	26
Figura 7.1: Dimensiones escalera curva (Coté and Harrington, 2009).....	59
Figura 7.2: Barrera contra incendio en escalera exterior (Coté and Harrington, 2009) ..	60
Figura 7.3: Protección de salidas horizontales (Coté and Harrington, 2009)	62
Figura 7.4: Uso de escaleras como área de refugio (Coté and Harrington, 2009)	64
Figura 7.5: Distancia de viaje en escalera exterior (Coté and Harrington, 2009)	68
Figura 7.6: Distancia mínima (Coté and Harrington, 2009)	72
Figura 7.7: Distancia mínima para corredores(Coté and Harrington, 2009)	72
Figura 7.8: Distancia mínima en salidas horizontales (Coté and Harrington, 2009)	72
Figura 7.9: Separación entre escaleras (Coté and Harrington, 2009)	72
Figura 7.10: Distancia máxima para la señalización(Coté and Harrington, 2009)	74
Figura 7.11: Vista de un atrio (Coté and Harrington, 2009).....	76
Figura 7.12: Ubicación incorrecta de los detectores de humos (Coté and Harrington, 2009)	78
Figura 8.1: Ubicación de las torres de los edificios A, B y C.	103

1 Introducción

1.1 Motivación

1.1.1 General

Los recintos educacionales, ya sean de educación superior o escolar, se caracterizan por su alta afluencia de personas, de las cuales sólo una fracción está familiarizada con el edificio. Además, estas edificaciones disponen de recintos de variada índole en un mismo espacio físico, tales como, multicancha, escenarios, salas de clase, auditorios, laboratorios, entre otros, lo que hace más compleja su protección.

Los incendios en edificios se originan, mayoritariamente, debido a fallas eléctricas, manejo inadecuado de sustancias inflamables o descuidos (Ruiz S. 2008). Teniendo en cuenta la falta de experiencia de la mayoría de los estudiantes, los centros educativos tienen importantes fuentes de peligro, que pueden generar daños tanto en alumnos como en docentes, por lo que la seguridad debe ser una prioridad (Garín *et al.* 2012) garantizando la adecuada evacuación de los ocupantes del edificio previo a la aparición de situaciones críticas (Anderberg 1998).

En este tipo de recintos, los sistemas de seguridad están relacionados con el diseño del edificio (protección pasiva) y sistemas de detección, alarma y extinción (protección activa) (MINVU 2017), promoviendo diseños donde se optimice la prevención y protección, involucrando la protección de las personas, el edificio y los materiales que componen su mobiliario o carga combustible (Purkiss 2007).

Tanto la protección pasiva como la activa deben evitar la acumulación de humo y gases en los recintos ya que son tóxicos que limitan la visibilidad, dificultando la evacuación (Bánky 1988, Rodríguez 2004). Su control se logra por extracción o contención manteniéndolo alejado de las áreas de evacuación, y una forma de hacerlo es presurizando recintos como cajas de escaleras u otros o evitando la entrada de humo por otros medios (Drysdale 2011).

El Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), por medio de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) establece los requerimientos mínimos en cuanto a seguridad contra incendio, pero esta legislación no ha tenido revisiones importantes en los últimos 20 años.

1.1.2 Situación estadística actual

Previo al análisis de los recintos educacionales se debe entender la injerencia del estudio y de las posibles conclusiones de éste. Actualmente, Chile tiene una población de 17.574.003 habitantes donde 5.057.130 son estudiantes (MINEDUC 2017, INE 2018) lo que equivale al 29% de la población, estudiantes que deben ocupar edificios seguros contra posibles hecatombes (incendios, terremotos, inundaciones, entre otros).

Además, se deben considerar los docentes, investigadores y personal administrativo, lo que implica que un alto porcentaje de la población asiste diariamente a este tipo de recintos.

La Región Metropolitana tiene 2.051.520 de estudiantes, equivalente al 41% de los estudiantes a nivel nacional (MINEDUC 2017), razón por la cual sólo se analizan recintos educacionales de esta región.

Los recintos destinados a recintos educacionales pueden estar ligados a educación escolar, formación técnica y universitaria (ver Tabla 1.1) y todos son analizados bajo la definición de recintos de educación, sin tener en cuenta la variedad de espacios presentes en ellos, como bibliotecas, laboratorios, recintos deportivos, entre otros, ni las distintas capacidades de las personas que asisten a cada uno de ellos.

Tabla 1.1: Establecimientos de educación en Chile (MINEDUC 2017)

Región	Educación Escolar				Educación Superior	Total por Región
	Municipal	Particular Subvencionado	Particular Pagado	Administración Delegada		
I	70	133	13	1	11	228
II	123	88	41	0	17	269
III	115	50	13	0	14	192
IV	407	347	22	1	23	800
V	458	699	96	6	39	1298
VI	397	279	20	6	17	719
VII	556	292	13	5	22	888
VIII	877	636	31	12	37	1593
IX	494	642	12	4	27	1179
X	611	393	22	1	17	1044
XI	54	32	0	1	7	94
XII	54	31	6	0	6	97
R.M.	724	1987	303	33	103	3150
XIV	232	259	8	0	15	514
XV	62	82	4	0	11	159
Total	5234	6058	713	66	366	12224

Las catástrofes durante un incendio pueden ocurrir debido al mal uso de elementos de seguridad, acentuado por fallas estructurales, constructivas o por un mal diseño de los espacios, sin embargo, parte importante de la seguridad de las personas radica en la correcta y oportuna reacción durante ésta.

Los planes de emergencia permiten enseñar tanto al personal como a los usuarios de un edificio sobre los sistemas de alarma y planes de evacuación. De esta forma se mejora la respuesta inmediata, evitando el pánico y comportamientos antisociales, obteniendo un desempeño óptimo durante la emergencia (Marín 2002).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Determinar los requerimientos nacionales relacionados con la seguridad contra incendios en recintos de educación y el funcionamiento de los sistemas de protección y evacuación.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar una revisión de los requerimientos de seguridad, tanto de protección pasiva como activa, analizando la normativa y reglamentación extranjera, específicamente la NFPA 101.
- Realizar una revisión de los requerimientos en el marco de la regulación nacional.
- Evaluar el cumplimiento de la normativa en recintos de educación escolar y universitaria.
- Identificar si existen falencias en la legislación chilena y hacer una propuesta general de posibles mejoras en las exigencias de seguridad.

2 Metodología

Para llevar a cabo este trabajo se estudia, en primer lugar, la Ordenanza general de Urbanismo y Construcción (OGUC), específicamente el capítulo 3, referido a las condiciones de seguridad contra incendios, y las normas mencionadas en la ordenanza como la NCh1993 of.1998, NCh934 of.1994, NCh2095/1 of.2000, entre otras. También se estudia el decreto 548, donde se establecen los requerimientos de infraestructura a cumplir por los establecimientos de educación escolar (parvulario, básica y media).

Posteriormente se procede a estudiar la normativa internacional, especialmente la NFPA 101, referida a la seguridad de edificios basándose principalmente, en la protección contra incendios y en el diseño de las vías de evacuación.

Con el estudio de ambas normativas se comparan las exigencias de cada una de ellas para cada nivel educacional y se busca identificar falencias en la legislación chilena para proponer posibles mejoras.

Para evaluar el cumplimiento de la normativa en recintos educacionales se visitan 3 colegios, donde asisten alumnos desde jardín infantil hasta 4º Medio; y 2 universidades, donde se imparten cursos de distintas áreas de estudio, todos ubicados en la Región Metropolitana. En ellos se revisan las medidas y disposición de las salidas, señalización, información disponible para alumnos y visitantes, protocolos de seguridad, entre otros, con el fin de comparar la situación actual de los establecimientos con los requerimientos establecidos en la OGUC y en la NFPA 101.

3 Conceptos generales de un incendio

Un incendio se define como la combustión producida por un fuego no controlado, que afecta a personas y estructuras (Sailer 2007). La exposición prolongada a estos eventos puede producir la muerte producto de la inhalación de gases tóxicos o por quemaduras graves.

Una de sus principales características es la variación de la temperatura en el interior de la estructura, representada por la curva de incendio típica (Figura 3.1), cuya forma depende de la geometría, características térmicas de los materiales, la cantidad de material combustible y el grado de ventilación del recinto (Santis 2011).

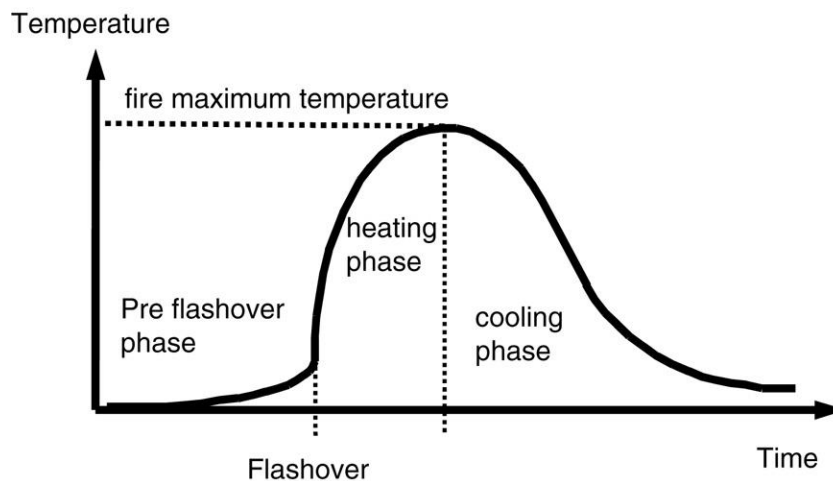


Figura 3.1: Curva de incendio típica Temperatura- tiempo (Pignatta e Silva 2005).

Para que se inicie el fuego deben combinarse 3 elementos:

- Material combustible
- Comburente
- Energía de activación

En este proceso se libera energía en forma de calor, equivalente a la energía utilizada para romper los enlaces que mantenían unidos los átomos de las moléculas de los combustibles. Los gases producidos por la oxidación, cuando se encuentran a altas temperaturas, emiten llamas correspondientes a gases incandescentes, que emiten luz visible e invisible (infrarroja) (Hernandez 2008).

En la Figura 3.1 se diferencian 3 etapas en el desarrollo de un incendio: etapa de propagación o pre flashover, etapa de calentamiento (heating phase) y la etapa de enfriamiento (cooling phase).

La etapa de propagación o pre flashover que es la fase previa al desarrollo total del incendio donde el fuego se considera de baja magnitud, con bajo riesgo para la vida humana y de fácil extinción. La etapa de calentamiento comienza con un súbito aumento de temperatura debido a la ignición repentina de todo el combustible presente al interior en el recinto, lo que se llama combustión súbita generalizada o flashover. A partir de esta etapa se considera un incendio de gran magnitud, alcanzando la temperatura máxima del incendio. Finalmente, la etapa de enfriamiento corresponde a la fase donde ocurre una disminución gradual de la temperatura debido al agotamiento de la carga combustible (Pignatta e Silva 2005).

Para la realización de ensayo y la estandarización de resultados se utiliza una curva de incendio normalizada definida según la Ecuación 1, la que ha sido determinada por la Organización Internacional para Estandarización (ISO).

Ecuación 1: Curva de incendio normalizada

$$T(t) = 345 \cdot \log(8t + 1) + T_0$$

Donde:

T_0 : Temperatura inicial en °C.

t : Tiempo en minutos.

$T(t)$: Temperatura del incendio en el tiempo t, en °C.

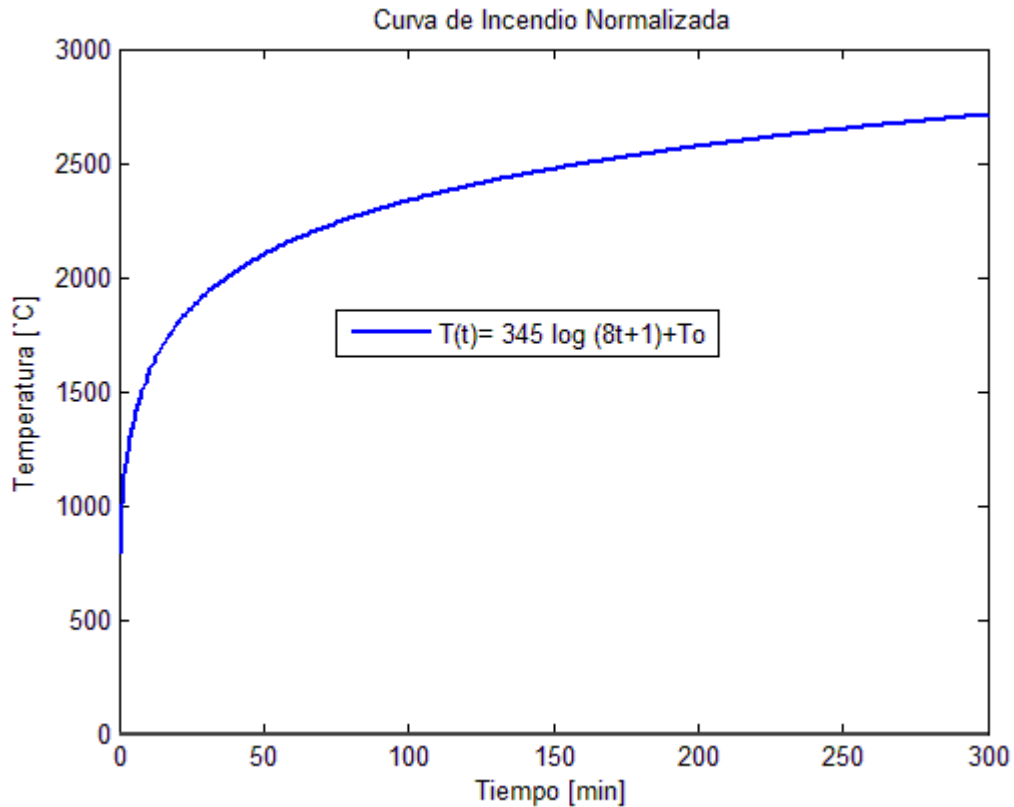


Gráfico 3.1: Curva de incendio normalizada.

En estructuras cerradas o confinadas el desarrollo del incendio está controlado por la disponibilidad de material combustible y de oxígeno ya que se encuentran de forma limitada, a diferencia de lo que podría ocurrir en un incendio en el exterior. Entre los fenómenos particulares que ocurren en un incendio en compartimentos se encuentran:

- Capa de techo: acumulación de gases calientes en la parte alta del recinto. Estos gases tienden a escapar, por lo que una forma de extraerlos es a través de sistemas de ventilación.
- Flashover (combustión súbita generalizada): transición de un incendio desde su fase de desarrollo a la fase de incendio totalmente desarrollado. Es una combustión que afecta todo el recinto ya que todos sus materiales se ven implicados, entrando en combustión súbitamente y de manera simultánea. A partir

de esta etapa se considera un incendio de gran magnitud, alcanzando la temperatura máxima.

- **Backdraft:** Se origina cuando se agota el oxígeno del recinto provocando el cese de la combustión, pero se sigue generando humo y gases tóxicos a altas temperaturas. Si se vuelve a introducir oxígeno, la combustión puede reiniciarse generando una explosión producto del aumento repentino del volumen de los gases al aumentar su temperatura.
- **Flameover:** fenómeno que se observa cuando se inflaman los gases no combustionados acumulados en la capa de techo. Puede ocurrir sin encendido y antes de la ignición de otros combustibles.

4 Estrategia contra incendios

Para poder determinar los requerimientos de seguridad contra incendios y establecer medidas de protección, hay que conocer su causa, como se desarrolla, sistemas de detección, alarma y extinción. El objetivo fundamental tras el desarrollo de estas medidas es reducir al mínimo el riesgo de incendio, facilitar el salvamento de los ocupantes de los edificios, evitar la propagación del fuego, facilitar la extinción del incendio y reducir pérdidas materiales.

Para esto se define una estrategia general o un plan maestro de seguridad, donde se contemplan diferentes hipótesis de emergencias, los planes de acción en cada una de ellas y las condiciones de uso y mantenimiento de las instalaciones. De esta forma se pueden desarrollar políticas, estándares y procedimientos de seguridad, determinar metodologías de evaluación y tratamiento de los riesgos presentes en un edificio o recinto de éste, y definir mecanismos de control y seguimiento (Antepara 2006).

Para elaborar un plan maestro de seguridad se deben considerar algunos criterios como:

- Conocer el edificio y sus instalaciones
- Garantizar el correcto funcionamiento de los medios de protección
- Evitar las causas que dan origen a la emergencia
- Disponer de personas organizadas y capacitadas que garanticen el seguimiento de un protocolo para el control de una emergencia
- Informar a los ocupantes del edificio sobre las medidas a tomar en caso de emergencia.

A continuación, se explican algunos conceptos para poder determinar los puntos a considerar en el desarrollo de una estrategia general.

4.1 Alarma

Dispositivos distribuidos estratégicamente dentro de un edificio para alertar a los usuarios de una emergencia. Estas pueden ser activadas de forma manual, o por medio de detectores de humo o calor, en el caso de alarmas de incendio.

Los sistemas de alarma deben ser diseñados de forma que sean fácilmente reconocibles sobre otro tipo de alarmas que puedan existir en el edificio, escuchándose sobre el ruido promedio existente bajo su ocupación normal. En el diseño se debe considerar el uso del edificio por parte de personas con discapacidad auditiva, entregando un sistema complementario de alarma visual. La entrega de información debe ser clara y precisa para evitar interpretaciones y motivar la conducta de evacuación (Aragonés y Talayero 1997)

Para que una alarma sea efectiva, los usuarios o personal del edificio deben ser capacitados constantemente a través de simulacros, usos de extintores y vías de evacuación. Esto les entrega un conocimiento básico del edificio, permitiendo reacciones rápidas y disminuyendo tiempos de flujo lo que asegura evacuación segura de usuarios.

4.2 Detección del incendio

La notificación temprana es crucial en los programas de evacuación, ya que aumenta el tiempo disponible y disminuyen las probabilidades de una tragedia. La detección puede ser a través de sistemas de activación manual o por medio de detectores de humo, en lugares que no son usados frecuentemente y tienen una alta probabilidad de que un incendio no se detecte a tiempo.

Los detectores de activación manual deben instalarse en un lugar visible y de fácil acceso para aumentar las posibilidades de que un ocupante del edificio la active, de lo contrario, difícilmente alguien lo va a buscar durante una emergencia.

Por otra parte, se debe tener en cuenta la etapa en la cual se quiere detectar el incendio. Antes de la ignición se debe usar un detector de humo bastante sensible, mientras que,

si el incendio se encuentra en una fase incipiente, podrá ser detectado fácilmente por medio de la vista y el olfato. En cambio, cuando el incendio se encuentre completamente desarrollado, el fuego y el humo salen por las ventanas y pueden ser detectados por vecinos (Macari 2015).

4.3 Evacuación

Una vía de evacuación se define como una vía continua y despejada que se encuentra protegida y aislada del edificio por barreras de humo y resistentes al fuego, proporcionando una salida segura desde cualquier recinto del edificio hacia el exterior.

Sus componentes principales son puertas, escaleras y áreas de refugios. Las exigencias para cada uno se relacionan, principalmente, con la clasificación del edificio y su carga de ocupación. La carga de ocupación se refiere a la relación del número máximo de personas por metro cuadrado.

4.3.1 Puertas

Las puertas de un edificio tienen múltiples propósitos, desde comodidad hasta seguridad y, según su uso y ubicación, se les exige resistencia al humo y al fuego. Los incendios en edificios son capaces de generar presión suficiente para abrir las puertas, impidiendo la protección del lugar y facilitando la propagación del fuego, humo y gases tóxicos.

Las entradas principales y aquellas puertas que sirvan a las salidas de emergencia deberán ser diseñadas y construidas de modo que la trayectoria de desplazamiento sea evidente, sin crear cuellos de botella que podrían generar accidentes o aumentar el tiempo de evacuación. Su tamaño depende de la carga de ocupación del edificio y se debe verificar periódicamente que el espacio a ambos lados de la puerta se encuentre libre de obstrucciones.

4.3.2 Escalera

Las escaleras son una vía de evacuación importante en edificios de 2 o más pisos, por lo que deben estar debidamente protegidas, cumplir con dimensiones suficientes según el uso del edificio y su carga de ocupación, iluminación y la señalización para evitar equivocaciones durante una emergencia, de lo contrario no califican como vías de evacuación.

Entre las dimensiones a considerar se encuentran el ancho mínimo, que depende de la carga de ocupación del edificio, las dimensiones de la huella y la contrahuella. De esta forma se permite un desplazamiento fluido a lo largo de la escalera, haciendo más eficiente la evacuación del edificio. Si las restricciones mínimas no se cumplen se pueden generar cuellos de botella en los accesos a la escalera, puede haber caídas debido a la existencia de escalones poco evidentes o una reducción de la velocidad de evacuación si hay escalones muy altos.

También es importante la señalización al interior de la caja de escalera, indicando el piso actual, el de descarga y la dirección de evacuación, principalmente en los pisos subterráneos, ya que la tendencia de los ocupantes es a bajar escaleras en caso de emergencia.

4.3.3 Áreas de refugio

Un área de refugio es una zona que se encuentra completamente protegida contra incendios, brindando un recinto seguro a personas con movilidad limitada, que requieren mayor tiempo de evacuación. En general son usadas en edificios altos, donde la instalación de rampas no es factible.

Deben tener espacio suficiente para dejar sillas de rueda sin obstaculizar la evacuación de los usuarios o disminuir la capacidad de la salida, y permitir que personas de movilidad reducida sean asistidas en la evacuación.

4.4 Compartimentación y control del humo

La compartimentación se refiere a la materialización de barreras con resistencia al fuego suficiente, que permitan confinar un incendio, para evitar la propagación del fuego y el humo, o independizar áreas dentro de un mismo edificio con el fin de mejorar sus condiciones de seguridad.

La mayor debilidad de estas barreras se encuentra en la filtración de humo, la que depende del tamaño y forma de los orificios, y de la diferencia de presión entre un lado y otro. Este flujo se puede determinar usando una adaptación de la ecuación de Bernoulli (Astorga 2009).

Ecuación 2: Flujo de humo

$$Flujo = 0.839 \cdot A \cdot \sqrt{\Delta P}$$

Ecuación 3: Diferencia de presión

$$\Delta P = 3460 \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_f} \right) \cdot h$$

Donde:

Flujo [m^3/s]: Flujo de humo a través de una filtración

A [m^2] : Superficie de la abertura.

h [m] : Distancia del plano neutral, se considera como 2/3 de la altura del piso

T₀ [K] : Temperatura ambiente

T_f [K] : Temperatura de la zona incendiada.

ΔP [Pa] : Diferencia de presión.

4.5 Protección estructural pasiva

Se refiere a elementos de construcción que, por sus condiciones físicas, aíslan la estructura de un edificio de los efectos del fuego durante un determinado lapso de tiempo (MINVU 2017). También se refiere al diseño de vías de evacuación y compartimentación de recintos con la finalidad de confinar un posible incendio (Anderberg 1998, Rojas 2003). Esto permite retardar su acción y evacuar a los ocupantes de forma segura.

La resistencia al fuego de un elemento de construcción es una medida relacionada con la capacidad de soportar los efectos del fuego, teniendo en cuenta 3 características principales:

- Resistencia al colapso: capacidad de mantener su resistencia a la carga.
- Resistencia a la penetración del fuego: capacidad de mantener la integridad del elemento.
- Resistencia a la transferencia de calor: capacidad de proveer aislamiento a las altas temperaturas.

Para que la protección sea efectiva, estos tres criterios deben cumplirse durante el tiempo para el cual fue diseñado el elemento. Sin embargo, hay otros factores relevantes relacionados con la resistencia al fuego de los elementos estructurales, como la severidad del incendio, la altura de la estructura, su ocupación, carga combustible y la superficie edificada. Teniendo en cuenta todos estos factores, se debe diseñar y construir el edificio tal que, en caso de incendio, su estabilidad se mantenga por un período de tiempo que permita la evacuación de los usuarios (Macari 2015).

4.6 Sistema de extinción activa

La protección activa está compuesta por sistemas que, conectados a sensores o dispositivos de detección, entran automáticamente en funcionamiento frente a determinados rangos de partículas y temperatura del aire, activando sistemas de alarma

y descargando agentes extintores de fuego tales como agua, gases, espumas o polvos químicos (Hernandez 2008, Macari 2015).

Estos pueden ser de varios tipos como:

- Rociadores automáticos: el sistema de rociadores consiste en una red de tuberías, diseñada para el suministro de agua donde se instalan aspersores que permiten su descarga sobre un área específica. Con esto se busca la supresión o control de incendios automáticamente, al ser activado por sensores de temperatura (NFPA 2018).
- Control de humo: sistema que utiliza ventiladores mecánicos para provocar diferencias de presión entre las barreras de humo e impedir el movimiento del humo a recintos que no han sido afectados o a las vías de evacuación (NFPA 2008).
- Detectores de humo y calor: Dispositivos capaces de detectar partículas provenientes de la combustión, ya sean visibles o invisibles a la vista humana (NFPA 2017). Estos no aportan en la extinción de un incendio directamente, pero permiten la pronta notificación y extinción de este al activar alarmas y sistemas de control de humo y de rociadores automáticos.
- Acción de personas: los ocupantes de un edificio pueden prevenir la ignición, activar alarmas de forma manual o extinguir fuegos pequeños mediante el uso de extintores u otros elementos. De la misma forma, bomberos puede extinguir o controlar un incendio utilizando la red seca del edificio.

4.7 Sistemas de lucha contra incendios

Los sistemas de extinción dependen del tipo de carga combustible presente en el edificio. Según esto, el agente extintor puede ser agua, dióxido de carbono, polvo químico, entre otros. Para controlar el fuego se pueden utilizar distintos elementos como:

- Extintores: Aparato portátil en cuyo interior se almacena el agente extintor a alta presión. Para apagar el fuego se arroja un chorro de la sustancia sobre el fuego. Para su buen funcionamiento es muy importante el entrenamiento del operador.
- Red húmeda: Red de cañerías conectadas al sistema de distribución de agua del edificio, cuya primera función es la intervención en caso de incendio. Consta de una manguera semirrígida de 25 m de largo y 25 mm de ancho, que permite aplicar un caudal máximo de 120 L/min. Este debe ser usado por los ocupantes del edificio en los primeros minutos ya que no tiene potencia suficiente para ser efectivo en un incendio desarrollado (Albornoz 2013).
- Red seca: Sistema de cañerías sin agua cuyo diámetro mínimo es de 100mm. Su uso es exclusivo de bomberos quienes deben tener acceso a ésta en el primer piso del edificio o fuera de él. En cada piso debe existir una terminal con una llave de paso, que permite la liberación de agua al abrirla. Debe verificarse para un caudal de 24 L/s (Albornoz 2013). La parte superior de la red debe contar con una válvula que permita la salida del aire cuando comienza la entrada de agua a la red.
- Red inerte: Sistema de conductores eléctricos sin energía para ser usada en caso de emergencias (INN 1997). Su función es brindar electricidad entregada por generadores del personal de bomberos. Debe tener una entrada en el primer piso y al menos una salida en cada piso a la que se conectarán los focos para mayor visibilidad en caso de incendio. Cualquier punto debe encontrarse a menos de 40 m de la salida de esta red.

5 Clasificación de Edificios

Para definir las estrategias de seguridad de un edificio se deben conocer sus características ya que el plan maestro de seguridad contra incendios debería ser distinto ya que las medidas de seguridad requeridas varían para cada caso. A continuación, se presenta una clasificación con la finalidad de agrupar ciertas características y facilitar el diseño del plan maestro.

5.1 Según el destino del edificio

La clasificación de ocupación es la designación formal del propósito principal del edificio, estructura o porción de este.

Conocer el uso que se le dará al edificio permite definir los requerimientos de seguridad mínimos necesarios para la protección contra incendios, teniendo en cuenta la cantidad de personas que harán uso de él y sus características, tales como el rango etario, la capacidad de responder ante una emergencia, capacidad de evacuar por sí solos, riesgos a los que se encuentran expuestos los usuarios, entre otros.

- Habitacional: edificación destinada a la residencia de una o más familias. En este tipo edificios se encuentran personas de un amplio rango etario, desde niños a adultos mayores. Además, los ocupantes pueden estar dormidos a la hora de una emergencia por lo que se deben considerar sistemas de alarmas capaces de despertar a los ocupantes.
- Hotel: edificio destinado al hospedaje de personas. Generalmente es un lugar de paso, por lo que sus ocupantes no tienen un conocimiento amplio respecto a las medidas de seguridad y vías de evacuación del edificio. Por esta razón es de gran importancia una buena señalización para facilitar la ubicación de extintores o vías de evacuación. En este tipo de edificios, los ocupantes se encuentran dormidos gran parte del tiempo, por lo que el sistema de detección y alarma debe ser capaz de despertar a los usuarios.
- Oficina: edificio destinado a la prestación de servicios profesionales. Sus ocupantes asisten regularmente por lo que conocen el funcionamiento del edificio y la ubicación de elementos para combatir un incendio o evacuar. El rango etario de sus ocupantes es más acotado y serán principalmente adultos.

- Locales comerciales: edificio destinado a la compraventa de mercadería y prestación de servicios. Puede tener uno o más niveles y se caracterizan por tener un variado flujo de personas y pueden tener una alta carga combustible debido al almacenaje de mercadería. Por esta razón deben tener sistemas de detección eficientes para poder atacar un incendio incipiente y evitar su propagación.
- Hospitalarios: establecimientos destinados a la prevención, tratamiento y recuperación de la salud. En este tipo de edificios hay una alta carga combustible debido a la presencia de químicos inflamables. Por otro lado, se debe tener en cuenta la presencia de usuarios incapacitados de evacuar por sí solos.
- Docentes: edificios destinados a la formación o capacitación de personas, considerando desde nivel prebásico hasta educación superior. Al realizar un plan maestro se deben diferenciar las características de los ocupantes ya que abarca desde educación preescolar hasta técnico y universitario. Además, se deben considerar los recintos presentes ya que la mayoría de estos recintos tendrán biblioteca, con una alta carga combustible, o pueden tener laboratorios donde se usen químicos inflamables.

Puede ocurrir que un edificio presente distintos usos, como por ejemplo, que ciertos recintos estén destinados a un uso comercial y otros a oficina. Lo mismo ocurre en edificios para establecimientos educacionales, donde se pueden encontrar recintos cuyo destino se la docencia y otros de oficina. En estos casos se debe ser particularmente riguroso para establecer las características y requerimientos de cada recinto.

5.2 Según su carga combustible

La carga combustible se refiere a la cantidad total de calor que se desprendería por combustión completa si se incendiara el edificio o parte de él. Depende de la cantidad y

calidad pirógena de los materiales utilizados en construcción, terminaciones y amoblado del edificio.

En la norma NCh199. Of 98, desarrollada por el Instituto Nacional de Normalización (INN), se clasifica un edificio o sectores de él según su carga combustible, ya que de ella depende que un fuego inicial se transforme en un incendio de gran magnitud.

Se definen 7 categorías según la densidad de carga combustible media y la densidad de carga combustible puntual máxima, las que se determinan según la Ecuación 4 y Ecuación 5 (INN 1999).

Ecuación 4: Cálculo de carga combustible

$$C = \sum_i Cc_i \cdot M_i$$

Donde:

C : carga combustible en MJ o Mcal.

Cc_i : calor de combustión del material i en MJ/kg o Mcal/kg, detallados en la NCh1916 of.1999.

M_i : masa del material de combustión i en kg.

Ecuación 5: Cálculo de la densidad de la carga combustible

$$D_c = \frac{C}{S}$$

Donde:

D_c : densidad de carga combustible media, expresada en MJ o Mcal.

C : carga combustible calculada según Ecuación 4.

S : superficie de planta correspondiente, en m^2 .

En la Tabla 5.1 se muestran las 7 categorías antes mencionadas.

Tabla 5.1: Clasificación de edificios (o sectores) según su densidad de carga combustible media y su densidad de carga combustible puntual máxima (INN 1998).

Clasificación	Densidad de carga combustible media [MJ/m ²]	Densidad de carga combustible puntual máxima [MJ/m ²]
D_{c1}	$\rho_m \leq 500$	$\rho_{max} \leq 3\ 500$
D_{c2}	$500 \leq \rho_m \leq 1\ 000$	$3\ 500 \leq \rho_{max} \leq 6\ 000$
D_{c3}	$1\ 000 \leq \rho_m \leq 2\ 000$	$6\ 000 \leq \rho_{max} \leq 10\ 000$
D_{c4}	$2\ 000 \leq \rho_m \leq 4\ 000$	$10\ 000 \leq \rho_{max} \leq 16\ 000$
D_{c5}	$4\ 000 \leq \rho_m \leq 8\ 000$	$16\ 000 \leq \rho_{max} \leq 24\ 000$
D_{c6}	$8\ 000 \leq \rho_m \leq 16\ 000$	$24\ 000 \leq \rho_{max} \leq 32\ 000$
D_{c7}	$16\ 000 \leq \rho_m$	$32\ 000 \leq \rho_{max}$

Si bien existe esta clasificación, generalmente no se restringe la carga combustible de acuerdo con el uso del edificio. La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) presenta una clasificación considerando la densidad de carga combustible, pero para edificios cuyo destino sea: establecimientos de bodegaje, supermercados y centros comerciales, establecimientos industriales y centros de almacenaje de combustibles, lubricantes, aceites minerales y naturales.

La Asociación Nacional de Protección contra Incendios de Estados Unidos (NFPA por sus siglas en inglés) en su manual NFPA 557, establece una metodología para determinar la carga combustible en función de la distribución estadística de la carga dentro del recinto, la frecuencia de ocurrencia de incendios estructuralmente significativos según el uso del edificio y la efectividad de la protección contra incendios. Si bien no establece una clasificación, su metodología considera factores directamente relacionados con la probabilidad de ocurrencia de un incendio de gran magnitud, permitiendo un diseño acorde a las condiciones del edificio y necesidades de los ocupantes.

5.3 Según el tipo de construcción

Clasificación que diferencia los edificios por la materialidad y resistencia al fuego de sus elementos estructurales, lo que permite desarrollar estrategias de seguridad teniendo en cuenta la estabilidad estructural del edificio durante un incendio. Las altas temperaturas pueden debilitar la estructura y provocar el colapso parcial o total, bloqueando vías de evacuación y retrasando el ingreso de bomberos para realizar maniobras de extinción y rescate.

La resistencia al fuego se define como la cualidad de un elemento de soportar las condiciones de un incendio durante un período de tiempo, conservando su estabilidad mecánica, impidiendo el paso de las llamas y el humo, e impidiendo el aumento considerable de la temperatura en recintos contiguos, sin emitir gases combustibles producto de su descomposición (INN 1997b).

Según el tiempo transcurrido antes de que falle el elemento, ya sea en su capacidad de soporte, aislamiento térmico, estanquidad de gases o emisión de gases inflamables, se pueden diferenciar como se muestra en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2: Resistencia al fuego (INN 1997b)

Clase	Tiempo t [min]
F 0	$0 \leq t < 15$
F 15	$15 \leq t < 30$
F 30	$30 \leq t < 60$
F 60	$60 \leq t < 90$
F 90	$90 \leq t < 120$
F 120	$120 \leq t < 150$
F 150	$150 \leq t < 180$
F 180	$180 \leq t < 240$
F 240	$240 \leq t$

Teniendo en cuenta la clasificación mostrada en la Tabla 5.2, la norma nacional define 4 tipos de edificios según la resistencia al fuego de ciertos elementos estructurales como muros cortafuegos, muros zona vertical de seguridad, muros divisorios, elementos soportantes horizontales, techumbres, entre otros.

Los edificios pueden ser de tipo a, b, c y d (Tabla 5.4), siendo a el de mayor resistencia al fuego y d el de menor resistencia, como se muestra en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3: Resistencia al fuego requerida para elementos de construcción de edificios (MINVU 2017).

ELEMENTOS DE CONSTRUCCION									
TIPO	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
a	F-180	F-120	F-120	F-120	F-120	F-30	F-60	F-120	F-60
b	F-150	F-120	F-90	F-90	F-90	F-15	F-30	F-90	F-60
c	F-120	F-90	F-60	F-60	F-60	-	F-15	F-60	F-30
d	F-120	F-90	F-60	F-60	F-30	-	-	F-30	F-15

Donde:

Elementos verticales:

- (1) Muro cortafuego
- (2) Muros zona vertical de seguridad y caja escalera
- (3) Muros caja ascensores
- (4) Muros divisorios entre unidades (hasta la cubierta)
- (5) Elementos soportantes verticales
- (6) Muros no soportantes y tabiques

Elementos verticales y horizontales:

- (7) Escaleras

Elementos horizontales:

- (8) Elementos soportantes horizontales
- (9) Techumbre incluido cielo falso

Tabla 5.4: Tipo de edificio según el destino, carga de ocupación y número de pisos (MINVU 2017).

Destino	Ocupantes	Número de Pisos						
		1	2	3	4	5	6	7 y mas
Docencia	Sobre 500	b	b	a	a	a	a	a
	250 – 500	c	c	b	b	a	a	a
	< 250	d	c	c	b	b	a	a
Oficina	Sobre 1500	c	c	b	b	b	a	a
	500 - 1500	c	c	c	b	b	b	a
	< 500	d	c	c	b	b	b	a
Biblioteca	Sobre 1500	b	b	a	a	a	a	a
	500 - 1500	b	b	b	a	a	a	a
	250 - 500	c	b	b	b	a	a	a
	< 250	d	c	b	b	a	a	a

Por otro lado, la Asociación Nacional de Protección contra Incendio (NFPA por sus siglas en inglés) en su manual NFPA 220 clasifica los edificios según el tipo de construcción como Tipo I, Tipo II, Tipo III, Tipo IV y Tipo V, estableciendo las horas mínimas de resistencia de sus muros.

Para ser clasificadas como Tipo I o II, todos sus elementos estructurales, deben ser no combustibles o de baja combustibilidad, es decir, que no se encienden, no favorecen la combustión ni liberan gases tóxicos. Las estructuras de Tipo III, son aquellas cuyos elementos estructurales exteriores son no combustibles, pero los interiores pueden ser de madera. Las estructuras de Tipo IV constan de elementos estructurales exteriores de materiales no combustibles y los interiores de madera laminada de dimensiones establecidas para cada elemento. Finalmente, para ser clasificadas como Tipo V, todos sus elementos estructurales son de madera. Según el tipo de edificio, a cada elemento estructural se le exige una resistencia al fuego de hasta 4 horas, como se muestra en la Figura 5.1.

	Type I		Type II			Type III		Type IV	Type V	
	442	332	222	111	000	211	200	2HH	111	000
Exterior Bearing Walls ^a										
Supporting more than one floor, columns, or other bearing walls	4	3	2	1	0 ^b	2	2	2	1	0 ^b
Supporting one floor only	4	3	2	1	0 ^b	2	2	2	1	0 ^b
Supporting a roof only	4	3	1	1	0 ^b	2	2	2	1	0 ^b
Interior Bearing Walls										
Supporting more than one floor, columns, or other bearing walls	4	3	2	1	0	1	0	2	1	0
Supporting one floor only	3	2	2	1	0	1	0	1	1	0
Supporting roofs only	3	2	1	1	0	1	0	1	1	0
Columns										
Supporting more than one floor, columns, or other bearing walls	4	3	2	1	0	1	0	H	1	0
Supporting one floor only	3	2	2	1	0	1	0	H	1	0
Supporting roofs only	3	2	1	1	0	1	0	H	1	0
Beams, Girders, Trusses, and Arches										
Supporting more than one floor, columns, or other bearing walls	4	3	2	1	0	1	0	H	1	0
Supporting one floor only	2	2	2	1	0	1	0	H	1	0
Supporting roofs only	2	2	1	1	0	1	0	H	1	0
Floor-Ceiling Assemblies	2	2	2	1	0	1	0	H	1	0
Roof-Ceiling Assemblies	2	1½	1	1	0	1	0	H	1	0
Interior Nonbearing Walls	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Exterior Nonbearing Walls ^c	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b

H: heavy timber members (*see text for requirements*).

^aSee NFPA 5000, 7.3.2.1.

^bSee NFPA 5000, Section 7.3.

^cSee 4.3.2.12, 4.4.2.3, and 4.5.6.8.

[5000: Table 7.2.1.1]

Figura 5.1: Resistencia al fuego según el tipo de construcción (NFPA 2017b)

Ambas clasificaciones restringen el número de pisos: la OGUC de acuerdo con el uso del edificio y a su carga de ocupación, y la NFPA 220 según el uso y de la existencia de un sistema de rociadores automáticos.

6 Requerimientos reglamentarios nacionales

6.1 Niveles educativos

Un edificio educacional es aquel construido o habilitado para desarrollar procesos de enseñanza en distintos niveles, diferenciados principalmente por rangos etarios. En Chile, la Ley 20.370 establece 4 niveles:

- Nivel Parvulario
- Nivel básico o primario
- Nivel Medio o secundario
- Nivel Superior

6.1.1 Nivel Parvulario

Atiende a niños desde su nacimiento hasta el ingreso a educación básica (6 años). Según la edad se separa en sala cuna (0 a 3 años), primer nivel de transición (4 años) y segundo nivel de transición (5 años), como se establece en el Decreto Exento 1126.

Los recintos de educación parvularia se caracterizan por tener una alta carga combustible, principalmente material celulósico y plástico, debido al material de enseñanza y juguetes, por lo que es importante que tengan sistemas de detección y alarma eficientes. Además, los niños necesitan la ayuda de adultos para evacuar, sobre todo los más pequeños que no pueden evacuar por sus propios medios, aumentando el tiempo de evacuación, siendo primordial la alerta temprana.

Paralelamente a la instalación de sistemas de detección, alarma y extinción, se debe desarrollar un plan de educación respecto a las medidas de seguridad del recinto para docentes y alumnos. En este se deben incluir capacitaciones a los educadores respecto a cómo proceder ante la activación de alarmas, al uso de extintores y vías de evacuación y cómo enseñar estas medidas de seguridad a los niños de forma que sean internalizadas desde pequeños.

Los simulacros son una medida eficiente de llevar a cabo estas medidas y permite conocer el tiempo total de evacuación y las falencias dentro del plan de emergencias.

6.1.2 Nivel básico o primario

Considera la enseñanza desde 1º a 8º Básico. Académicamente se diferencian 2 grupos, el ciclo I (1º a 4º Básico) y el ciclo II (5º A 8º Básico), pero generalmente se encuentran en el mismo recinto educacional y no se hacen diferencias en cuanto a las medidas de seguridad exigidas.

La edad mínima de ingreso a 1º básico es de 6 años Ley 20.370 y la máxima para entrar a 8º básico es de 15 años. Esta diferencia etaria puede provocar competencia por las vías de evacuación durante una emergencia, donde los mayores arroyen a los niños menores provocando accidentes. Este factor se debe considerar a la hora de diseñar un plan de evacuación para evitar que ocurra esta situación, lo que se puede hacer distribuyendo las salas de clases de forma que utilicen vías de evacuación diferentes y no exista la competencia.

En los recintos educacionales donde se imparten estos niveles de enseñanza, hay recintos destinados a usos distintos al de educación, como oficinas, bibliotecas y laboratorios, los que deben ser evaluados de forma independiente ya que sus condiciones de uso y carga combustible difieren de las de una sala de clases.

Una biblioteca, por ejemplo, tiene una alta concentración de material celulósico (libros), distribuidos en estanterías generalmente. Al diseñar un plan de evacuación de un recinto con estas características se debe evitar que, en un eventual incendio, se bloqueen las salidas. Y si se usa un sistema de extinción automática, los aspersores deben quedar instalados sobre las estanterías, de lo contrario no serían capaces de extinguir el fuego.

En el caso de laboratorios debe haber lugares de almacenamientos seguros para los químicos, donde se controle la temperatura a la que se encuentran expuestos y se asegure que los alumnos no tienen acceso sin la autorización de docentes para evitar manipulaciones incorrectas que puedan provocar accidentes. Respecto a la extinción de posibles incendios en recintos de estas características, se debe considerar el tipo de

químicos almacenados, ya que de ello depende el agente extintor a utilizar, ya sea con sistemas automáticos o manuales.

Al igual que en recintos de educación parvularia, se debe desarrollar un plan de educación, asociado al plan de seguridad a implementar en el establecimiento, donde se involucren profesores y alumnos. En este se deben incluir capacitaciones respecto a cómo proceder ante la activación de alarmas, al uso de extintores y vías de evacuación.

Si hay niños, niñas o adolescentes con necesidades educativas especiales, se deben proveer los apoyos necesarios con el propósito de minimizar las barreras en el caso de alguna emergencia; por ejemplo, si hay niños o niñas con problemas sensoriales o motores, es preciso crear condiciones adecuadas para su evacuación durante una emergencia (MINEDUC 2013).

Una vez creado el plan maestro se deben realizar simulacros, donde participe toda la comunidad escolar y se evalúe el estado de las vías de evacuación, la coordinación de las personas a cargo, tiempos de flujo, entre otros, para detectar falencias y mejorar el plan constantemente.

6.1.3 Nivel Medio o secundario

Etapa de la educación formal posterior a la educación básica, donde la edad mínima de ingreso es de 16 años Ley 20.370. Sin embargo, el Dictamen N° 0009 de la Superintendencia de Educación establece que la edad máxima de ingreso a 1º, 2º, 3º y 4º Medio es de 18, 19, 20 y 21 años respectivamente, debido a una interpretación normativa.

Los recintos educacionales donde se imparte enseñanza de nivel medio tienen características similares a aquello de educación básica. Si bien el hay menos variabilidad en la edad de los alumnos que asisten a estos establecimientos, los recintos que se pueden diferenciar, aparte de las salas de clases son similares. Por esta razón se deben

tener las mismas precauciones respecto a la carga combustible y sistemas de extinción para bibliotecas, laboratorios y otros recintos.

Como se mencionaba para los niveles explicados anteriormente, se debe desarrollar un plan de seguridad asociados a un plan de educación donde se enseñen a profesores y alumnos como proceder ante una emergencia y reforzarlo con simulacros que permitan comprender de mejor manera las medidas, evaluar la eficacia del plan de emergencia, detectar falencias y mejorarlas.

6.1.4 Nivel Superior

Nivel no obligatorio dentro de la educación formal, cuyo primer requisito de ingreso es aprobar el nivel secundario. Las instituciones que imparten carreras de educación superior pueden ser universidades, institutos profesionales (IP) y centros de formación técnica (CFT) y se diferencian en el grado académico que otorgan a sus alumnos.

Estos recintos se caracterizan por tener un alto flujo de personas, donde una parte importante de ellas no se encuentran familiarizadas con el edificio. Esto significa que no conocen las zonas seguras del edificio ni sus vías de evacuación y la realización de simulacros es compleja ya que los horarios de asistencia de alumnos y docentes es variado. Para evitar el entorpecimiento de la evacuación debe haber personas capacitadas que la dirijan, capaces de contener y dirigir grupos grandes de personas, junto con una buena señalización de la ubicación de salidas y extintores.

Es común que existan recintos con una alta carga de ocupación como grandes salas de clases, auditorios, salas de teatro, entre otros. Para evitar complicaciones durante una emergencia se debe respetar la capacidad máxima del recinto ya que, de lo contrario, la capacidad de las salidas puede ser insuficiente en una eventual evacuación del lugar, provocando accidentes y bloqueos. Junto con la capacidad de las salidas de un recinto, se debe considerar su disposición en el lugar, buscando evitar un bloqueo simultáneo sin que eso signifique una complicación para alcanzarla por parte de los ocupantes.

Otro riesgo que considerar en establecimientos destinados a la educación superior es la existencia de recintos con alta carga combustible, como bibliotecas y laboratorios, contiguos a sectores con alta afluencia de personas. En estos casos se debe aislar adecuadamente cada sector, asegurando una resistencia al fuego suficiente para evitar la propagación del fuego y no poner en riesgo a las personas.

6.2 Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC)

Establece los requerimientos mínimos que debe satisfacer un edificio, según su ocupación, carga de ocupación, peligros a los que se encuentran expuestos los usuarios, entre otros. Además, identifica las normas técnicas realizadas por el Instituto Nacional de Normalización (INN) que se deben cumplir de forma adicional.

Como objetivo fundamental persigue que el diseño de los edificios asegure que se cumplan las siguientes condiciones:

- Facilitar el salvamento de los ocupantes de los edificios en caso de incendio.
- Reducir al mínimo, en cada edificio, el riesgo de incendio.
- Evitar la propagación del fuego tanto en el edificio como de un edificio a otro.
- Facilitar la extinción de los incendios.

Como una primera forma de prevenir el daño a personas están las vías de evacuación, que en la medida en tengan un corto recorrido, sean amplias y geométricamente simples, permiten una evacuación expedita de los ocupantes. Para esto deben cumplir 3 condiciones: ser claramente identificable, evitando ser confundida con otras vías; conducir a un lugar seguro; y ser seguras, cumpliendo condiciones de protección (INN 1990). Pero para que esto ocurra deben existir sistemas de detección y alarma eficientes, todo diseñado según el tipo y uso del edificio analizado.

Respecto a las condiciones de seguridad contra incendio, establece los requerimientos mínimos a cumplir por cualquier edificio, excepto cuando se cumplan los siguientes requisitos:

- Tener una carga de ocupación menor a 100 personas.
- Contemplar en todos sus recintos una densidad de carga combustible media inferior a 250 MJ/m²
- Asegurar su ocupación sólo por personas adultas que puedan valerse por sí mismas.
- Tener destino de equipamiento.
- Estar separada de los deslindes por una distancia no inferior a 4 m.

6.2.1 Carga de ocupación

La carga de ocupación se refiere al número máximo de personas que pueden ocupar un edificio o parte de él, dependiendo de la naturaleza del edificio y del espacio disponible.

En el Título 4, capítulo 2 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), referido a las condiciones generales de seguridad, se presenta una tabla con la carga de ocupación según el destino del recinto. En la Tabla 6.1 se muestra un extracto de ella indicando únicamente los requerimientos para recintos educacionales y recintos que se pueden encontrar en un establecimiento educacional.

En caso de haber dos o más destinos, se calcula la carga de ocupación correspondiente para cada uno de ellos. Si un solo recinto presenta usos alternados (oficina y sala de clases, por ejemplo) se determina la condición más exigente.

Tabla 6.1: Carga de ocupación según destino del recinto según Capítulo 2 de la OGUC (MINVU 2017).

Recinto	Carga de ocupación [m² / persona]
Salones auditorios	0.5
Salas de uso múltiple, casino	1.0
Salas de clase	1.5
Camarines, gimnasios	4.0
Talleres, laboratorios, bibliotecas	5.0
Oficinas administrativas	7.0
Cocina	15.0
Gimnasio, academias de danza	4.0

Por otro lado, en el Título 4, capítulo 5 de la OGUC, referido a locales escolares y hogares estudiantiles, se indican los valores de ocupación mostrados en la Tabla 6.2

Tabla 6.2: Carga de ocupación según destino del recinto según Capítulo 5 de la OGUC (MINVU 2017).

Recinto	Carga de ocupación [m² / persona]
Sala cuna	2.5
Jardín Infantil	1.1
Educación básica y media	1.1
Educación básica especial	2.0
Educación superior y educación de adultos	1.1
Laboratorio	1.5
Biblioteca	2.0

Cabe señalar que en el capítulo 2 antes mencionado, se indica que cuando se dispongan de normas según el destino del edificio, como en este caso, deben primar las normas específicas. Por esta razón, el factor de ocupación que se debe utilizar no es el más restrictivo, sino que el indicado en la Tabla 6.2.

6.2.2 Vías de evacuación

Una vía de evacuación o salida de emergencia se define como una vía continua y despejada que se encuentra protegida y aislada del edificio por barreras de humo y/o por elementos resistentes al fuego, que proporciona una salida desde cualquier punto del edificio hacia la vía pública. Se establecen requisitos mínimos de construcción, funcionamiento y mantención de cada una de sus componentes, como puertas, escaleras, iluminación, señalización, entre otros. Su cumplimiento permite la una evacuación segura y expedita, disminuyendo los riesgos de pérdidas de vidas y bienes materiales.

Los accesos a las vías de evacuación deben ser fácilmente reconocibles y no disimularse con la decoración para evitar confusiones durante una emergencia, que puedan demorar la evacuación.

El ancho mínimo de cualquier sección de una vía de evacuación se determina en base a la carga de ocupación. En recintos educacionales, las dimensiones mínimas se determinan según lo indicado en la Tabla 6.3.

La suma de los anchos mínimos de las puertas para salir del edificio debe ser igual a la suma de los anchos de las vías horizontales de evacuación y escaleras, y no debe ser menor a 1.40 m.

Tabla 6.3: Dimensiones mínimas de las vías de evacuación.

	Parvularia	Escolar y Universitaria	Observación
Anchos vías de evacuación	0.9 m – 1.2 m	1.8 m – 2.4 m	Aumentar 0.15 m cada 30 al. sobre 60 al. para parvulario y sobre 180 al. en escolar y universitaria
Ancho escaleras	0.9 m	1.2 m	Aumentar 0.6 m cada 120 al. sobre 360 al.
Altura de barandas	1.4 m	0.9 m	
Ancho de puertas	0.8 m (1 hoja) 0.6 m cada hoja (2 hojas)	0.8 m (1 hoja) 0.6 m cada hoja (2 hojas)	Superficie >60 m ² deben tener 2 salidas a no menos de 5m de distancia

Las puertas de acceso o salida de una vía de evacuación deben tener un sistema de cierre automático que impida el ingreso del fuego y el humo durante un incendio. Además, tanto la puerta como sus componentes deben ser de clase F-60. Cabe señalar que las puertas giratorias no son consideradas como parte de una vía de evacuación ya que, debido a sus características de funcionamiento, no se puede instalar un sistema de cierre automático.

Los edificios de 7 o más pisos deben tener a lo menos una zona vertical de seguridad. Si tiene más de un piso subterráneo deberá tener a lo menos una zona vertical de seguridad inferior. La zona vertical de evacuación es una vía vertical protegida del fuego, que permite evacuar a los usuarios desde cualquier nivel del edificio hasta el exterior. Estas no deben contener instalaciones en el interior como ductos de aire acondicionado, gabinetes de red húmeda o seca, entre otros, que afecten el ancho libre mínimo requerido y que puedan entorpecer el flujo de personas. Estas deben tener un sistema de

iluminación independiente de la energía eléctrica del edificio y sistemas de presurización, en el caso es escaleras interiores, que impidan el ingreso de humos y gases generados por el incendio.

Al igual que en el acápite anterior, hay diferencias entre las exigencias del capítulo 2 y el 5, referidos a las condiciones generales de seguridad y a locales escolares y hogares estudiantiles respectivamente. En el capítulo 2 se exigen los valores mínimos mostrados en la Tabla 6.4, mayores a los exigidos en la Tabla 6.3.

Tabla 6.4: Número de escaleras y ancho mínimo (MINVU 2017).

Nº de personas	Cantidad	Ancho mínimo [m]
≤ 50	1	1.1
51 a 100	1	1.2
101 a 150	1	1.3
151 a 200	1	1.4
201 a 250	1	1.5
251 a 300	2	1.2
301 a 400	2	1.3
401 a 500	2	1.4
501 a 700	2	1.5
701 a 1000	2	1.6

De los valores mostrados en la Tabla 6.4, si se requieren 2 o más escaleras para evacuar un recinto, estas deben disponerse tal que constituyan vías de evacuación alternativas, independientes y aisladas entre sí, disminuyendo el riesgo de un bloqueo simultáneo.

6.2.3 Distancia de viaje

La distancia máxima de viaje de los ocupantes para alcanzar una vía de evacuación, medida desde la puerta de cualquier recinto del edificio hasta la primera grada de la escalera, es de 40 m. Sin embargo, puede aumentar a 60 m si el edificio se encuentra protegido por un sistema de rociadores automáticos.

La distancia de viaje para pasillos de fondo de saco no puede ser mayor a 10 m excepto que se encuentre protegido contra incendio, ya que de lo contrario puede bloquearse fácilmente e impedir la evacuación de un recinto. Para que se considere protegido, debe cumplir las siguientes condiciones:

- Estar aislado de otros recintos mediante elementos con una resistencia al fuego de 120 min.
- Las puertas deben tener una resistencia al fuego de 30 min y no ocupar una superficie mayor al 20% de la superficie de los paramentos del pasillo.
- Tener detectores de humo e iluminación de emergencia.
- Su longitud no debe superar los 30 m.

6.2.4 Sistemas de detección y alarma

La notificación temprana es crucial en los programas de evacuación, ya que aumenta el tiempo disponible y disminuyendo las probabilidades de una tragedia, por lo que la instalación de detectores de humo o temperatura, conectados a sistemas de alarmas contribuiría a una rápida reacción por parte de los usuarios de los edificios. La detección también puede ser a través de sistemas de activación manual.

En la regulación nacional no existe una normativa respecto a las características de estos dispositivos o su ubicación en un edificio. La OGUC tampoco hace referencia a normas internacionales a verificar en estos casos.

Sin embargo, establece que todo edificio que cuente con un sistema central de aire acondicionado debe disponer de detectores de humo en los ductos principales, que

actúen desconectando automáticamente el sistema, evitando la propagación del humo a otros recintos.

Además, para edificios de 5 o más pisos, con una carga de ocupación superior a 200 personas, se deberá instalar un sistema automático de detección y alarma de incendio, permitiendo la notificación oportuna de los usuarios del edificio.

6.2.5 Sistemas de extinción

Sistemas, manuales o automáticos, utilizados para reducir el calor generado por un fuego y limitar su propagación y rebrote, mediante la distribución de agua u otros agentes extintores (INN 2000). El agente extintor que se debe utilizar depende del tipo de fuego, determinado según la clasificación de la NCh 9334 of.1994, directamente relacionada con los materiales involucrados.

La clasificación mencionada establece cuatro tipos de fuego:

- Fuego clase A: fuegos de combustibles comunes como madera, papel, cauchos y plásticos.
- Fuego clase B: corresponde a aquellos cuyo combustible son líquidos inflamables como aceites, grasas, alquitranes y derivados del petróleo
- Fuego clase C: involucran equipo eléctrico energizado, por lo que el agente extintor no puede ser conductor eléctrico
- Fuego clase D: son aquellos que involucran metales combustibles como magnesio, titanio, sodio, entre otros metales, los que alcanzan altas temperaturas y requieren un agente extintor según el metal involucrado.

6.2.5.1 Sistema de extinción manual

El buen funcionamiento y eficacia de un extintor depende de las características del agente extintor, del material combustible y del entrenamiento del operador. La NCh1429 of.1992.MOD1995 diferencia agentes extintores, especificando el tipo de fuego que puede atacar, como se muestra en la Tabla 6.5.

Tabla 6.5: Clasificación según la naturaleza del agente extintor

Agente extintor	Tipo de Fuego
Agua o disolución acuosa	Clase A
Espuma mecánica	Clase A
	Clase B
Espuma química	Clase A
	Clase B
Polvo químico seco multipropósito	Clase A
	Clase B
	Clase C
Polvo químico seco convencional	Clase B
	Clase C
Dióxido de carbono	Clase B
	Clase C
Halón	Clase A
	Clase B
	Clase C
Polvo especial	Clase D

La NCh1433 of. 1978 establece la señalización a utilizar para indicar la ubicación de un extintor y la forma en que estos deben estar ubicados. Deben estar colgados de sus respectivos soportes sobre muros o columnas en lugares de fácil acceso. Los espacios de terreno situados alrededor del extintor se deben establecer como zonas libres, permaneciendo sin obstáculos que dificulten el alcance del extintor. Deben estar a una altura mínima de 20 cm, pero no deben superar los 1.30 m de altura. En caso de estar ubicados en la intemperie deben ser colocados en un nicho donde queden protegidos.

Es de vital importancia la señalización para que su ubicación sea reconocible a distancia por lo que deben ir pintadas de rojo y en un lugar visible. Si se dificulta la observación se debe pintar el suelo y el techo. En el extintor se debe identificar la clase de fuego que combate.

Esta norma también establece las dimensiones de los nichos del extintor y de las señaléticas a utilizar.

6.2.5.2 Sistema de extinción automática

El sistema automático de extinción más usado es el de rociadores ya que es uno de los más efectivos en la protección de la vida y la propiedad. Parte de su efectividad se debe a la facilidad de supervisión del sistema y que el agua utilizada no es calentada por el incendio. En un edificio completamente protegido por un sistema automático de rociadores, no es necesario su funcionamiento simultáneo si no que puede activarse sólo en las zonas afectadas, limitando el daño a ese sector.

Los requerimientos mínimos para los equipos y su instalación, según el tipo de carga combustible del recinto, su ocupación, entre otros, se encuentran en las normas NCh 2095/1 of.2000, NCh2095/2of.2000, NCh2095/3of.2001, NCh2095/4of.2001, NCh2095/5of.2001 y NCh2095/6of.2001.

Sin embargo, no se obliga a instalar sistemas de rociadores en recintos educacionales.

6.2.6 Señalización

Un factor importante en una rápida extinción de un incendio y/o evacuación expedita, además de la educación de los usuarios del edificio con simulacros e instrucción sobre el uso del equipo contra incendios, es la correcta señalización de las vías de evacuación, interruptores de alarma y extintores. La NCh2189. Of 92 establece una clasificación del nivel de señalización según el tipo de edificio (Tabla 6.6).

De acuerdo con los requerimientos establecidos en la NCh2189. Of 92 se realiza la Tabla 6.7, señalando con una X los requisitos que se deben cumplir para cada nivel de señalización.

Tabla 6.6: Nivel de señalización (INN 1992)

Nivel de señalización	Tipo de edificio
Muy riguroso	a
Riguroso	b
Mediano	c
Bajo	d

Tabla 6.7: Requerimientos de señalización.

	Nivel de señalización			
	Muy Riguroso	Riguroso	Medio	Bajo
Vías de evacuación señalizadas en toda su extensión, de modo que desde cualquier punto sea visible a lo menos un distintivo.	X	X	X	X
Toda puerta transversal a la vía de evacuación se señalizará, indicando si conduce al exterior, a un lugar seguro o uno sin salida.	X	X	X	-
Señalización de la ubicación de alarmas u otro sistema de alerta a una distancia de:	≤ 10 m	≤ 20 m	Próximo a ellos	-
Señalización de localización de equipos contra incendios en las vías de evacuación, a una distancia de:	≤ 10 m	≤ 20 m	Próximo a ellos	-
Señalización de lugares de riesgo.	X	X	-	-
Tablero eléctrico, caseta de gas, medidores de agua, equipos de climatización, tendrán distintivo que identifique el elemento y la naturaleza del riesgo.	X	-	-	-
Todos los distintivos de seguridad deben contar con iluminación de emergencia.	X	-	-	-
Distintivos de seguridad que indiquen la localización de los refugios debe iniciarse a una distancia de:	-	≥ 20 m	-	-

6.3 Otras normas

Junto con los requerimientos establecidos en la OGUC, existen normas específicas, no mencionadas en la ordenanza donde se establecen otras restricciones para establecimientos de educación escolar.

6.3.1 Decreto 548

En este decreto se establecen los requerimientos de infraestructura a cumplir por los establecimientos de educación escolar (parvulario, básica y media) para obtener y mantener el reconocimiento del estado. Cabe señalar que ciertos artículos de este decreto son modificados en el Decreto 143, publicado en 2012.

Se establecen restricciones respecto del emplazamiento del establecimiento, prohibiendo la existencia de canales abiertos, vías férreas, basurales, entre otros. En caso de que fuera imposible eliminar uno de los peligros mencionados en el decreto, el Secretario Regional Ministerial de Educación puede autorizar, de forma excepcional, el funcionamiento del local escolar.

Además, se establece la infraestructura mínima que debe tener cada establecimiento según el nivel y modalidad de enseñanza que imparte como, por ejemplo, número de aulas, sala multiuso, biblioteca, servicios higiénicos, bodega, cocina y comedor cuando corresponda, entre otros.

En el caso alumnos que asisten a la modalidad de Educación Especial, ya sea en un colegio especial o en un establecimiento con plan de integración escolar, que presenten dificultades en su movilidad y desplazamiento, deben contar con las medidas de accesibilidad necesarias, permitiendo su desplazamiento expedito por el recinto. Las vías de evacuación deben considerar las discapacidades atendidas en el establecimiento.

Respecto a los requerimientos estructurales, no se pueden construir establecimientos ni muros medianeros con adobe o albañilería simple. Además, en los recintos del área docente y las áreas de uso y tránsito destinadas a párvulos, no se puede utilizar un

revestimiento de papel mural ni pisos cubiertos con alfombras y las puertas no pueden ser de vaivén, correderas ni plegables. Estas últimas deben abrirse hacia el exterior.

Con el fin de asegurar condiciones seguras de evacuación se establece la altura máxima según el nivel de educación. La sala cuna puede estar hasta en un cuarto piso, pero deben tener una vía de evacuación alternativa para casos de emergencia que conduzca a una zona segura a nivel del terreno natural. El jardín infantil en cambio sólo puede estar en el primer piso. La educación básica puede estar máximo en el tercer piso y la educación media en el cuarto. Además, los recintos de todos los niveles de educación no se pueden ubicar en un subterráneo si éste no tiene ventilación e iluminación natural.

Respecto a las escaleras, se establece que, para niveles con más de 30 alumnos, ésta deberá tener un descanso de 1 m de largo ubicado en el tercio medio de su longitud. Además, se establece que las puertas de recintos utilizados para educación parvularia, deben tener un sistema de sujeción que permita mantenerlas abiertas durante una evacuación.

Finalmente, se establecen restricciones a las dimensiones del pizarrón y su ubicación, entre otros.

6.3.2 Decreto 14

Dada la necesidad de crear conciencia sobre prevención y seguridad, se establece como obligatorio que en los establecimientos donde se imparten educación parvularia, básica y media, se enseñen normas, prácticas y principios que regulan la prevención de accidentes. Esto está a cargo de los profesores de párvulos, profesores jefes de cada curso y de los profesores de ciencias sociales.

La Dirección o Departamento Provincial de Educación debe evaluar anualmente la aplicación de este decreto e informar resultados y estadísticas a la Comisión Nacional Permanente de Seguridad Escolar. En este decreto se reconoce a la Asociación Chilena

de Seguridad (ACHS) como organismo cooperador del Ministerio de Educación en materias de seguridad.

Posteriormente, el año 2001, por medio del Decreto 283, se deroga el Decreto 35, donde se crea la Comisión Nacional Permanente de seguridad escolar y se crea la Comisión Nacional de Seguridad Escolar, estableciendo sus funciones, integrantes, período de sesión, entre otros.

7 Requerimientos internacionales (NFPA 101)

La Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA por sus siglas en inglés) es una organización norteamericana reconocida internacionalmente, dedicada al desarrollo de normas asociadas a la seguridad de las personas y la protección contra incendios. La NFPA 101 establece los requerimientos mínimos para el movimiento seguro de masas en situación normal y de emergencia considerando el tamaño, forma y ocupación del edificio.

Su objetivo principal es la protección de los ocupantes no relacionados con el desarrollo del incendio y la supervivencia de los ocupantes relacionados con este. Para esto se basa en la resistencia estructural, la eficiencia de los sistemas de detección, alarma y extinción y los tiempos de evacuación.

La resistencia estructural asegura que el edificio soporte el tiempo suficiente para permitir la evacuación de las personas en un tiempo óptimo. Estos tiempos están relacionados con el diseño y uso del edificio, la capacidad física y mental de los usuarios, conocimiento del edificio por parte de las personas, entre otros. Por esta razón, se debe poner atención a la seguridad en la etapa de diseño para obtener soluciones eficientes, donde es fundamental la existencia de vías de evacuación abiertas y despejadas, con buena señalización e iluminación, además de asegurar el buen funcionamiento de los sistemas de alarma cumpliendo con los estándares de instalación y mantención.

Esta norma analiza las características propias de un edificio según su uso, clasificándolos en espacios de reunión, educacionales, oficinas, hospitales, edificios de detención, habitacionales (departamentos y hoteles), industrial y edificios comerciales. Estos también se clasifican según el peligro al que se encuentran expuestos los usuarios relacionado con los materiales de construcción, revestimientos y decoración.

Los grados de peligro son clasificados como bajo, normal y alto. Los espacios con bajo peligro de incendio son aquellos con materiales de baja combustibilidad que evitan la propagación del fuego. Un peligro normal es aquel donde sus materiales son propensos a arder con rapidez moderada o de una emisión considerable de humo. En este caso, no debería haber una exposición al humo extremadamente peligrosa durante la evacuación,

asumiendo un buen diseño de las vías de escape. Los lugares clasificados con un alto nivel de peligro son aquellos donde hay una presencia importante de materiales que arden con rapidez o que tienen una alta probabilidad de generar explosiones, incluyendo recintos donde son guardados o manipulados líquidos inflamables.

7.1 Ocupación

Para efectos de este estudio, se analizan los requerimientos de los edificios habilitados para desarrollar procesos de enseñanza, en sus distintos niveles. Según las definiciones de ocupación de esta norma, se analizan los edificios destinados al cuidado de menores (jardín infantil y sala cuna), educación, oficina y reunión.

7.1.1 Jardín infantil y sala cuna

Los edificios destinados a jardines infantiles y/o sala cuna, son aquellos dedicados a la mantención y cuidado de niños por menos de 24 horas, por personas que no son familiares ni tutores legales, capacitados para realizar esta labor. Si hay menos de 12 niños, se clasifican en recintos de cuidado diario familiares y de grupo (generalmente se encuentran en una casa particular).

Los recintos de cuidado diario familiares son aquellos donde hay entre 3 y 7 niños, con al menos un cuidador cada 6 niños y no más de 2 niños con algún grado de discapacidad. Los recintos de cuidado diario de grupo albergan entre 7 y 12 niños, con 2 cuidadores para 12 niños y no más de 3 niños con algún grado de discapacidad.

Estos recintos deben clasificarse como espacio cuyo riesgo es normal, es decir, que sus materiales son propensos a arder con rapidez moderada y su emisión de humo no alcanza a ser peligrosa durante la evacuación.

7.1.2 Edificio educacional

Los edificios educacionales son aquellos con gran número de niños y/o jóvenes cuyo nivel de educación no supera 4º Medio, cuyos recintos son usados por 6 o más personas por un mínimo de 4 horas diarias o 12 horas semanales.

7.1.3 Edificio universitario

Los recintos de una universidad no se clasifican como educacionales sino como espacios de reunión o de oficinas, según su carga de ocupación. Los espacios de reunión se caracterizan por una alta afluencia de personas que no se encuentran familiarizadas con el edificio. Estos recintos tienen una carga de ocupación de 50 personas o más. Si su uso implica menos de 50 personas, se clasifican como oficinas donde existe una baja densidad de ocupación y sus usuarios, generalmente, se encuentran familiarizados con el edificio.

Puede ocurrir el uso múltiple de un recinto, donde el mismo espacio es destinado a distintas funciones. Un ejemplo de esto son recintos dentro de una oficina utilizados para realizar una clase. En estos casos es importante diferenciar los distintos usos del edificio, los que pueden ser de ocupación mixta o independientes entre sí.

Los recintos de ocupación mixta se refieren a aquellos donde ambas ocupaciones utilizan el mismo recinto (no simultáneamente) o donde, para alcanzar una salida, se debe cruzar un recinto con otra ocupación. En este caso se deben satisfacer los requerimientos más desfavorables o exigentes.

Si en un edificio hay distintas ocupaciones, pero los recintos son independientes entre sí, en cada uno de ellos se deben satisfacer los requerimientos correspondientes a su ocupación. Para asegurar que estos recintos se encuentran aislados, deben estar separados por barreras resistentes al fuego con una resistencia mínima según la ocupación de cada uno (Tabla 7.1)

Tabla 7.1: Separación requerida para usos múltiples (NFPA, 2017a)

Ocupación	Horas de resistencia							
	Reunión ≤ 300	Reunión 300 - 1000	Reunión ≥ 1000	Educación	Jardín infantil y sala cuna	Oficina	Bodega, peligro bajo y normal	Bodega, peligro alto
Reunión ≤ 300	-	0	0	2	2	1	2	3
Reunión 300 – 1000		-	0	2	2	2	2	3
Reunión ≥ 1000			-	2	2	2	3	3
Educación				-	2	2	3	3
Jardín infantil y sala cuna					-	2	3	3
Oficina						-	2	2
Bodega, peligro bajo y normal							-	1
Bodega, peligro alto								-

Estos valores pueden ser reducidos 1 hora, pero no ser menores a 1 hora, si el edificio se encuentra protegido por un sistema de rociadores automáticos.

7.2 Altura máxima

La NFPA 220 clasifica los edificios según el tipo de construcción, estableciendo las horas mínimas de resistencia de sus muros. Pueden ser de Tipo I, Tipo II, Tipo III, Tipo IV y Tipo V, donde las primeras son las que presentan una mayor resistencia al fuego, como se menciona en el Capítulo 5.3.

En esta norma se restringe la altura de un edificio según la ocupación, el tipo de construcción y de la existencia de un sistema de rociadores automáticos. En las construcciones destinadas al cuidado diario de menores, se limita la altura según lo establecido en la Tabla 7.2, donde se puede ver que se prohíbe el uso de subterráneos cuando no existan instalaciones de sistemas de rociadores automáticos.

En edificios clasificados con uso educacional se restringen las dimensiones de los espacios a 1860 m² y su altura a no más de 4 pisos ya que en un edificio de este tamaño aumentan los tiempos de evacuación. En caso de superficies mayores se debe instalar un sistema de rociadores automáticos o dividir las áreas por medio de barreras con una resistencia de 2h. En edificios de más de 4 pisos y en los subterráneos se exige la instalación de sistemas de rociadores automáticos.

Edificios destinados a establecimientos universitarios se restringe la altura de los edificios según el tipo de construcción, la instalación de sistemas de rociadores automáticos y de la carga de ocupación, como se muestra en la Tabla 7.3.

Tabla 7.2: Restricción de altura según el tipo de construcción para jardines infantiles y sala cuna.

Tipo de Construcción	Sin rociadores						Con rociadores					
	1 subterráneo	1	2	3-4	>4	Edificios altos	1 subterráneo	1	2	3-4	>4	Edificios altos
I (442)	NP	X	X	X	NP	NP	X	X	X	X	X	X
I (332)	NP	X	X	X	NP	NP	X	X	X	X	X	X
II (222)	NP	X	X	X	NP	NP	X	X	X	X	X	X
II (111)	NP	X	NP	NP	NP	NP	X	X	X	X	X	NP
II (000)	NP	X	NP	NP	NP	NP	X	X	X	X	NP	NP
III (211)	NP	X	NP	NP	NP	NP	X	X	X	X	NP	NP
III (200)	NP	X	NP	NP	NP	NP	NP	X	X	NP	NP	NP
IV (2HH)	NP	X	NP	NP	NP	NP	X	X	X	NP	NP	NP
V (111)	NP	X	NP	NP	NP	NP	X	X	X	X	NP	NP
V (000)	NP	X	NP	NP	NP	NP	NP	X	X	NP	NP	NP

X: Permitido

NP: No permitido

Edificio alto se refiere a edificios donde el piso ocupado se encuentra sobre los 23 m.

Tabla 7.3: Restricción de altura según el tipo de construcción para recintos de reunión.

Tipo de Construcción	Sin rociadores						Con rociadores					
	Subterráneo	1	2	3	4	≥ 5	Subterráneo	1	2	3	4	≥ 5
I (442)	NP	X	X	X	X	X4	X	X	X	X	X	X
I (332)	NP	X	X	X	X	X4	X	X	X	X	X	X
II (222)	NP	X	X	X	X	X4	X1	X	X	X	X	X
II (111)	NP	X	X	X3	NP	NP	X2	X	X	X	X3	NP
II (000)	NP	X3	NP	NP	NP	NP	X1	X	X4	NP	NP	NP
III (211)	NP	X	X	X4	NP	NP	X2	X	X	X	X3	NP
III (200)	NP	X3	NP	NP	NP	NP	X2	X3	X4	NP	NP	NP
IV (2HH)	NP	X	X	X4	NP	NP	X1	X	X	X	X3	NP
V (111)	NP	X	X	X4	NP	NP	X1	X	X	X	X3	NP
V (000)	NP	X3	NP	NP	NP	NP	X2	X3	X4	NP	NP	NP

X : Permitido para cualquier carga de ocupación.

X1: Permitido para cualquier carga de ocupación, limitado a un subterráneo.

X2: Permitido para cargas de ocupación menor a 1000 personas y limitado aun subterráneo.

X3: Permitido para cargas de ocupación menor a 1000 personas.

X4: Permitido para cargas de ocupación menor a 300 personas.

NP: No permitido

7.3 Carga de ocupación

La carga de ocupación se refiere al total de personas que pueden ocupar un edificio o parte de él, dependiendo de la naturaleza del edificio o del espacio disponible para el uso. Cabe señalar que puede ocurrir que la carga de ocupación normal no sea un criterio adecuado para el diseño ya que la emergencia puede ocurrir con una multitud inusual en el recinto.

El número de personas se determina según la Ecuación 6, donde el factor de ocupación se obtiene de la Tabla 7.4.

Ecuación 6: Carga de ocupación

$$\text{Número de personas} \leq \frac{\text{Área de piso}}{\text{Factor de ocupación}}$$

Tabla 7.4: Factor de ocupación (NFPA 2017a)

Usos	m ² por persona	
EDUCACION		
Salas de clase	1.9 neto	
Laboratorios	4.6 neto	
ASAMBLEAS		
Uso concentrado sin asientos fijos	0.65 neto	
Uso no concentrado sin asientos fijos	1.4 neto	
Asientos fijos	número de asientos	
Sala de espera	0.46	Área menor a 930 m ²
	0.65	Área mayor a 930 m ²
Cocina	9.3	
Sector de libros en una biblioteca	9.3	

Sala de lectura en una biblioteca	4.6 neto	
Piscina	4.6	superficie del agua
Cubierta de piscina	2.8	
Gimnasio con maquinas	4.6	
Gimnasio sin maquinas	1.4	
Escenarios	1.4 neto	
Casino o áreas de juego	1	
OFICINA	9.3	
JARDIN INFANTIL		
Sala de clases	3.3 neto	

El área neta se refiere al espacio usado por los ocupantes del recinto, es decir, a la superficie total se le descuentan espacios de escaleras, shaft, etc. Donde no se señala que se debe usar el área neta se debe considerar el área gruesa, determinada como el área confinada entre muros, considerando incluso aquellos espacios que no son ocupados por personas.

La carga de ocupación se puede aumentar siempre que se cumpla con los requisitos mínimos de las vías de evacuación (cantidad, ancho mínimo, entre otros), excepto en recintos con una densidad mayor a $0.46 \text{ m}^2/\text{persona}$, ya que se reduce la velocidad de movimiento.

La carga de ocupación no busca restringir el número de personas que puede utilizar un recinto sino más bien establecer el número de salidas necesarias y sus dimensiones.

En un jardín infantil, junto con establecer un número máximo de personas según el tamaño de la sala de clases, se establece la dotación de personal mínima según su rango de edad o capacidad de los niños de evacuar por sí solos, señalado en la Tabla 7.5.

Tabla 7.5: Dotación de personal

Relación personal-niños	Edad (años)
1:03	0-2
1:04	2-3
1:07	3-5
1:10	5-8
1:12	≥ 8
1:03	niños incapacitados de evacuar por sí mismos

En establecimientos educacionales, es común encontrar recintos como auditorios, laboratorios, gimnasios, entre otros, donde coexisten usos de tipo educacional y de reunión. Si estos utilizan vías de evacuación en común, se debe considerar los requisitos más desfavorables, teniendo en cuenta la carga de ocupación según el uso del recinto.

7.4 Carga combustible

Se refiere a la cantidad total de calor que se desprendería por combustión completa si se incendiara el edificio o parte de él. Depende de la cantidad y calidad pirógena de los materiales utilizados en construcción, terminaciones y amoblado del edificio.

Las salas de clases de un establecimiento educacional pueden llegar a tener una alta carga combustible debido a la decoración, como cortinas y mesas, ropa de estudiantes y profesores, materiales, entre otros, lo que permite una rápida propagación del fuego. Por esta razón se establece la necesidad de instalar casilleros metálicos donde los estudiantes puedan sus cosas.

Los trabajos y materiales de enseñanza pueden colgarse de los muros siempre que no superen el 20% de la superficie total. Si el edificio se encuentra protegido por un sistema de rociadores automáticos puede llegar al 50% de la superficie del muro. Además, se debe evitar ubicarlos cerca de las puertas de salida del recinto.

Se debe tener especial cuidado con la mantención y manipulación de líquidos y gases inflamables, controlando que su manejo no ponga en peligro las salidas de emergencia. Los dispensadores jabón cuya base es alcohol son considerados peligrosos debido a su contenido inflamable, por lo que se deben instalar lejos de corredores y salidas. Cada dispensador puede tener entre 1.2 L y 2.0 L, y para almacenar más de 18.9L en un compartimento se deben satisfacer los requerimientos establecidos en el código NFPA 30, referido a líquidos inflamables.

7.5 Componentes de una salida de emergencias

Una salida de emergencia se define como una vía continua y despejada que se encuentra protegida y aislada del edificio por barreras de humo y/o resistentes al fuego, que proporciona una salida desde cualquier punto del edificio hacia la vía pública.

Se establecen requisitos mínimos de construcción, funcionamiento y mantención de cada una de sus componentes, como puertas, escaleras, iluminación, señalización, entre otros. Su cumplimiento permite la una evacuación segura y expedita, disminuyendo los riesgos de pérdidas de vidas y bienes materiales.

Es importante que las vías de evacuación no se encuentren bloqueadas por parte de la decoración, por seguros o cualquier elemento que pueda interferir durante una evacuación. Staff del edificio, o profesores en el caso de recintos de educación, serán los encargados de revisar y mantener las vías de evacuación en estado óptimo en caso de ser necesaria una evacuación.

7.5.1 Puertas

Las puertas de un edificio tienen múltiples propósitos, desde comodidad hasta seguridad y según su uso se les exige resistencia al humo o al fuego. Las entradas principales y aquellas puertas que sirvan a las salidas de emergencia deberán ser diseñadas y construidas de modo que la trayectoria de desplazamiento sea evidente, sin crear cuellos

de botella que podrían generar accidentes o aumentar el tiempo de evacuación. En la norma se detallan las dimensiones mínimas y la forma de medirlo, evitando proyecciones que estorben la circulación a través de ellas.

Cuando corresponden a accesos a recintos protegidos contra el fuego, además de tener una resistencia al fuego según su uso y carga de ocupación, deben mantenerse constantemente cerradas. Los incendios en edificios son capaces de generar presión suficiente para abrir la puerta, impidiendo la protección del lugar y facilitando la propagación del fuego, humo y gases tóxicos.

En caso de necesitar estas puertas constantemente abiertas se debe instalar un sistema automático de cierre, que trabaje al activarse algún sistema de alarma. De la misma forma, los sistemas de acceso controlado deben desbloquearse automáticamente al activarse los sistemas de alarmas para permitir un rápido acceso a las vías de evacuación.

Las puertas automáticas que funcionan por medio de sensores de movimiento deben abrirse manualmente en caso de una falla eléctrica. Deben tener una señalización visible donde se explique cómo debe abrirse en caso de emergencia, ya sea empujar, deslizar, etc.

En el caso de las puertas giratorias, solo pueden instalarse en ocupaciones de reunión, pero no se consideran como una salida de emergencia para más del 50% de la carga de ocupación ya que presentan problemas cuando mucha gente intenta usarlas en un corto período de tiempo.

El correcto funcionamiento de las puertas es vital a la hora de evacuar un edificio, ya que de lo contrario, se bloquea una vía de evacuación aumentando el riesgo al que se encuentran sometidos los usuarios. Deben realizarse inspecciones anuales donde se verifiquen los siguientes puntos:

- Espacio a ambos lados de la puerta se encuentre libre de obstrucciones
- Puertas deben abrirse completamente y cerrarse con facilidad
- Verificar el cumplimiento de la fuerza necesaria para abrir y mover una puerta

- La proyección de las puertas en los pasillos sea según lo establecido
- Sistemas de cierre y/o apertura automáticos se encuentran funcionando correctamente

7.5.2 Escaleras

Las escaleras son una vía de evacuación importante en edificios de 2 o más pisos, por lo que deben estar debidamente protegidas, cumplir con dimensiones suficientes según el uso del edificio y su carga de ocupación, tener suficiente iluminación y la señalización adecuada para evitar equivocaciones durante una emergencia, de lo contrario no califican como vías de evacuación.

También es importante la señalización al interior de la caja de escalera, indicando el piso actual, el de descarga y la dirección de evacuación, principalmente en los pisos subterráneos, ya que la tendencia de los ocupantes es a bajar escaleras en caso de emergencia.

Las escaleras que son parte de las vías de evacuación no deben tener perforaciones en la huella o descansos. Con esta restricción se busca proveer una barrera visual respecto de la altura a la que se encuentra para facilitar el desplazamiento de personas con miedo a las alturas y evitar accidentes.

Además, se exige la existencia de descansos donde se ubica el acceso y la salida ya que puede ser peligros comenzar a descender inmediatamente después de abrir una puerta. Se hace una excepción a este requerimiento en edificios existentes cuya carga de ocupación sea menor a 50 personas. Su ancho mínimo depende de la carga de ocupación del edificio.

Tan importante como el ancho de la escalera son las dimensiones de la huella, la contrahuella y la altura libre ya que esto permite un desplazamiento fluido a lo largo de la escalera, haciendo más eficiente la evacuación del edificio. Si no se cumplen pueden

provocar problemas debido a la caída de personas por escalones poco evidentes o reducir la velocidad de evacuación si hay escalones muy altos.

Los escalones no deben tener proyecciones que puedan provocar la caída, así como tampoco se permite la existencia de escalones no uniformes, permitiendo una variación máxima de 4.8 mm para la huella o la contrahuella. En escaleras abiertas se utilizan escalones con pendientes para evitar la acumulación de agua.

En el caso de escaleras curvas se establece que el radio menor (señalado con la letra B en la Figura 7.1) no puede ser menor a dos veces el ancho de la escalera (señalado con la letra A en la Figura 7.1). Además, se define una distancia mínima a la que se debe medir la profundidad de la huella, debido a su variación en el ancho de la escalera.

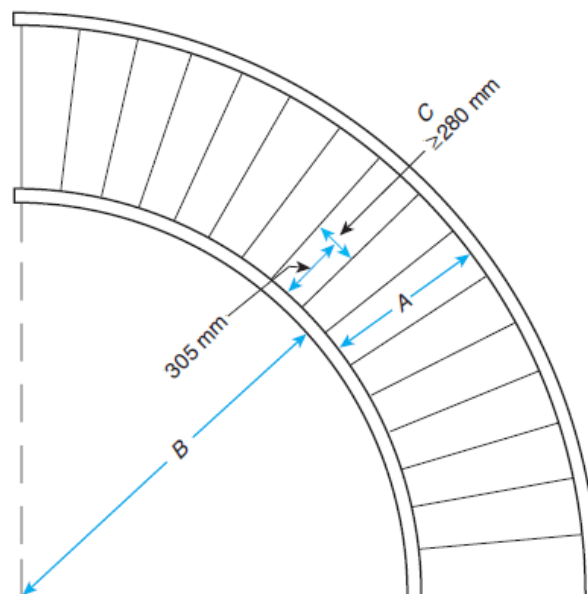


Figura 7.1: Dimensiones escalera curva (Coté and Harrington, 2009)

Las escaleras exteriores deben estar separadas del edificio por una barrera resistente al fuego, de lo contrario no se consideran una vía de evacuación. Esta barrera debe extenderse 305 cm a cada lado de la escalera, tanto horizontal como verticalmente. De

haber aperturas en el sector de la barrera, éstas deben estar protegidas y su resistencia al fuego mínima depende de su ubicación: si se encuentra fuera del área de la escalera, pero a una distancia menor a 305 cm, debe tener una resistencia al fuego de 45 min; si la apertura se encuentra en el sector de la escalera, debe tener una resistencia al fuego de 1 h o de 1.5 h si el edificio tiene 3 pisos o si son más de 3 pisos respectivamente (Figura 7.2).

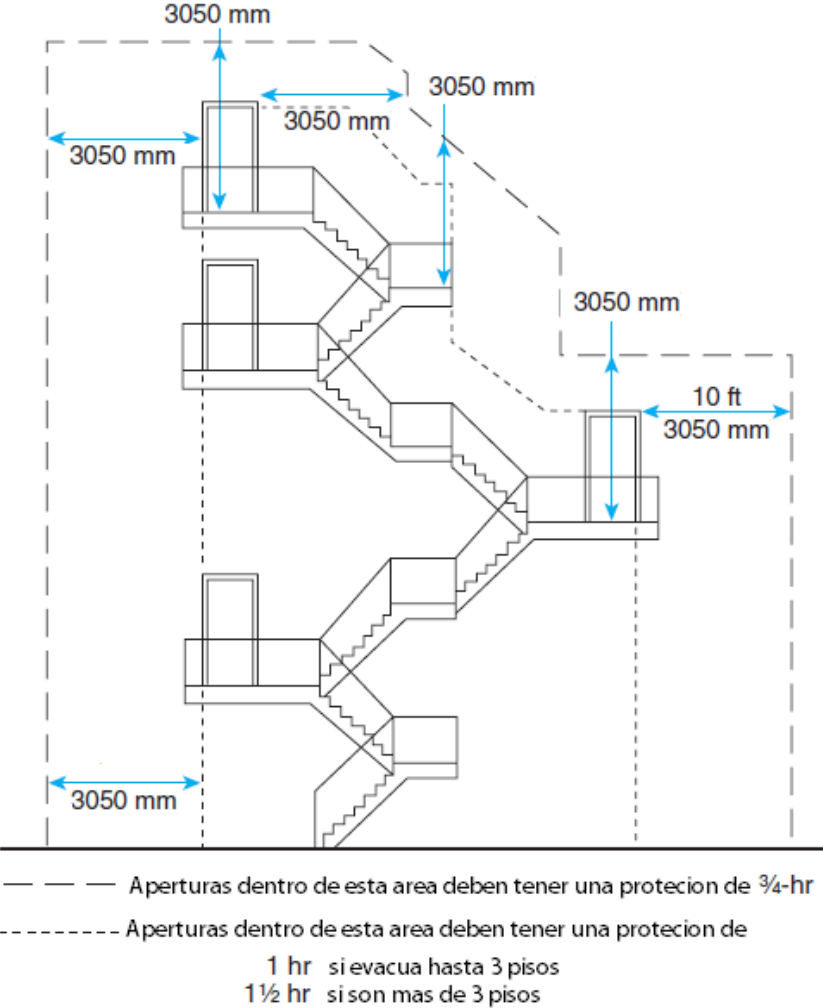


Figura 7.2: Barrera contra incendio en escalera exterior (Coté and Harrington, 2009)

7.5.3 Salida horizontal

Una salida horizontal es una combinación de muros y puertas resistentes al fuego, separando espacios y proporcionando áreas independientes y protegidas en un mismo piso. Esto permite el diseño de dos compartimentos como si fueran edificios independientes.

Recintos con salidas horizontales deben tener al menos una salida adicional ya que, si bien pueden sustituir a otras salidas, no puede cubrir más del 50% de la capacidad.

Las puertas deben estar sin seguro y desbloqueadas en la dirección de evacuación. Es importante que el recinto, a ambos lados de la salida horizontal, tenga espacio suficiente para albergar a los ocupantes de los dos espacios, con una densidad de $0.28 \text{ m}^2/\text{persona}$.

Los muros y puertas deben tener una resistencia mínima de 2h. Como forman parte de una vía de evacuación, las puertas deben permanecer cerradas y cumplir todos los requisitos necesarios para las puertas de las vías de evacuación. Los pisos con salida horizontal deben estar completamente separados del edificio con barreras con la misma resistencia de muros y puertas.

Si se encuentran cerca de muros no protegido cuyo ángulo es menor a 180° , la barrera debe extenderse 305 cm a cada lado, con una resistencia al fuego de 1 h (Figura 7.3). No pueden pasar ductos a través de ella, excepto en edificios que se encuentren protegidos con un sistema de rociadores automáticos.

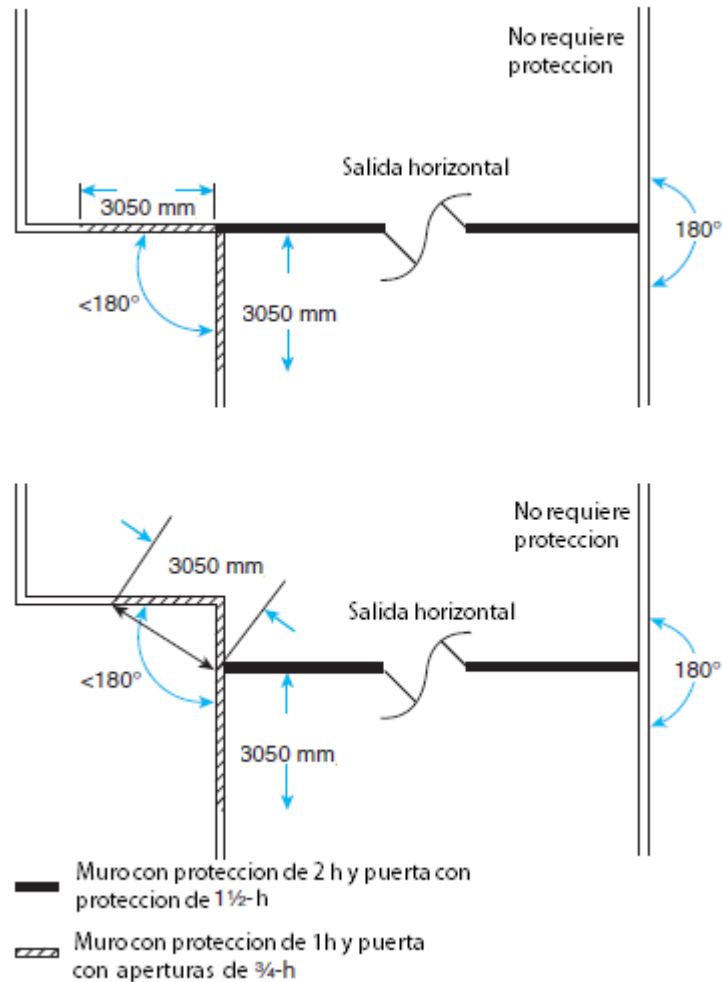


Figura 7.3: Protección de salidas horizontales (Coté and Harrington, 2009)

7.5.4 Pasillos de salida

Pasillos de salida se definen como aquellos corredores que proporcionan una descarga a una escalera, con el mismo nivel de protección y seguridad contra incendios. El ancho mínimo, al igual que las salidas horizontales, depende del número de pisos y de la carga de ocupación. Al funcionar como descarga de una escalera, debe tener la misma capacidad y su ancho no debe ser menor a $2/3$ del ancho de la escalera.

El piso no debe tener perforaciones, ya que no debe permitir el ingreso del fuego, humo y gases tóxicos producto del incendio.

En recintos educacionales, los corredores deben estar separados del edificio por barreras con una resistencia al fuego de 1 h, excepto que los recintos tengan al menos una salida al exterior o se encuentren completamente protegidos por un sistema automático de rociadores. Se hace una excepción con los muros separadores de los baños ya que generalmente se encuentran abiertos a los corredores para evitar incidentes de violencia, sin embargo, se deben separar del resto del edificio por barreras de al menos 1h de resistencia al fuego.

7.5.5 Rampas

La utilización de rampas en las vías de evacuación permite una rápida salida para aquellos con dificultades físicas. Estas deben contar con pasamanos a ambos lados con una altura mínima de 15 cm y para evitar la caída desde la rampa, debe contar con un borde sólido con una altura mayor a 10 cm. En la norma se establecen los requerimientos mínimos respecto a las dimensiones de rampas nuevas y antiguas, como el ancho, altura máxima y pendiente.

Para acceder a una rampa y para salir de ella se deben diseñar descansos, con un ancho no menor al de la rampa. Los descansos de acceso, intermedios o de salidas deben ser prácticamente horizontales (pendiente menor a 1:48), entregando áreas de transición que faciliten su uso por personas con dificultades de movilidad. De ser necesario un cambio de dirección, estos deben ser a través de los descansos y no con rampas curvas.

7.5.6 Áreas de refugio

Un área de refugio es un piso de un edificio que se encuentra completamente protegido con sistema de rociadores automáticos y barreras con una resistencia al fuego de 1 h, brindando un recinto seguro a personas con movilidad limitada, que requieren mayor tiempo de evacuación. En general son usadas en los pisos superiores de edificios altos, donde la instalación de rampas no es factible.

Debe tener acceso a la vía pública o a una escalera protegida que llegue a ella. Esta escalera debe tener un ancho mínimo de 122 cm para permitir el paso de 3 personas trasladando una silla de ruedas. Una alternativa más segura es tener a disposición de los usuarios, elementos para transportar personas que normalmente se desplazan en silla de ruedas. Junto con esto, debe haber personal con la instrucción y experiencia necesaria en el uso de estos elementos.

Si el área de refugio es menor a 93 m² se debe demostrar que se satisfacen las condiciones de seguridad relacionadas con la temperatura y la altura del humo, por un período de 15 min ya que se pueden ver fácilmente afectadas por los gases producto de la combustión. Si el humo se encuentra sobre los 152.5 cm del suelo, su temperatura debe ser menor a 93°C. Si se encuentra bajo los 152.5 cm del suelo, su temperatura debe ser menor a 49°C, debe haber al menos un 16% de oxígeno y la concentración de monóxido de carbono debe ser menor a 30000 ppm/min.

En el caso de usar escaleras como áreas de refugio, se debe brindar espacio suficiente para dejar las sillas de ruedas, sin obstaculizar la evacuación de los usuarios o disminuir la capacidad de la salida. Se debe considerar espacio para al menos 1 silla de ruedas por cada 200 personas, basándose en la carga de ocupación. Sus dimensiones no pueden ser menores a 76 cm x 122 cm, manteniendo el espacio requerido para la vía de evacuación, pero no puede ser menor a 91.5 cm.

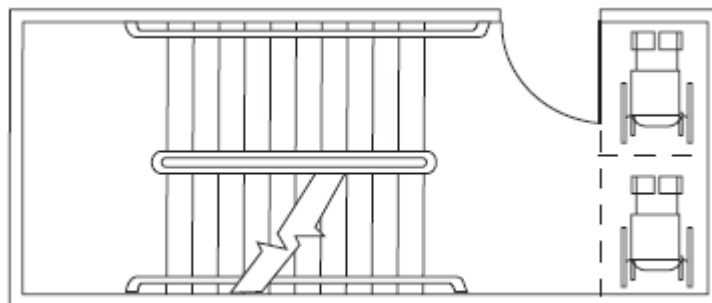


Figura 7.4: Uso de escaleras como área de refugio (Coté and Harrington, 2009)

7.5.7 Protección contra humo

La protección contra el humo busca limitar la cantidad de humo en un recinto, utilizando sistemas basados en el diseño del edificio, como es la compartimentación a través de barreras de humo o la utilización de ventilación natural, o por medio de sistemas automáticos como los sistemas de presurización y de ventilación mecánica. Los recintos protegidos contra el humo deben tener muros con una resistencia al fuego de 2 h y su acceso debe ser a través de un balcón o a través de un hall de acceso.

La activación de los sistemas mecánicos de ventilación o de presurización debe ser a través de detectores de humo ubicados a una distancia máxima de 305 cm de la entrada. Estos sistemas deben mantener el humo a no menos de 1830 cm sobre el último nivel al que tienen acceso los usuarios, para asegurar una evacuación segura y sin peligro de quemaduras o intoxicación producto de los gases tóxicos producto del incendio.

Las barreras de humo, si bien buscan limitar el paso del humo, no buscan proveer recintos absolutamente libres de humo. Las puertas de acceso a recintos protegidos contra el humo deben tener una resistencia al fuego de 1.5 h y deben descargar a la vía pública o a un lugar con acceso directo a ella. Las tuberías y otros sistemas diseñados para el movimiento de aire dentro del edificio deben bloquearse, ya sea automática o manualmente, al activarse los sistemas de alarma para impedir el paso del humo de un recinto a otro.

En el caso de los recintos con ventilación natural con acceso desde un balcón, la puerta debe tener una resistencia al fuego de 1.5 h. Además, debe contar con un área no menor a 1.5 m² de apertura en un muro hacia el exterior, y un ancho mayor a 610 cm.

Los recintos con ventilación mecánica deben tener un hall de acceso y proveer al menos un recambio de aire por minuto. La entrada de aire debe estar ubicada a 15 cm del suelo y no puede ser obstruida al abrir la puerta. El cielo del recinto debe estar a una distancia mayor a 51 cm medidos desde el umbral de la puerta.

El diseño de sistemas de presurización se basa en la temperatura de los gases y la altura del cielo del recinto. Con este sistema se busca generar una diferencia de presión tal que

permita la apertura de puertas, pero no el ingreso de humo debido al flujo de aire desde el recinto protegido hacia el lugar de incendio y/o humo.

Este sistema se puede utilizar en edificios con sistemas de rociadores automáticos y en edificios que no los tengan, pero se deben generar diferencias de presión distintas en cada caso. Si el edificio cuenta con un sistema de rociadores, se debe generar una diferencia de presión de $12.5 N/m^2$, de lo contrario, debe generar una diferencia de presión de $25 N/m^2$.

Los equipos y ductos relacionados con el funcionamiento del sistema de presurización deben estar fuera del recinto o encontrarse completamente protegidos por una barrera con una resistencia de 2h.

7.6 Distancia de viaje

Largas distancias de viaje para alcanzar una vía de evacuación son un factor de riesgo durante un incendio debido a la posibilidad de que éstas se bloqueen, impidiendo el desplazamiento seguro de los usuarios. Los máximos permitidos se basan en factores que consideran la edad, estado físico y el número de ocupantes del edificio, el tipo de construcción por el que deben desplazarse, carga combustible, entre otros.

Al restringir la distancia desde el punto más lejano del recinto hasta la puerta de acceso a un área protegida, se busca disminuir los tiempos de evacuación y con ello mejorar la seguridad. La distancia total se ve afectada por los contenidos de cada lugar, como la decoración, muebles, maquinaria, entre otros, por lo que se debe medir en el suelo, al centro de la línea natural de viaje, curvándose en las esquinas y en la presencia de obstáculos.

En el diseño de las vías de evacuación se debe tener precaución de no generar o minimizar la existencia de pasillos sin salida y de pasillos comunes de desplazamiento. Los primeros se refieren a aquellos donde el usuario no tiene otra salida que por donde

entró. El riesgo de un pasillo sin salida radica en la pérdida de tiempo durante la evacuación y el peligro de que su salida se bloquee, encerrando a los ocupantes.

Los segundos se refieren a un pasillo al que concurren uno o más recintos, donde sólo tienen una dirección para alcanzar una salida u otro pasillo donde puedan elegir entre dos de ellas. Los pasillos comunes de desplazamientos se encuentran constantemente bajo el riesgo de bloqueo de su única salida.

Si bien se permite que existan pasillos comunes y sin salida, siempre es mejor evitarlos. En la Tabla 7.6 se muestran las distancias máximas de viaje y la distancia máxima de pasillos sin salida y pasillos comunes según la ocupación del edificio.

Tabla 7.6: Distancia de viaje

Ocupación		Pasillo común		Pasillo sin salida		Máxima distancia de viaje	
		Sin rociadores [m]	Con rociadores [m]	Sin rociadores [m]	Con rociadores [m]	Sin rociadores [m]	Con rociadores [m]
Asambleas / Reunión	Nuevas	6.1 / 23 (a)	6.1 / 23 (a)	6.1	6.1	6.1	76
	Existentes	6.1 / 23 (a)	6.1 / 23 (a)	6.1	6.1	6.1	76
Educación	Nuevas	23	30	6.1	15	45	61
	Existentes	23	30	6.1	15	45	61
Cuidado diario	Nuevas	23	30	6.1	6.1	46	61
	Existentes	23	30	6.1	15	46	61
Oficina	Nuevas	23 / 30 (b)	30	6.1	15		
	Existente	23/sin límite (c)	30	15	15		

(a) 6.1 m si sirve a más de 50 personas y 23 m si sirve a menos de 50 personas.

(b) 23 m si sirve a más de 30 personas y 30 m si sirve a menos de 30 personas.

(c) 23 m si sirve a más de 30 personas y sin límite si sirve a menos de 30 personas.

Si la vía de evacuación es una escalera exterior, la medición de la distancia de viaje depende de la protección del edificio. Si este no se encuentra protegido y la escalera se encuentra a menor de 305 cm (d_1 en la Figura 7.5) no se considera una salida de emergencia por lo que se debe sumar el desplazamiento por la escalera como parte de la distancia de viaje. Si esta se encuentra a más de 305 cm (d_2 en Figura 7.5) es considerada una salida de emergencia ya que está a una distancia tal que los usuarios no se verían afectados por el incendio, por lo que la distancia de viaje mide hasta el comienzo de la escalera.

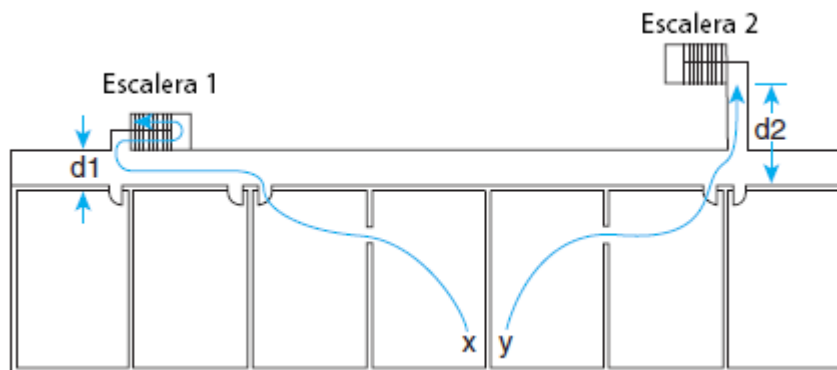


Figura 7.5: Distancia de viaje en escalera exterior (Coté and Harrington, 2009)

7.7 Capacidad de las salidas de emergencia

Los sistemas de evacuación deben tener la capacidad de albergar a todos los ocupantes de un edificio. Una vía de evacuación es tan eficiente como su menor ancho por lo que, en un edificio de varios pisos, el piso con mayor descarga de ocupantes determina el ancho mínimo de las vías de evacuación, con un ancho mínimo de 183 cm.

No es necesario acumular las cargas de ocupación de todos los pisos para determinar las salidas de emergencias necesarias, excepto si existe un piso donde convergen los usuarios de un piso superior y uno inferior. En este caso la capacidad de las salidas de ese piso debe considerar la suma de la capacidad necesaria para evacuar a los usuarios de ambos pisos.

Si se necesitan 2 o más salidas de emergencias cada una de ellas debe tener una capacidad tal que, si una de ellas se bloquea producto del incendio, al menos el 50% de la capacidad quede disponible. La capacidad se determina según la Ecuación 7.

Ecuación 7: Capacidad de las vías de evacuación

$$Capacidad \geq \frac{Ocupación\ total}{Número\ de\ salidas}$$

Las dimensiones mínimas de las vías de evacuación se determinan según la Tabla 7.7, donde se considera un factor de ancho por persona según el nivel de riesgo al que se encuentran sometidas. Las escaleras con un ancho mayor a 112 cm, sin contenido de alto riesgo, pueden aumentar su capacidad usando la Ecuación 8

Tabla 7.7: Factor de capacidad (NFPA 2017a).

Áreas	Ancho por persona (mm)	
	Escaleras	Rampas y pasillos
Contenido de alto riesgo	18	10
Otros	7.6	5

Ecuación 8: Aumento de capacidad (NFPA 2017a).

$$C = 146.7 + \left(\frac{Wn - 1120}{5.45} \right)$$

Donde:

C : capacidad en personas.

Wn : Ancho nominal.

En recintos con alta concurrencia de gente como auditorios, salas de teatro, canchas deportivas, entre otros, sus dimensiones mínimas tienen relación con el número de asientos por fila y de asientos totales en el recinto, altura de la contrahuella de escaleras, existencia de pasamanos y pendiente de rampas.

En general, los ocupantes de un edificio utilizan los accesos con los que se encuentran familiarizados, por lo que se exige la existencia de una entrada principal capaz de evacuar a la mitad de la capacidad del recinto, conectada a una vía de evacuación protegida. Si no existe una entrada principal clara, se permite la distribución de las salidas en el perímetro del edificio, donde la suma de sus anchos no sea menor al necesario para evacuar al 100% de los usuarios. Las salidas complementarias deben ubicarse separadas entre sí para evitar su bloqueo de forma simultánea.

En auditorios o recintos que albergan gran cantidad de personas se deben establecer zonas de captación, es decir, pasillos donde convergen caminos entre filas paralelas de asientos, determinando sus dimensiones en base al uso equilibrado de todas las salidas disponibles, considerando la carga total que converge y la capacidad de cada salida. Sin embargo, si la salida es posible en ambas direcciones, los pasillos de salida deben cumplir con el ancho mínimo requerido para la evacuación de cualquier fracción de la capacidad total del recinto, con la finalidad de evitar estrechamientos a lo largo de este.

Si los pasillos se encuentran en los extremos de la fila de asientos, esta no debe tener más de 100 asientos por filas. Los espacios con capacidad para más de 200 personas, los asientos deben estar fijos al suelo para prevenir que obstruyan los pasillos durante una emergencia, excepto que no haya más de un asiento cada 1.4 m².

7.8 Número de salidas

Siempre debe haber al menos 2 salidas en caso de bloqueo de una de ellas. El número de salidas se determina según la carga de ocupación de cada piso. Si esta se encuentra entre 500 y 1000 personas, debe haber al menos 3 salidas. Si hay más de 1000 personas no puede haber menos de 4 salidas.

En recintos educacionales, cuando la carga es superior a 50 personas o la superficie es mayor a 93 m², debe haber al menos 2 salidas que conecten a recintos protegidos independientes, excepto que la distancia de viaje sea menor a 23 m y la ropa y efectos personales se guarden en casilleros metálicas para disminuir la carga combustible del recinto. De lo contrario, debe tener un sistema de alarma de humo o de rociadores automáticos.

En general, si se cumplen los requisitos de distancia de viaje y la capacidad de las vías de evacuación, indirectamente se cumple con el número mínimo de salidas.

7.9 Disposición de salidas

Las salidas de emergencia se deben ubicar de forma que siempre sean accesibles a los usuarios del edificio, evitando el paso por otros recintos no protegidos, cocinas, bodegas o lugares de alta carga combustible, ya que puede haber una emergencia en estos recintos que bloquee la vía de evacuación. Como no todos los usuarios se encuentran relacionados con el edificio, éstas deben ser fácilmente reconocibles y debe mantenerse sin obstáculos indebidos.

Si hay más de 2 salidas, deben ubicarse de forma de minimizar la posibilidad de que se bloqueen simultáneamente durante un incendio u otra emergencia. La distancia debe ser mayor a $D/2$, donde D es la medida de la mayor diagonal del recinto. En un edificio protegido con un sistema de rociadores automáticos, la distancia puede reducirse a $D/3$, ya que se asume que son capaces de controlar el incendio, manteniendo libre todas las salidas (ver Figura 7.6, Figura 7.7, Figura 7.8, Figura 7.9)

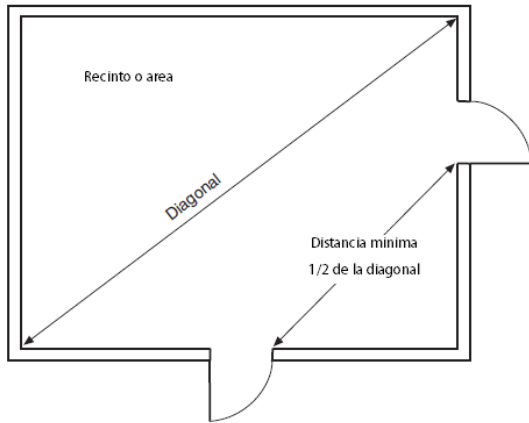


Figura 7.6: Distancia mínima (Coté and Harrington, 2009)

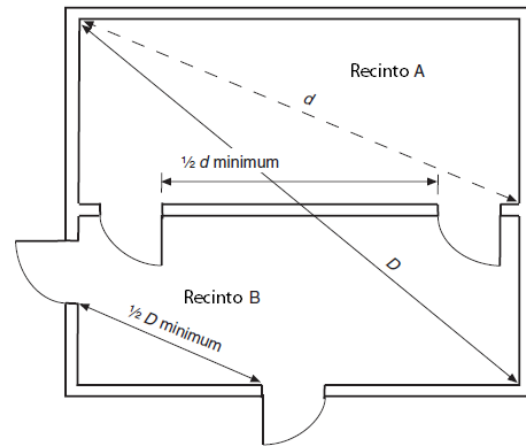


Figura 7.8: Distancia mínima en salidas horizontales (Coté and Harrington, 2009)

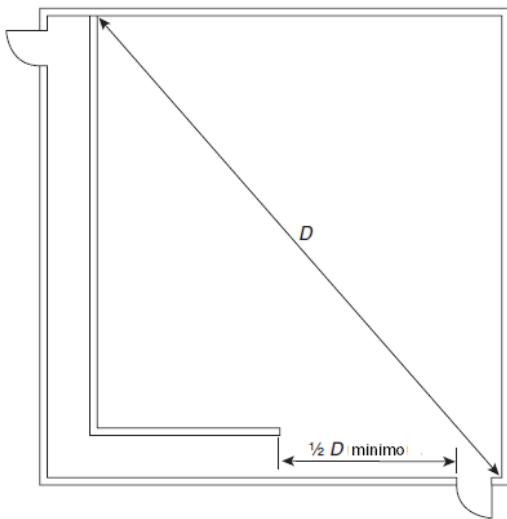


Figura 7.7: Distancia mínima para corredores (Coté and Harrington, 2009)

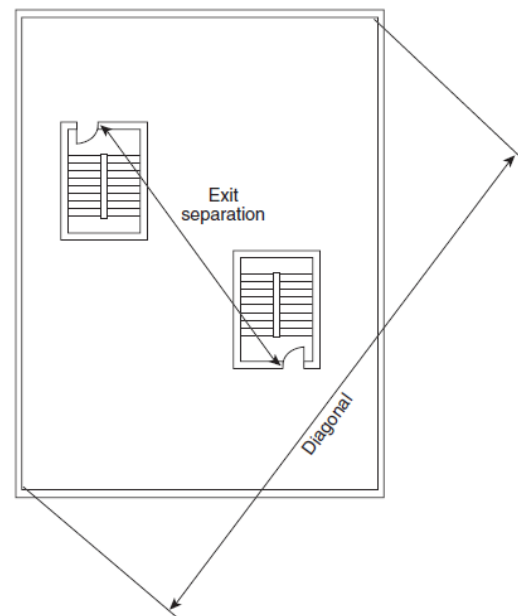


Figura 7.9: Separación entre escaleras (Coté and Harrington, 2009)

Si se utilizan salidas de emergencia abiertas al exterior, los huecos deben cubrir al menor el 50% del total de la superficie para evitar la acumulación de humo. Se debe evitar la existencia de pasillos sin salida o su largo debe ser menor a 610 cm. Si son mayores, se debe aislar la salida con los mismos requerimientos de los pasillos.

7.10 Descarga de salidas

Las vías de evacuación deben descargar directamente en la vía pública procurando que, una vez en ellas, no sea necesario volver a entrar al edificio. Si la descarga se realiza a través de un piso ubicado al nivel de la vía pública, éste no puede tener más del 50% de las salidas requeridas para la carga del edificio ni abarcar más del 50% de la capacidad de evacuación.

El piso de descarga debe estar completamente protegido por un sistema de rociadores automáticos, con el fin de mantener el mismo nivel de protección de la zona vertical de seguridad, excepto que sea un hall de acceso que se encuentra completamente separado del edificio por barreras resistentes al fuego y la salida se encuentra a menos de 305 cm.

En recintos educacionales, los niños pequeños presentes necesitan ayuda de terceros en caso de una emergencia. Para evitar que sean pasados a llevar por alumnos mayores, los recintos utilizados en educación preescolar hasta primero básico deben estar ubicados en el nivel de descarga o un piso más arriba en el caso de alumnos de segundo básico. Dada la presencia constante de profesores, se permite el uso de recintos sobre el nivel de descarga siempre que las salidas de emergencias sean usadas exclusivamente por alumnos de jardín a 2º básico, ya que de esa forma no tienen que competir por el uso de las vías de evacuación con estudiantes mayores.

7.11 Señalización

Es preciso identificar las salidas de emergencia para facilitar su reconocimiento y evitar confusiones, principalmente por la gente que no conoce el edificio. Es esencial su visibilidad desde cualquier punto del recinto a una distancia de 30 m, contrastando con la decoración.

Deben estar ubicadas a una altura de no más de 203 cm medidos desde el umbral de la puerta. Horizontalmente, la distancia no debe ser mayor al ancho de la salida (Figura 7.10)

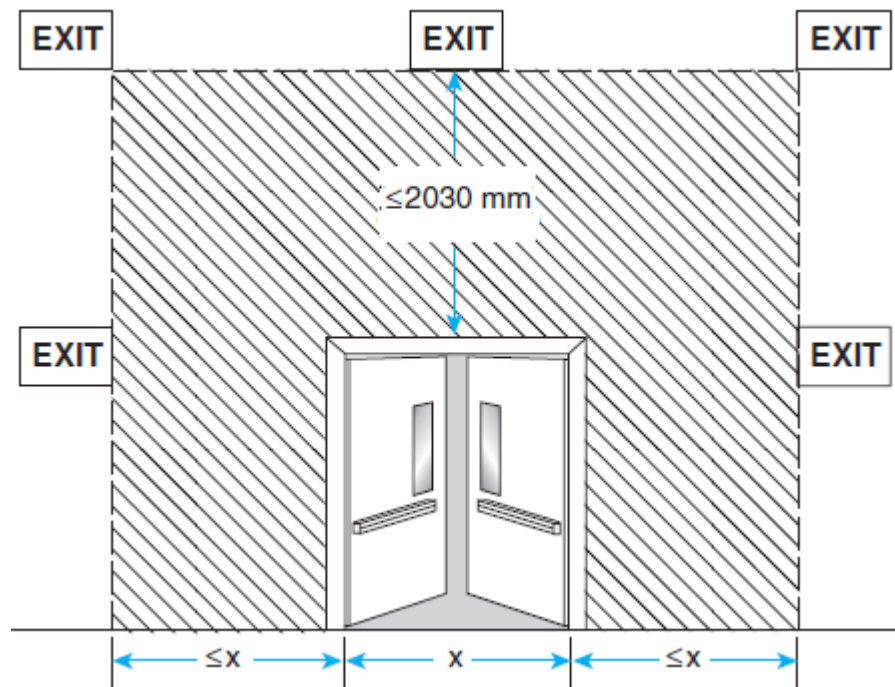


Figura 7.10: Distancia máxima para la señalización (Coté and Harrington, 2009)

Si se requiere iluminación en las vías de evacuación, las señalizaciones correspondientes también tienen que estar iluminadas, pero deben ser legibles con y sin iluminación. Si son iluminadas de forma externa deben tener colores que contrasten, como por ejemplo

letras verdes o rojas en un fondo blanco. Si son iluminadas internamente, pueden ser señales fotoluminiscentes, es decir, que absorben luz natural o artificial para luego poder emitir luz.

7.12 Protección de aperturas verticales

La falta de compartimentación y la rápida propagación del fuego son los factores principales en las tragedias ocurridas durante los incendios. Para que un recinto sea resistente al fuego, todas las aperturas de puertas y ductos deben estar protegidas, limitando la propagación del fuego y el humo de un recinto a otro.

Para esto se utilizan barreras que deben ser resistentes a la exposición directa al fuego y continuas, ya sea de muro a muro o de muro a otra barrera. Para asegurar su continuidad, todas las uniones deben encontrarse selladas. Además, se debe garantizar que las barreras de techo tengan una resistencia mayor o igual a las barreras verticales.

Las aperturas verticales no protegidas son una vía rápida de propagación del incendio. Un incendio en ellas es difícilmente detectado y genera gran cantidad de humo y gases tóxicos. Como se mencionaba, la protección debe ser continua, excepto que el área sea menor a 0.01 m^2 o el edificio se encuentre completamente protegido por un sistema de rociadores automáticos.

El caso de aperturas destinadas al paso de ductos, la resistencia requerida depende del número de pisos conectados: 2h si conecta más de 4 pisos o 1h si conecta menos de 4 pisos. Se permite que la protección no vaya de piso a piso, siempre que tengan una compuerta resistente al fuego.

En el caso de pisos conectados, no se permite que esta sea mayor a 3 pisos, donde el más bajo (o el siguiente piso conectado) corresponde al nivel de la calle. Los pisos conectados no deben tener obstrucciones visuales en ellos, para permitir una rápida detección del incendio y tiene que estar separado del edificio por una barrera con una resistencia no menor a 1h, excepto que se encuentre protegido por un sistema de

rociadores automáticos. En todos los pisos debe existir al menos una salida donde no sea necesario pasar por otro piso, tanto en los pisos conectados como en el resto del edificio.

Si existen atrios (espacio generado por la apertura que conecta 2 o más pisos, alcanzando el piso superior (Figura 7.11)), tiene que estar completamente protegido por un sistema de rociadores automáticos y separado de los espacios adyacentes por una barrera con una resistencia no menor a 1h. Se prohíbe la existencia de materiales peligrosos, los que deben estar en recintos completamente protegidos.

Dada la conexión entre pisos, se debe proveer un sistema de control de humo que asegure 4 a 6 recambios de aire por hora y lo mantenga a una altura mayor a los 183 cm medida desde el suelo del último piso, por el mayor tiempo entre 1.5 veces el tiempo de evacuación o 20 minutos.

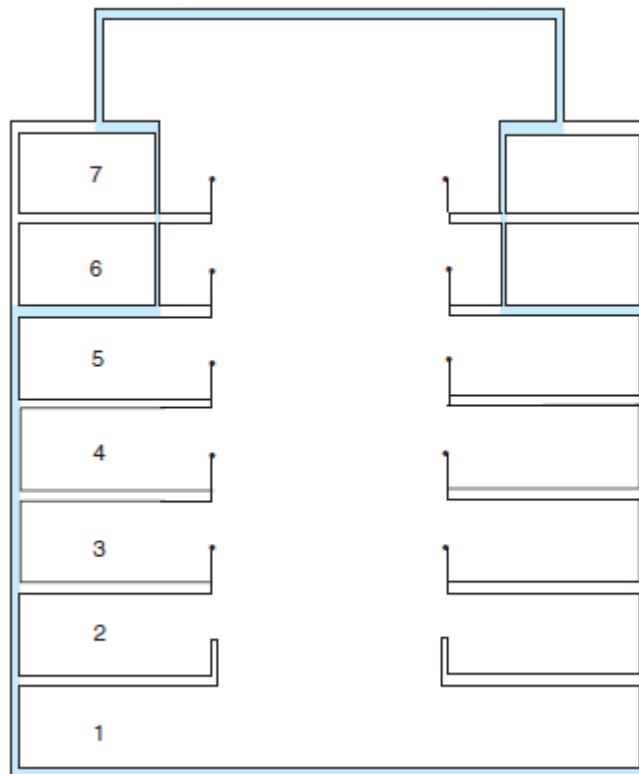


Figura 7.11: Vista de un atrio (Coté and Harrington, 2009)

Las cajas de ascensores deben protegerse, permitiendo no más de 3 ascensores dentro de la misma apertura. Si hay 4 ascensores, deben separarse de forma que haya al menos 2 cajas protegidas. Si hay más de 4 ascensores, no puede haber más de 4 ascensores en la misma apertura.

En establecimientos educacionales, las ventanas hasta el tercer piso de un edificio pueden funcionar como vías de escape complementarias y se establecen sus dimensiones mínimas para tal función. Recintos cuya área sea mayor a 23 m² debe tener al menos una ventana que cumpla con estos requisitos.

7.13 Detección, alarma y extinción

Lugares que no son usados frecuentemente tienen una alta probabilidad de que un incendio no se detecte a tiempo, sin embargo, en recintos educacionales normalmente hay suficiente gente capaz de detectar y dar aviso de un incendio incipiente. La notificación temprana es crucial en los programas de evacuación, aumentando el tiempo disponible y disminuyendo las probabilidades de una tragedia. Se establece que los recintos con una carga de ocupación de 300 personas deben tener un sistema de alarma.

La detección puede ser a través de sistemas de activación manual o por medio de detectores de humo. Los primeros deben estar ubicados en lugares accesibles y despejados para permitir su activación por parte de los usuarios. Su ubicación debe ser visible para aumentar las posibilidades de que un ocupante del edificio la active, de lo contrario, difícilmente alguien la va a buscar durante una emergencia, y a una distancia máxima de 1.5m de la puerta. Si la salida está formada por un conjunto de puertas, cubriendo más de 12.2m, debe haber un activador a cada lado del conjunto.

Los detectores automáticos de humo deben instalarse correctamente teniendo especial cuidado en su ubicación, ya que si están muy cerca de muros o vigas puede ocurrir que no sean capaces de detectarlo (Figura 7.12). En el caso de detectores usados para el cierre automático de ductos de ventilación o activación de cierre automático de puertas, no es necesario que se encuentren conectados a un sistema de alarma.

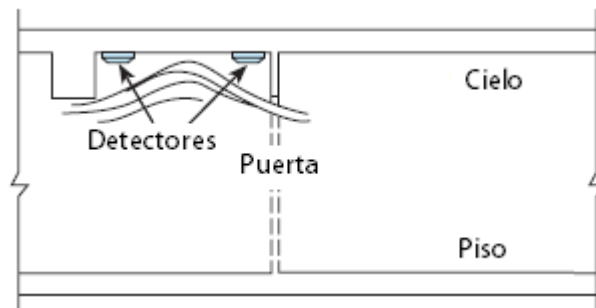


Figura 7.12: Ubicación incorrecta de los detectores de humos (Coté and Harrington, 2009)

La alarma de humo no debe ser activada manualmente ya que puede ser activada por personas en recintos distintos al de la fuente de humo, lo que podría generar el funcionamiento incorrecto de los sistemas de control.

Los sistemas de alarma deben ser diseñados de forma que sean fácilmente reconocibles sobre otro tipo de alarmas que puedan existir en el edificio, escuchándose sobre el ruido promedio existente bajo su ocupación normal. En el diseño se debe considerar el uso del edificio por parte de personas con discapacidad auditiva, entregando un sistema complementario de alarma visual.

La alarma debe operar en todo el edificio, pero si no es viable la evacuación total, primero se debe notificar a las personas ubicadas en las zonas afectadas. Para esto, otros sectores del edificio deben estar protegidos con barreras resistentes al fuego y los usuarios deben ser capacitados constantemente (simulacros, uso de elementos extinguidores, sistemas de alarma, entre otros), lo que les entrega conocimiento básico del edificio.

En recintos de reunión con alta concurrencia de personas, como auditorios y teatros, se permite la activación de la alarma en una sala de control, constantemente monitoreada. De esta forma se busca evitar una situación de pánico en un recinto con alta densidad de personas y manejar la emergencia de acuerdo con los protocolos del edificio.

Los sistemas de extinción dependen del tipo de carga combustible presente en el edificio. Según esto, el agente extintor puede ser agua, dióxido de carbono, polvo químico, entre otros. El sistema automático de extinción más usado es el de rociadores ya que es uno de los más efectivos en la protección de la vida y la propiedad. Parte de su efectividad se debe a la facilidad de supervisión del sistema y que el agua utilizada no es calentada por el incendio. En un edificio completamente protegido por un sistema automático de rociadores, no es necesario su funcionamiento simultáneo si no que puede activarse sólo en las zonas afectadas, limitando el daño a ese sector.

Para edificios con ocupación mixta, donde una de ellas se considera un espacio de reunión con una carga de ocupación superior a 300 personas, se debe proteger con un sistema de rociadores automáticos el piso donde se encuentra el recinto y el piso inferior. Si el recinto clasificado como reunión se encuentra bajo el nivel de descarga, se debe proteger todos los pisos hasta alcanzar el nivel de descarga.

En grandes edificios con ocupación de reunión, que albergan gran cantidad de personas, el mayor peligro radica en la estampida de gente y no en el incendio o la falla estructural del edificio. Por esta razón, esta norma establece los elementos a considerar y analizar en una evaluación de seguridad. Al realizar esta evaluación, se debe demostrar que se han considerado todos los peligros y que las medidas de control son suficientes para asegurar la evacuación segura de todos los ocupantes.

Dado que en los recintos de uso universitario hay una cantidad importante de usuarios que no se encuentran familiarizados con el edificio, es importante la capacitación de personal en las tareas a realizar durante una emergencia, teniendo conocimiento relacionado con la extinción del fuego, protocolos de evacuación, conocimiento de las áreas seguras del edificio, entre otros.

En cambio, en los recintos de educación escolar, los alumnos asisten con regularidad al establecimiento por lo que se recomienda llevar a cabo planes de emergencia y simulacros, mantener el control sobre los riesgos existentes en el edificio y educar a los usuarios, en este caso niños y jóvenes, respecto de cómo, cuándo y dónde evacuar. Se

deben establecer los procedimientos de detección, alarma y extinción, capacitando al personal para que puedan guiar y controlar a los estudiantes durante la emergencia.

Con los simulacros, en días y horas inesperadas, se busca familiarizar a los ocupantes con el procedimiento de evacuación, estableciendo una conducta de emergencia como parte de una rutina. Es importante realizar un simulacro dentro de los primeros 30 días del año escolar donde todos los ocupantes del establecimiento participen para enseñar o recordar las instrucciones.

8 Visitas a terreno

Se visitan colegios y universidades de la región metropolitana mencionados a continuación, pero por razones de confidencialidad no se detalla a que establecimiento corresponden los datos presentados.

8.1 Colegio A

Colegio particular subvencionado fundado en 1996 en Santiago Centro. En 1998 se traslada a la comuna de La Florida, donde funciona hasta la actualidad. A partir del año 2009 se une a la red de colegios EducaUc (actual BostonEduca), institución que ha desarrollado distintos niveles de asesorías para fomentar la gestión de calidad y la excelencia académica del establecimiento.

El colegio imparte cursos desde pre-Kínder a IV Medio (ver

Tabla 8.1) distribuidos en 2 construcciones. La primera, de 1 piso con patio cerrado donde se ubican las salas de clases para preescolar (Jardín Infantil, pre-Kínder y Kínder) y IV Medio. La segunda construcción es un edificio de 2 pisos donde se encuentran las salas de clases de 1º Básico a III Medio, oficinas (administración, sala de profesores, sala de reunión, entre otras), biblioteca y bodegas.

En el edificio de 2 pisos, los recintos se distribuyen por los costados de éste separados por un pasillo que, en ambos extremos, tiene una escalera que conecta los 2 pisos. El pasillo tiene un ancho de 2.15 m y las escaleras de 1.2 m y no hay ascensores. En caso de tener alumnos con una discapacidad física que le impida o dificulte subir escaleras, se redistribuyen los cursos para evitar que el alumno tenga que subir al segundo piso constantemente.

Tabla 8.1: Alumnos por Curso Colegio A

Curso	Alumnos	Superficie (m²)
Jardín	-	-
PK	25	-
K	25	-
1° Básico A	29	38
1° Básico B	29	38
2° Básico A	29	37
2° Básico B	29	48
3° Básico A	25	34
3° Básico B	26	34
4° Básico	32	38
5° Básico A	28	39
5° Básico B	30	39
6° Básico	30	42
7° Básico	29	44
8° Básico	24	40
I Medio	23	39
II Medio	24	39
III Medio	31	48
IV Medio	21	-

En la visita se tiene acceso a las aulas y a la biblioteca, cuyas dimensiones varían como se muestra en la Tabla 8.1, sin embargo, no se tiene acceso a oficinas y salas de profesores.

De las observaciones realizadas, el material de construcción no se pudo determinar debido al estuco y la pintura del edificio, pero hay una mayor probabilidad de que los muros soportantes verticales y divisorios sean hormigón armado o albañilería, con una resistencia al fuego de F-150 y F-90 respectivamente (MINVU 2014). El elemento soportante horizontal es una losa de hormigón armado que, según el Listado Oficial de Comportamiento al Fuego de Elementos desarrollado por el Ministerio de Vivienda y

Urbanismo, tiene una resistencia de F-120 (espesor de 12cm). Dado que sólo es un edificio no es necesaria la existencia de muros cortafuego.

Con un total de 527 personas que usan las dependencias del colegio diariamente, se clasifica como edificio de tipo b según lo establecido en la OGUC (ver Tabla 5.4). Según lo señalado en la Tabla 5.3, sus muros divisorios y soportantes cumplen con la resistencia mínima, al igual que las escaleras y la losa, sin embargo, se desconoce la resistencia al fuego del cielo falso. De acuerdo con lo establecido en la NFPA 101 se clasifica como una estructura de Tipo I 332.

En cuanto a la clasificación y la materialidad de sus elementos, el recinto se encuentra dentro de la normativa exigida por la Ordenanza, a excepción del cielo falso cuyas características técnicas son desconocidas por el personal. Por otro lado, en Anexos A.1 se pueden ver recintos destinados a salas de clases a continuación de recintos destinados a oficinas y bodegas y la NFPA 101 exige una resistencia al fuego de los muros divisorios según el uso de los recintos contiguos. Según la Tabla 7.1, la resistencia al fuego de la separación entre recintos educacionales y oficinas de 2 h y en el caso de bodegas se exigen 3 horas de resistencia, requerimiento que se satisface si el muro es de 20 cm, cuya resistencia sería de 180 min según el Listado Oficial de Comportamiento al Fuego de Elementos.

Esta restricción es difícil de verificar ya que no se dispone de los planos estructurales donde se señale el espeso de los muros. Sin embargo, en el diseño de recintos educacionales se debería considerar la ubicación de recintos como bodegas donde se almacena una gran cantidad de material combustible. En este caso, la bodega y la biblioteca se encuentran enfrentados al lado de una escalera, por lo que se bloquearía una vía de evacuación importante si hay un incendio en uno de estos recintos.

Una diferencia importante se observa en la restricción de la Ordenanza y la NFPA 101 de la carga de ocupación de los recintos. Además, la Ordenanza no exige trabajar con el valor más restrictivo ya que en el Título 4, capítulo 2, referido a condiciones generales de seguridad se establece un factor de carga de 1.5 m²/al., mientras que en el capítulo 5 del

mismo título referido a locales escolares, cuyos requerimientos predominan por sobre el anterior, se establece un factor de 1.1 m²/al.

En la Gráfico 8.1 se puede ver que en todas las salas de clases se verifica la restricción de 1.1 m²/al., pero no así la de 1.5 m²/al. que se cumple en 6 casos. El factor definido por la NFPA (1.9 m²/al.) está lejos de cumplirse.

Según la información entregada por el establecimiento, la ubicación de las salas de clases no es fija y depende de la cantidad de alumnos y sus condiciones físicas, pero no consideran el factor de carga en la elección del sector o al definir el número de alumnos en una sala. La única restricción es la cantidad de mesas que se puedan distribuir en la sala de clases, por lo que es una elección poco rigurosa con relación a las medidas de seguridad.

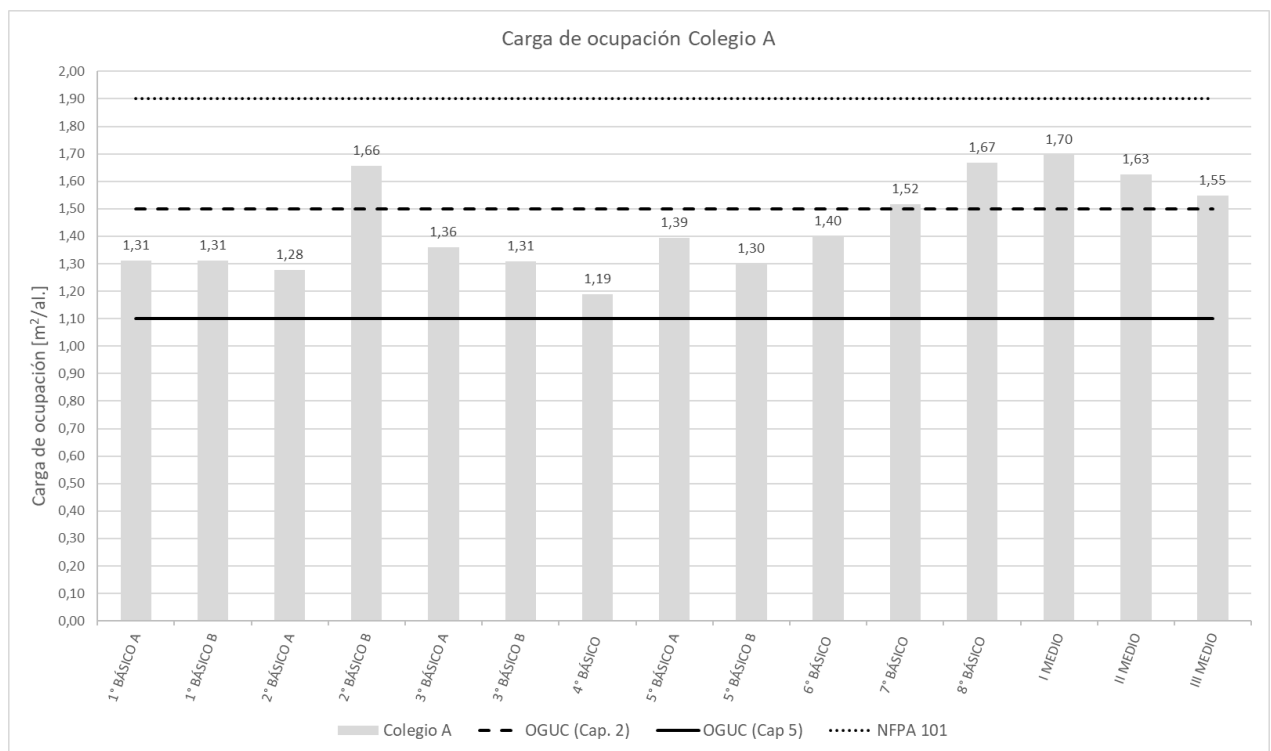


Gráfico 8.1: Carga de ocupación de las salas de clases del Colegio A.

De la información entregada por el establecimiento se deduce que el segundo piso tiene una ocupación de 323 alumnos. El pasillo tiene un ancho de 2.15 m y las escaleras de 1.2 m.

De la Tabla 6.3, el pasillo debe tener un ancho mínimo de 3.1 m por lo que no se cumple con este requerimiento. De la Tabla 7.7 se obtiene que el ancho mínimo según lo establecido en la NFPA es de 1.83 m. Si bien es menor al ancho del pasillo, la NFPA establece que, si las puertas se abren hacia el pasillo, el ancho disponible debe ser de al menos la mitad del requerido, lo que no se cumple.

La disposición de las puertas, si bien está en el sentido del flujo y facilita la salida de los alumnos de las salas de clases, dificulta su desplazamiento hacia las escaleras ya que obstruye parte importante del ancho del pasillo. Si los profesores y encargados no logran controlar la ansiedad y el miedo de los alumnos se pueden provocar graves accidentes.

Las escaleras tienen un ancho de 1.2 m, cumpliendo lo estipulado en la Ordenanza, sin embargo, según el capítulo 2 se requieren 2 escaleras con un ancho de 1.3m mínimo (ver Tabla 6.4) corroborando que la normativa nacional no exige trabajar con los valores más restrictivos.

La NFPA establece un ancho mínimo de 7.6 mm por persona, pero permite aumentar la capacidad de las escaleras cuando su ancho es mayor a 1.12 m. Como se cumple esta condición, se calcula la capacidad de cada escalera según la Ecuación 8.

Cada escalera tiene capacidad para 161 personas (323 personas si se consideran las 2 escaleras). El segundo piso tiene 323 alumnos, pero se deben considerar también los profesores de cada curso por lo que la capacidad de las escaleras se vería levemente superada según lo establecido en la NFPA.

Según la Tabla 6.6 la señalización del edificio debe ser rigurosa. Según los requerimientos mostrados en la Tabla 6.7, se satisface en un 75% de ellos debido a la falta de señalización de lugares de riesgo, como cocina, y de puertas transversales a la vía de evacuación. En ambos pasillos hay extintores disponibles, los que se encuentran

debidamente señalizados. Las vías de evacuación también se encuentran señalizadas, con un distintivo visible desde cualquier punto del pasillo, sin iluminación de emergencia.

En el primer piso hay una puerta transversal al pasillo (acceso al oratorio), donde no se indica que no es parte de la vía de evacuación, sin embargo, ese recinto tiene salida al exterior.

Los sistemas de alarma son manuales, pero no se encuentran accesibles a los alumnos para evitar el mal uso de ellos. Se puede entender que con esta medida quieran evitar falsas alarmas, pero al no tener dispositivos de detección que activen la alarma de forma automática, el proceso de evacuación es más lento y se pone en riesgo a los ocupantes.

Como medida a largo plazo, deberían incluir un plan de educación para explicar y concientizar a los alumnos sobre la seguridad y los sistemas de alarma y extinción existentes. Periódicamente se realizan simulacros enseñando a alumnos y profesores los protocolos de seguridad relacionados con la evacuación. Además, se han realizados capacitaciones relacionadas con los elementos de extinción y su manipulación a los profesores.

Cabe destacar que en el establecimiento ocurrió un incendio en una sala de clases sin mayores daños. Posterior a ese accidente se capacitó a los profesores en el uso de extintores y se dispuso de ellos en los pasillos. También se incorporó toda la señalización que se observa en el establecimiento.

Uno de los requerimientos presentes en la NFPA que no es considerado en la normativa nacional es la cantidad de alumnos por profesor en cursos de preescolar. El alto número de niños por profesor complicaría una eventual evacuación, poniendo en riesgo la seguridad de los menores.

En este caso hay 2 profesoras por curso, por lo que no se satisface la relación señalada en la

Tabla 7.5. En este colegio, particularmente, los IV Medios se ubican en el mismo sector donde se encuentran las salas de preescolar. Si bien no deberían estar en un sector

donde compitan por las vías de evacuación, con las capacitaciones pertinentes podrían ayudar a evacuar a los más pequeños.

8.2 Colegio B

Colegio particular ubicado en el sector periférico de San Bernardo, donde acuden alumnos del sector de San Bernardo, Nos, Pirque y Calera de Tango. Comenzó sus actividades el año 2006 y tiene 621 alumnos, desde Jardín infantil a IV Medio (ver Tabla 8.2), y un equipo docente de 30 personas.

Las actividades se desarrollan en un edificio de 3 pisos, mientras que las oficinas y salas de profesores se encuentran en una construcción independiente ubicada en la zona posterior del recinto. En la Tabla 8.2 se muestra los alumnos por curso y el piso donde se ubican. En Anexos A.2 se presentan diagramas con la disposición de los recintos, dimensiones, número de alumnos y uso.

El edificio se conecta por medio de 3 escaleras no protegidas contra humo ni fuego, una en cada extremo de la construcción y una en el medio, con anchos variables; las escaleras 1 y 2 tienen un ancho libre de 1.80 m mientras que la escalera 3 tiene un ancho libre de 1.60 m. Los pasillos se encuentran abiertos al exterior y tienen un ancho de 2.75 m. En la visita se tiene acceso a todos los recintos del establecimiento excepto al comedor y al taller multiuso.

En Anexos A.2 se puede ver la ubicación de las escaleras y la distribución de extintores y red húmeda, los que se encuentran debidamente señalizados. Las vías de evacuación también se encuentran señalizadas, con un distintivo iluminado, visible desde cualquier punto del pasillo. El establecimiento cuenta con un ascensor, sin embargo, no hay refugios de seguridad que permitan la evacuación segura de personas con movilidad reducida.

Tabla 8.2: Alumnos por curso Colegio B

Curso	Alumnos	Piso	Superficie (m²)	Carga de ocupación
PG	28	1	27.5	0.98
PKA	24	1	27.5	1.15
PKB	22	1	27.5	1.25
KA	20	1	27.5	1.38
KB	24	1	27.5	1.15
KC	21	1	27.5	1.31
1° BÁSICO A	26	2	38.5	1.48
1° BÁSICO B	32	2	38.5	1.20
2° BÁSICO A	29	2	38.5	1.33
2° BÁSICO B	30	2	38.5	1.28
3° BÁSICO A	29	2	38.5	1.33
3° BÁSICO B	32	2	38.5	1.20
4° BÁSICO	29	2	38.5	1.33
5° BÁSICO A	38	3	43.0	1.13
6° BÁSICO	35	2	38.5	1.10
7° BÁSICO A	29	3	38.5	1.33
7° BÁSICO B	28	3	38.5	1.38
8° BÁSICO	38	3	43.0	1.13
I MEDIO	35	3	38.5	1.10
II MEDIO	24	2	38.5	1.60
III MEDIO	25	3	38.5	1.54
IV MEDIO	23	1	38.5	1.67
Casino	-	1	236.28	
Computación	36	2	62.16	1.73
Taller	38	2	157.17	4.14
Laboratorio	38	3	65.30	1.72
Música	38	3	48.15	1.27
Arte	38	3	48.71	1.28
Of inspector 1	1	1	11.38	11.38
Of inspector 2	1	1	11.39	11.38
Of. Inspector 3	2	3	21.88	10.94
Of. profesores 3	4	3	18.42	4.61

El edificio está construido en hormigón armado donde los muros exteriores e interiores tienen un espesor de 20 cm, excepto el muro de la caja del ascensor que tienen 15 cm de espesor. La resistencia al fuego de estos elementos es de 180 min y 150 min respectivamente según el Listado Oficial de Comportamiento al Fuego de Elementos. El elemento soportante horizontal es una losa de hormigón armado de 15 cm cuya resistencia al fuego es mayor a 120 min.

Con un total de 651 personas que usan las dependencias del colegio diariamente, se clasifica como edificio de tipo a según la Tabla 5.4. Por lo señalado en la Tabla 5.3, sus muros divisorios y soportantes cumplen con la resistencia mínima, al igual que las escaleras y la losa. Sin embargo, los muros divisorios de las bodegas que hay dentro de las salas de clase, materializados con Oriented Strand Board (OSB) de 9.5 mm de espesor, no cumplen con la resistencia mínima exigida a muros no soportantes.

La construcción de las bodegas mencionadas se realiza tras una restricción del tamaño de las salas impuesta por la autoridad municipal. Sin embargo, la normativa nacional e internacional no mencionan tal limitación, sino que establece un máximo de personas según el tamaño del recinto y de sus vías de evacuación, lo que no impide que estos se ocupen por menos personas.

Como se muestra en Anexos A.2, las bodegas se encuentran a un costado de puerta por lo que en caso de incendio habría un alto riesgo de que se bloquee la salida de la sala de clases. Además, los tableros de OSB producen una gran cantidad de humo cuando se ven expuestos al fuego (IDIEM 2012) lo que dificulta aún más la evacuación. En el estudio realizado por Garay y Henríquez (2010) concluyen que la aplicación de retardantes de llama en este tipo de tableros presentan una baja incidencia en su resistencia al fuego por lo que es difícil de mejorar las condiciones de las salas de clases.

De acuerdo con la definición establecida en la NFPA 101 se clasifica como una estructura de Tipo I 332.

Como se mencionaba en el acápite anterior, existe una diferencia importante en la exigencia relacionada a la carga de ocupación de los recintos, entre la OGUC y la NFPA 101. Además, no exige trabajar con los valores más restrictivos.

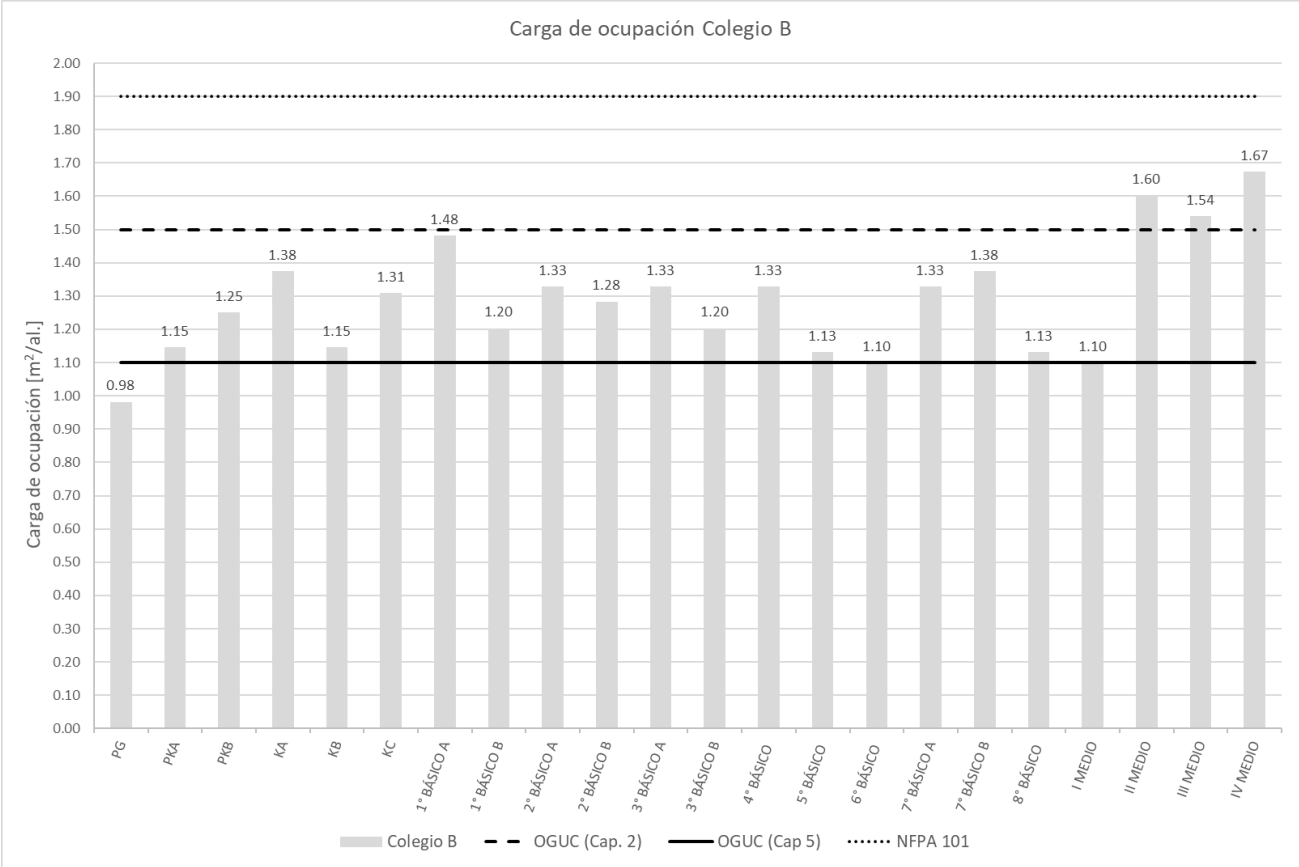


Gráfico 8.2: Carga de ocupación de las salas de clases del Colegio B.

En la Gráfico 8.2 se puede ver que sólo 3 aulas cumplen con un factor de carga mayor a 1.5 m²/al mientras que ninguno alcanza el valor exigido por la NFPA. Cabe destacar que la sala de Jardín Infantil (PG por las siglas usadas en el establecimiento) tiene una carga de ocupación de 0.98 m²/al, muy por debajo de lo requerido en la normativa nacional e internacional estudiadas, que exigen 1.5 m²/al. y 3.3 m²/al. respectivamente.

Al ser niños menores de 5 años, necesitan la ayuda de terceros en la evacuación por lo que es importante la cantidad de personas a cargo de ellos. Sin embargo, en la Ordenanza no existe una restricción al respecto y se pone en riesgo la seguridad tanto de niños como de los profesores a cargo al dificultar su evacuación.

En la Tabla 8.3 se muestra la cantidad de profesores que exige la NFPA 101 según la relación mostrada en la Tabla 7.5. Cada curso actualmente tiene 2 profesores a cargo por lo que no cumple este requerimiento.

Tabla 8.3: Profesores necesarios por curso

Curso	Alumno	Profesores necesarios según la NFPA 101
PG	28	4
PKA	24	4
PKB	22	4
KA	20	3
KB	24	4
KC	21	3

Para determinar el ancho mínimo del pasillo y las escaleras se considera el segundo piso ya que es el con más carga, con una ocupación máxima de 421 personas. Según la Tabla 6.3 el pasillo debe tener un ancho mínimo de 3.0 m, superior a los 2.75m actuales, por ende, no cumple. Según la NFPA se requiere un ancho mínimo de 2.2 m por lo que cumple lo exigido en esta norma.

El ancho mínimo de escaleras es 1.8 m. En el colegio hay 3 escaleras, 2 de 1.8 m de ancho y una de 1.6 m, por lo que cumple ampliamente. La NFPA establece un ancho mínimo de 7.6 mm por persona (Tabla 7.7), pero permite aumentar la capacidad de las escaleras cuando su ancho es mayor a 1.12 m. Como se cumple esta condición, se calcula la capacidad de cada escalera según la Ecuación 8.

Una escalera de 1.8 m de ancho tiene capacidad para 271 alumnos y una de 1.6 m para 235 alumnos por lo que la capacidad total de las escaleras es de 778 personas, superior a la carga máxima del piso.

Según la Tabla 6.6 la señalización del edificio debe ser muy rigurosa ya que el edificio se clasifica como tipo a. Según los requerimientos mostrados en la Tabla 6.7, se satisface en un 100%. Hay 4 extintores en cada piso cuya ubicación se puede ver en Anexos A.2

Periódicamente se realizan simulacros enseñando a alumnos y profesores los protocolos de seguridad. Los sistemas de alarmar no se encuentran accesibles a los alumnos para evitar el mal uso de ellos, por lo que se ha nombrado una persona encargada de su activación en caso de emergencia, conocida por los alumnos por lo que pueden recurrir a esta persona de ser necesario.

Se han realizados capacitaciones a los docentes relacionadas con los elementos de extinción y su manipulación, a cargo de la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS) y, en cada sala de clase, se dispone de mapas de seguridad donde se indica su ubicación y la de las zonas de seguridad. Además, son asesorados por Bomberos de Chile.

8.3 Colegio C

Colegio particular que comenzó sus actividades en 1991 en la comuna de La Reina, recibiendo alumnos de Pre Kinder a 4º Básico. El año 1996 abre una nueva sede en la comuna de Las Condes donde recibe alumnas de 4º Básico a IV Medio para el año 1999 cambiarse a su ubicación actual en La Reina donde integra los estudiantes de ambas sedes. El establecimiento pertenece a la Red Educacional Ignaciana, entregando una educación católica, bajo la dirección de la congregación Compañía de Jesús. Con un total de 577 alumnos (ver Tabla 8.4) y 80 administrativos, el establecimiento recibe 657 personas diariamente.

Sus actividades se desarrollan en un edificio de 3 pisos y un subterráneo, conectados por 2 escaleras con un ancho de 1.35 m. En la visita se tiene acceso todos los recintos excepto al comedor, sin embargo, el encargado aclara que existen turnos de almuerzo para evitar el colapso del lugar. En Anexos A.3 se muestra la distribución de los recintos, dimensiones, número de alumnos y el uso de cada uno de ellos.

El subterráneo está semi enterrado ya que uno de sus lados es abierto hacia el exterior. En este piso hay recintos con gran capacidad como la sala multiuso y el comedor, siendo el segundo de alto riesgo debido a la ubicación de la cocina en la parte posterior. Ambos recintos se encuentran en lados opuestos del edificio y cerca de escaleras abiertas que llegan al primer piso, el que se encuentra al nivel de la vía pública.

En el primer piso se distribuyen salas de clases y oficinas administrativas, donde no hay contenido de alto riesgo. En este nivel, en una construcción independiente están las instalaciones donde se encuentran las salas de clases de jardín infantil, los que cuentan con patio y salida independiente del resto del colegio.

En el segundo piso se pueden ver salas de clases adyacentes a oficinas y salas de reunión como la capilla. El tercer piso hay salas de clases y oficinas. Este nivel se ha construido recientemente, donde faltan las terminaciones de la obra gruesa en la mitad de los recintos, pero cuenta con los elementos de extinción, distribuidos en todo el piso, como se muestra en los diagramas en Anexo A.3.

Tabla 8.4: Alumnos por curso Colegio C

Curso	Alumnos	Piso	Superficie (m²)	Carga de ocupación (m² / persona)
JARDIN A	19	1		
JARDIN B	20	1		
PK A	28	1	45	1.61
PK B	28	1	45	1.61
K A	29	1	45	1.55
K B	28	1	45	1.61
1º BÁSICO A	30	1	45	1.50
1º BÁSICO B	29	1	45	1.55
2º BÁSICO A	25	-1	45	1.80
2º BÁSICO B	22	-1	45	2.05
3º BÁSICO A	27	2	45	1.67
3º BÁSICO B	26	2	45	1.73
4º BÁSICO A	26	2	45	1.73
4º BÁSICO B	26	2	45	1.73
5º BÁSICO A	24	2	45	1.88
5º BÁSICO B	25	2	45	1.80
6º BÁSICO A	23	2	45	1.96
6º BÁSICO B	23	2	45	1.96
7º BÁSICO A	23	3	45	1.96
8º BÁSICO A	22	1	45	2.05
I MEDIO	20	1	45	2.25
II MEDIO	15	3	45	3.00
III MEDIO	18	3	45	2.50
IV MEDIO	21	3	45	2.14
SALA MULTIUSO	-	-1	106.8	-
COMPUTACION	30	-1	60	2.00
LABORATORIO	30	-1	60	2.00
TALLER	30	-1	75	2.50
CAPILLA	30	2	30	1.00

El edificio está construido en hormigón armado con muros de 20 cm de espesor, cuya resistencia al fuego es de 180 min. El elemento soportante horizontal es una losa de hormigón armado que, según el Listado Oficial de Comportamiento al Fuego de Elementos desarrollado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, tiene una resistencia de F-120 (espesor de 12cm)

Con un total de 657 personas que usan las dependencias del establecimiento de 4 pisos, se clasifica como edificio de tipo a según lo establecido en la OGUC (ver Tabla 5.4). Según lo señalado en la Tabla 5.3, sus muros divisorios y soportantes superan la resistencia mínima, al igual que las escaleras, la losa y el techo.

Según lo establecido en la NFPA101 se clasifica como de Tipo II 111 ya que los muros soportantes exteriores e interiores tienen una resistencia de 3 h (180 min), la losa de 2 h y los pilares de 25 x 60 cm tienen una resistencia de 1.5 h según la NTP 39.

Según la Tabla 7.1, la NFPA exige una resistencia al fuego a la separación entre recintos educacionales y oficinas de 2 h y en el caso de bodegas se exigen 3 horas de resistencia. Estos requerimientos que se satisfacen en ambos casos ya que los muros tienen un espesor de 20 cm y, por ende, una resistencia de 180 min según el Listado Oficial de Comportamiento al Fuego de Elementos.

Una diferencia importante se observa en la restricción de la Ordenanza y la NFPA 101 de la carga de ocupación de los recintos. Además, la Ordenanza no es clara ya que en el Título 4, capítulo 2, referido a condiciones generales de seguridad se establece un factor de carga de 1.5 m²/al., mientras que en el capítulo 5 del mismo título referido a locales escolares se establece un factor de 1.1 m²/al.

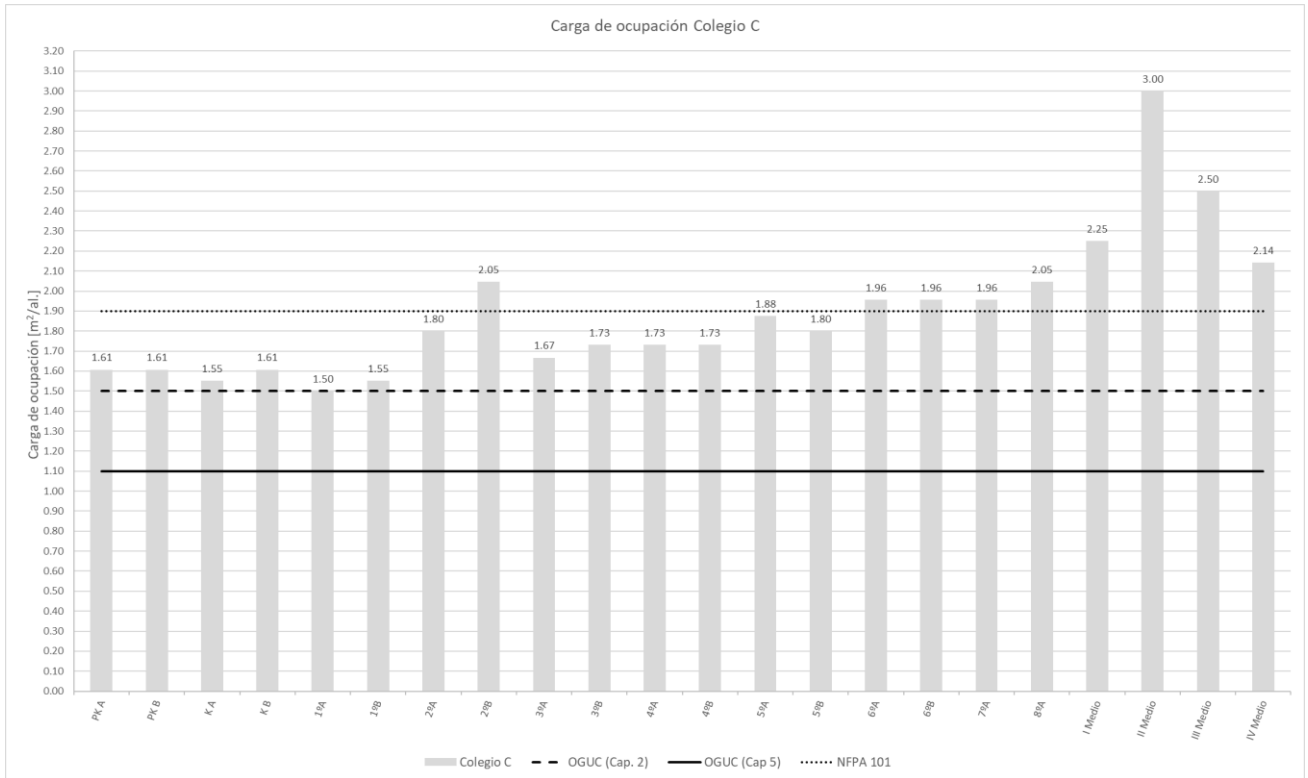


Gráfico 8.3: Carga de ocupación de las salas de clases del Colegio C

En la Gráfico 8.3 se puede ver que todas las salas de clases cumplen con un factor de carga mayor a 1.5 m²/al, pero sólo el 41% de ellas alcanzan el valor exigido por la NFPA. Cabe señalar que el laboratorio cumple con el factor exigido en el Capítulo 5 (1.5 m²/al) pero no el del Capítulo 2 que es más restrictivo (5 m²/al), sin embargo, cumple lo establecido en la Ordenanza.

Cabe señalar que todas las salas de clases tienen una alta carga combustible debido a la instalación de estantes en dos muros de ellas, donde se almacena gran cantidad de materiales, principalmente libros, trabajos y materiales plásticos. En los cursos hasta 2º básico hay muros donde más del 20% de ellos se encuentra cubierto por información o trabajos realizados por los alumnos. Además, todos los cursos disponen de una estufa a gas, elemento de alto riesgo tanto por la posibilidad de incendio como por la posible emisión de gas debido a una mala manipulación.

Todas las salas de clases tienen una salida de 1,2 m de ancho a un pasillo de 2.4 m. Hay sectores donde el ancho del pasillo se ve disminuido a 1,9 m debido a la instalación de casilleros metálicos. En Anexos A.3 se puede ver que en el segundo piso se encuentran instalados en todo el largo del pasillo. En el tercer piso probablemente ocurra lo mismo una vez que se encuentre terminada la nueva construcción y los recintos se encuentren ocupados.

De la Tabla 6.3, el pasillo debe tener un ancho mínimo de 2.05 m, superior al ancho libre real (1.9 m). De la Tabla 7.7 se obtiene que el ancho mínimo según lo establecido en la NFPA es de 1.83 m. Si bien es menor al ancho del pasillo, la NFPA establece factores de carga de ocupación mayores que la Ordenanza por lo que por lo que los valores no fácilmente comparables.

A cada extremo del edificio hay una escalera abierta, con un ancho de 1.35 m por lo que cumple con lo establecido en la Tabla 6.3. La NFPA establece un ancho mínimo de 7.6 mm por persona, pero permite aumentar la capacidad de las escaleras cuando su ancho es mayor a 1.12 m. Como se cumple esta condición, se calcula la capacidad de cada escalera según la Ecuación 8.

Cada escalera tiene capacidad para 189 personas (379 personas si se consideran las 2 escaleras). El segundo piso (con mayor cantidad de alumnos) tiene 230 alumnos, por lo que la capacidad de las escaleras no se vería superada según lo establecido en la NFPA.

Las escaleras se encuentran ubicados en lados opuestos del edificio, dificultando que ocurra un bloqueo simultáneo, sin embargo, no tienen capacidad para evacuar a todos los ocupantes por sí sola.

En cuanto a la distribución de los cursos, en el subterráneo sólo se encuentran los 2 básicos, pero ante una emergencia, puede compartir las vías de evacuación con cursos mayores que se encuentren en el laboratorio, sala de computación y de arte en ese minuto. Poniendo en riesgo a los alumnos menores que pueden ser pasados a llevar por los mayores. El primer piso lo comparten niños de pre-kínder a 1º básico con 8º básico y I Medio. Como se encuentran en el nivel de descarga, no deben competir por el uso de

escaleras u otras vías por lo que no hay peligro para los alumnos. Lo mismo ocurre en los pisos superiores, donde se distribuyen los cursos desde 3º básico a IV Medio.

Como se mencionó anteriormente, los alumnos de jardín infantil se encuentran en un edificio contiguo con salidas independientes. No se tiene información respecto de la relación entre el número de profesores a cargo y de los niños de este nivel que, según la Tabla 7.5 debería haber 1 profesor cada 7 alumnos de entre 3 y 5 años. Por lo que cada curso debería tener 3 profesoras a cargo.

Según la Tabla 6.6, la señalización del edificio debe ser rigurosa, la que no se satisface debido a la falta de señalización de las vías de evacuación, sin embargo, su ubicación es evidente desde cualquier punto del edificio. Además, debido al tipo de edificio, toda la señalización debe contar con iluminación de emergencia.

En los diagramas presentados en Anexos A.3 se puede ver la distribución de los extintores y red húmeda en todo el edificio debidamente señalizados, pero sin iluminación de emergencia. Además, dispone de una red inerte para el uso exclusivo de bomberos.

En los pasillos se pueden ver dispositivos de activación de alarma desconectados. Anteriormente contaban con dispositivos de activación manual distribuidos en el establecimiento, pero se decidió centralizar el sistema debido al mal uso dado por los alumnos. Respecto a la enseñanza de los protocolos de evacuación en caso de una emergencia, sólo se realizan los simulacros oficiales organizados por el Ministerio de Educación y la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior (ONEMI).

Como medida a largo plazo, deberían incluir un plan de educación para explicar y concientizar a los alumnos sobre la seguridad y los sistemas de alarma y extinción existentes. De esta forma podrían reconectar las alarmas manuales y minimizar su mal uso.

8.4 Universidad 1

Universidad privada fundada en 1988 que actualmente tiene 9 campus donde se imparte 18 carreras de pregrado, diplomados y magister en diversas áreas. Se analizan 2 edificios de uno de sus campus donde hay salas de clases, oficinas, auditorios, biblioteca, centros de investigación, laboratorios y hospital veterinario. Cabe señalar que el establecimiento no entrega información sobre sus instalaciones, por lo que se desconocen los materiales utilizados, capacidad y cantidad de personas que utilizan cada recinto. De todas formas, se realiza un análisis cualitativo de ambos edificios identificando la ubicación de elementos extintores, señalizaciones correspondientes, estados de las vías de evacuación, entre otros.

El primer edificio por analizar es el Edificio F, que tiene 6 pisos y un subterráneo. En el subterráneo hay laboratorios, salas de clases, oficinas y una sala multiuso como se puede ver en los diagramas presentados en Anexos A.4.2. En los pisos superiores hay un auditorio, una biblioteca, salas de estudio y oficinas.

Todos los recintos del subterráneo tienen salida a un pasillo central, desde donde se tiene acceso a 3 escaleras protegidas, y tienen al menos un extintor en su interior. Los laboratorios donde se manejan materiales peligrosos como químicos explosivos o agentes intercalantes, cuentan con campanas de ventilación en cada mesón de trabajo para permitir la eliminación de gases tóxicos.

Los cursos que utilizan los laboratorios generalmente son de 60 alumnos, pero se desconocen las dimensiones para determinar su capacidad real. En los laboratorios que usan químicos peligrosos pueden llegar a trabajar en grandes grupos, quedando algunos muy alejados de las salidas. En cambio, las salas de clases tienen dos salidas al pasillo central, una a cada costado.

A un costado de los ascensores, que se encuentran al lado de las escaleras, ubicados en una zona protegida, hay un plano de la planta donde se muestra la ubicación de las salidas de emergencia y la ubicación de los elementos de seguridad como extintores, red húmeda y red seca. Estos planos, al estar ubicados en la zona de seguridad, son poco accesibles para gente que desconoce la ubicación de las salidas de emergencia, pero

servirían en caso de ser necesarios elementos de extinción y para bomberos en caso de que requieran ubicar la red seca, húmeda o inerte. Cabe señalar que cada uno de estos elementos se encuentran debidamente señalizados, al igual que las vías de evacuación, y cuentan con iluminación propia.

El primer piso tiene un hall central con una doble altura. Al lado izquierdo está el auditorio y la biblioteca a la derecha. A un costado del acceso a la biblioteca hay casilleros metálicos disponibles para que los estudiantes dejen sus materiales. En el interior cuenta con espacios amplios y estantes separados, lo que permitiría una fácil evacuación durante una emergencia. A continuación de la biblioteca hay un casino, al que se tiene acceso de forma independiente y en cuya parte posterior se encuentra la cocina. Como el establecimiento universitario no entrega información de sus edificios, se desconoce el espesor y materialidad del muro que separa estos recintos.

En el segundo piso de la biblioteca se distribuyen salas de estudio y una pequeña sala de computación. Como se puede ver en el diagrama, a lo largo del piso hay elementos de protección contra incendio, todos debidamente señalizados. En el tercer piso hay dos espacios amplios con mesas utilizados por los estudiantes como zona de estudio y ambos tienen acceso a una escalera abierta. En este piso hay 3 accesos a las oficinas de docentes, investigadores y administrativos del recinto universitario.

La distribución del cuarto al sexto piso es similar, variando las dimensiones de las oficinas. Hay dos escaleras protegidas ubicadas en la zona central del edificio, que permiten una evacuación segura de los ocupantes. Al costado de los ascensores hay un plano de la planta donde se indica la ubicación de las vías de evacuación y de los elementos de extinción. Al ser sólo oficinas, los ocupantes asisten diariamente por lo que conocen la ubicación de elementos de extinción, lo que no quiere decir que sepan cómo usarlos. Es importante que haya gente capacitada para asistir en caso de emergencia, o en su defecto, que se capacite a los ocupantes del edificio.

El otro edificio para analizar es un conjunto de 5 edificios de 4 pisos conectados por el pasillo. En ellos hay salas de clases, laboratorios, oficinas y un hospital veterinario, distribuidos como se muestra en los diagramas de Anexos A.4.1. El conjunto cuenta con

4 escaleras abiertas que descargan en el primer piso, a cuyo costado hay un extintor y una red húmeda disponible. Los edificios A y E, ubicados en los extremos son los que se encuentran en mayor peligro ya que tienen acceso a 1 escalera. En caso de bloqueo, no tienen una vía de evacuación alternativa, no así en los otros edificios donde los alumnos se pueden desplazar por pasillos comunes hacia otra escalera.

En el primer piso del edificio A hay oficinas, del C hay salas de clases, en el D están los laboratorios de simulación y en el E se encuentra el hospital veterinario. El edificio B se encuentra en reparación.

Los laboratorios de simulación abarcan todo el primer piso del edificio D, separado interiormente de forma de simular un recinto hospitalario. En estos laboratorios, al ser de simulación, son utilizados por carreras del área de la salud, pero no se manipulan químicos peligrosos. Tiene 2 salidas, una en cada costado, donde tienen acceso a extintores y red húmeda.

El hospital veterinario ocupa todo el primer piso del edificio E. Al entrar se llega a una sala de espera, para posteriormente acceder a la consulta de los médicos veterinarios. En la parte trasera hay salas de rayos x, salas de cirugía, salas de recuperación, entre otros. Dado que es un hospital docente, se atienden animales y a la vez se enseña a los estudiantes de medicina veterinaria los procedimientos a realizar.

La distribución del segundo piso es similar, pero cuenta con salas de clases sobre el hospital veterinario. Cada edificio tiene 8 salas, 4 a cada lado del pasillo, distribución que se repite en el tercer y cuarto piso.

Las salas de clases son utilizadas por curso de 30 a 70 alumnos según el tamaño de la sala de clases, con 2 salidas hacia el pasillo central antes mencionado. Se desconocen las dimensiones de estos recintos, no se puede determinar su capacidad real. Hay salas de clases que sólo se abren desde el interior con un interruptor. Es importante que estos sistemas se desbloquen cuando se activan alarmas.

Por lo mismo no se puede hacer una comparación de las exigencias de cada norma para estos recintos ya que no hay información relacionada con la cantidad de personas que utilizan el edificio. Por información entregada por alumnos del lugar, esta universidad no realiza simulacros no se les ha explicado como proceder en caso de una emergencia.

Pese a lo anterior, como visitante externo es fácil recorrer el edificio A al E. Las vías de evacuación son evidentes y los elementos de extinción se encuentran señalizados y son fáciles de ubicar. Lo mismo ocurre en el Edificio F.

8.5 Universidad 2

Se analizan 5 edificios de una facultad de esta Universidad donde se distribuyen salas de clases, auditorios, oficinas y bibliotecas. El detalle de la distribución de los recintos y ubicación de los elementos de emergencia de cada edificio se pueden ver en Anexo A.5.

8.5.1 Edificio A, edificio B y edificio C

El Edificio C, inaugurado en 1975, consta de 3 subterráneos y 7 pisos. El año 2015 se inauguraron los edificios A y B que se encuentran unidos por una placa de 6 subterráneos y tienen 7 pisos sobre la superficie. En el primer subterráneo se conectan las 3 torres.

A pesar de tener un subterráneo conectado, el edificio C se analiza de forma independiente, dado que tiene zonas de seguridad y sistemas de protección independientes.

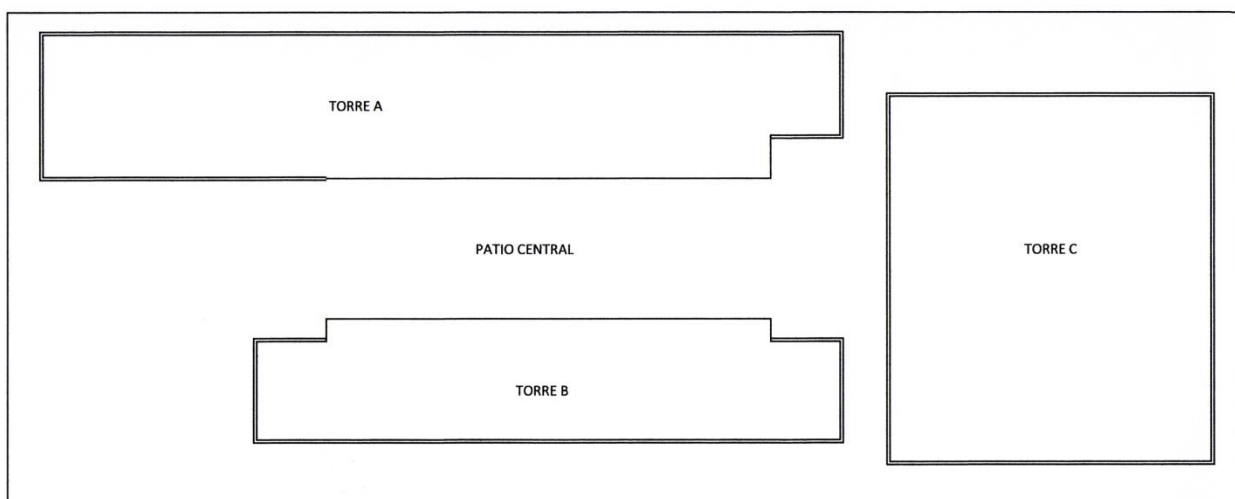


Figura 8.1: Ubicación de las torres de los edificios A, B y C.

8.5.1.1 Edificio C

En tercer subterráneo tiene sólo bodegas utilizadas por distintos departamentos de la facultad. A este se puede acceder por ascensor y por una escalera protegida y presurizada. No se tiene información sobre el material almacenado ni de la materialidad de las divisiones entre ellas, por lo que se desconoce la carga combustible y el nivel de compartimentación del subterráneo. Se encuentra conectado al subterráneo 2 por una escalera que, en el piso superior está separada del subterráneo por un tabique de resistencia al fuego desconocida.

En el segundo subterráneo también hay bodegas, además de oficinas y salas de equipos. En el primer subterráneo, conectado a los edificios A y B, hay oficinas, salas de estudio y laboratorios de computación. Los laboratorios son espacios abiertos donde se distribuyen mesones con computadores a disposición de los alumnos. Para acceder a las instalaciones hay una puerta que debe ser desbloqueada con tarjeta de identificación.

Este piso cuenta con tres accesos: una escalera protegida en toda la altura del edificio; una escalera no protegida que lo conecta con los pisos superiores y acceso desde el primer subterráneo que conecta las torres A y B.

El primer piso, con acceso desde un patio central (Figura 8.1) tiene salas de clases al igual que el segundo piso, cuya capacidad y dimensiones se muestran en la Tabla 8.5.

Al segundo piso se puede acceder por dos escaleras de 1.4 m de ancho, una protegida y otra no protegida. Ambas llegan a un hall separado de las salas de clase por mamparas de vidrio. Lo mismo ocurre en los pisos superiores, pero desde el piso 3 hacia arriba, el acceso se realiza con tarjeta de identificación. En estos hay principalmente oficinas de distintos departamentos de la facultad destinados a docentes, investigadores y alumnos (ver Anexos A.5.1).

Tabla 8.5: Capacidad de salas de clase Edificio C

Piso	Sala	Superficie (m²)	Capacidad	Carga de ocupación (m²/ persona)	N.º Salidas	
1	B01	63.00	63	1.00	1	
	B05	26.16	24	1.09	1	
	B06	24.56	22	1.12	1	
	B07	62.94	63	1.00	1	
	B08	113.60	108	1.05	2	
	B09	63.13	63	1.00	1	
	B10	20.53	22	0.93	1	
	B11	21.36	22	0.97	1	
	B12	22.36	22	1.02	1	
	B13	22.50	22	1.02	1	
	B14	62.61	60	1.04	1	
	B15	128.43	120	1.07	2	
	2	C01	83.45	64	1.30	1
		C02	40.76	25	1.63	1
		C03	30.73	12	2.56	1
C04		40.68	22	1.85	1	
C05		84.20	64	1.32	1	
C06		120.40	105	1.15	2	
C07		83.67	64	1.31	1	
C08		39.68	20	1.98	1	
C11		83.39	63	1.32	1	
C12		151.86	128	1.19	2	

Se puede ver que no todas las salas de clases tienen 2 salidas por lo que se podrían boquear con facilidad. Si además consideramos que no todas cumplen con la capacidad máxima exigida según su tamaño, el riesgo es mayor ya que aumenta el tiempo de evacuación.

Cabe señalar que todo el perímetro del edificio es de hormigón armado. Además, es soportado por columnas de hormigón armado en toda la altura del edificio y el elemento soportante horizontal en cada piso es una losa del mismo material. Todos estos elementos tienen una resistencia al fuego de al menos 120 min.

Si bien no siempre se usan las salas de clases en su máxima capacidad ni se usan simultáneamente, esta sería la condición más desfavorable. Con una ocupación superior a 500 personas en el segundo piso, un edificio de 7 pisos y 3 subterráneos se clasifica como un edificio de tipo a según la Tabla 5.4.

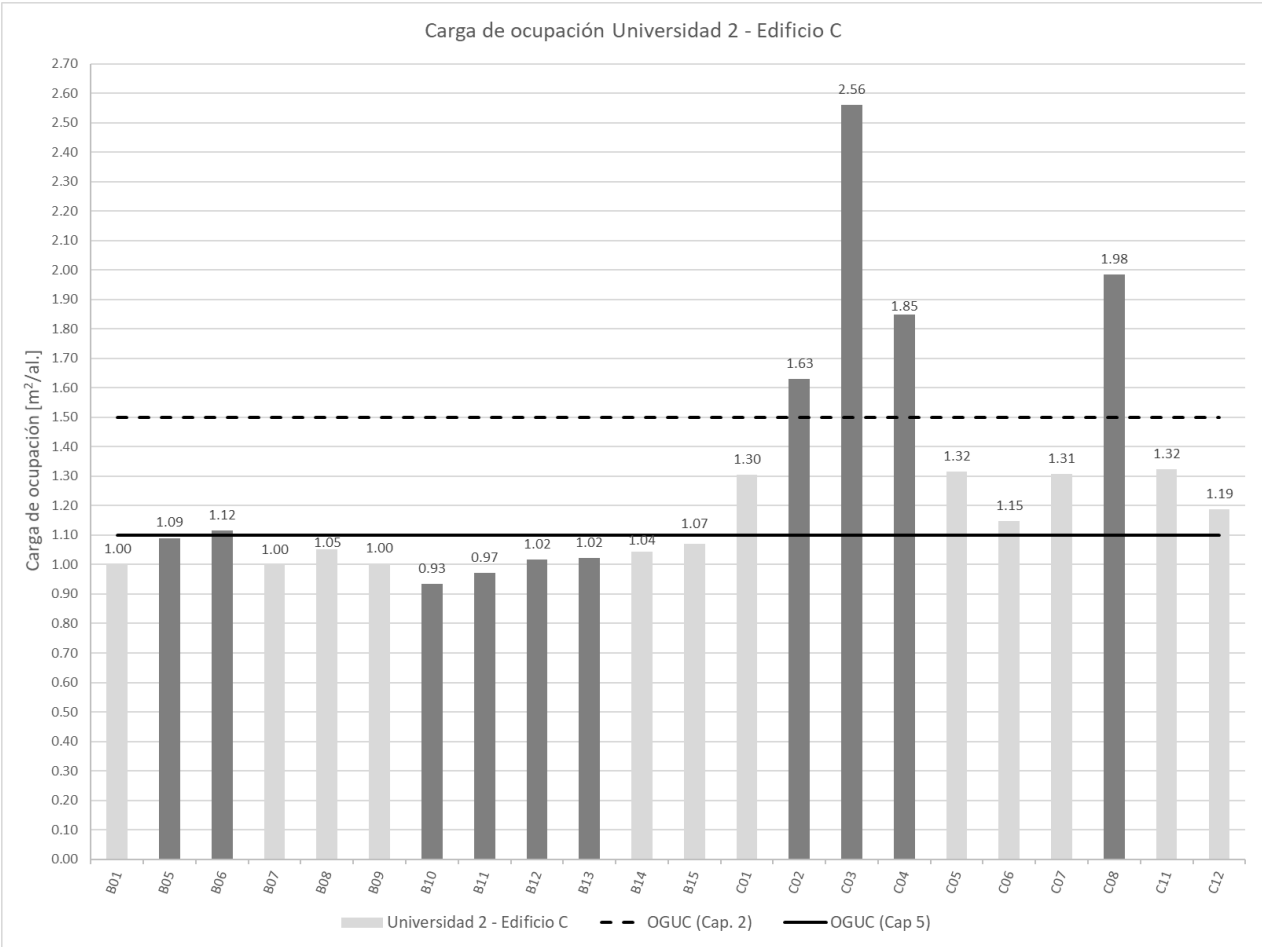


Gráfico 8.4: Carga de ocupación de las salas de clases del Edificio C, Universidad 2.

De acuerdo con la definición establecida en la NFPA 101, las salas de clases se clasifican como recintos de reunión u oficina según su capacidad, siendo la primera la condición más desfavorable. Por otro lado, piscinas y gimnasios también se clasifican como recintos de reunión cuyo factor de ocupación según esta norma se puede ver en la Tabla 7.4. En cuanto a las restricciones de altura el Edificio C exigida en esta norma, no cumplen los requisitos establecidos en la Tabla 7.3 ya que no tiene un sistema de rociadores automáticos por lo que no se permite la existencia de subterráneos.

Con respecto a la carga de ocupación de las salas de clases, en la Gráfico 8.4 se puede ver que solo algunas aulas cumplen el con la carga de ocupación exigida por la OGUC ($1.1 \text{ m}^2/\text{al.}$). Además, la Ordenanza exige que los recintos con una superficie mayor a 60 m^2 tengan al menos 2 salidas a una distancia suficiente tal que ofrezcan salidas independientes. En la Tabla 8.5 se puede ver que la mayoría de ellos tiene solo 1 salida.

La diferencia en el color de las columnas tiene relación con el factor de carga exigido por la NFPA 101. Como se mencionaba anteriormente, los recintos se clasifican como oficina o recinto de reunión según su capacidad, con un factor de carga de $9.3 \text{ m}^2/\text{al.}$ y $1.4 \text{ m}^2/\text{al.}$ respectivamente. Los recintos más oscuros son aquellos clasificados como oficina y los más claros como reunión y en ninguno de ellos se alcanzan los valores exigidos.

Respecto a las dimensiones de las salidas, en el Edificio C se considera el segundo piso dado que es el con mayor carga de ocupación. Si bien el edificio tiene dos escaleras que lo conectan en toda su altura, solo una se encuentra protegida y se considera como parte de las vías de evacuación. Esta tiene un ancho de 1.4 m , menor al mínimo que exige la norma si se considera una ocupación completa.

8.5.1.2 Edificio A y B

Respecto al Edificio A y B, los subterráneos 4, 5 y 6, son muy similares. Los tres son estacionamientos con capacidad para 150 vehículos, además de algunas bodegas. En el subterráneo 6 se encuentran también los estanques de agua que abastecen el sistema de rociadores automáticos instalados en el edificio. Se dispone de 4 zonas verticales de seguridad, que conectan todos los subterráneos, y en los pisos superiores corresponden 2 a cada torre, ubicándose en los extremos de estas.

Los estacionamientos tienen extintores y nichos conectados a la red húmeda distribuidos en toda la planta, visibles y debidamente señalizados, así como también lo están los tableros eléctricos. A un costado de cada zona vertical de seguridad hay una palanca de activación manual de alarmas. Las puertas son de acero y acceden a un vestíbulo donde se encuentran más implementos de seguridad, como mangueras conectadas a red húmeda y extintores. La puerta para acceder a la escalera se encuentra permanente bloqueada, pero el edificio tiene sistemas de desbloqueo automático ante una emergencia.

Los estacionamientos se clasifican como recintos de almacenamiento (*storage occupancies*). Si bien tiene requerimientos similares a los recintos de reunión en cuanto a protección, señalización, iluminación, entre otros, se exige un mayor número de salidas. Para una carga entre 500 y 1000 personas debe haber mínimo 3 salidas disponibles, mientras que para cargas superiores se debe disponer de al menos 4 salidas.

En el tercer subterráneo se encuentran los recintos deportivos. Hay dos multicanchas con sus respectivas bodegas de implementos, separadas por un atrio que conecta 3 pisos. A los costados hay un gimnasio, salas multiuso y oficinas (ver Anexos A.5.1). Ambas multicanchas tienen galerías por lo que su carga de ocupación varía según el evento deportivo que se desarrolle.

En el segundo subterráneo se encuentran los laboratorios docentes y los laboratorios de investigación, uno en cada costado del edificio, separados del pasillo por mamparas de vidrio. Además de las escaleras protegidas, este piso se conecta con el superior por dos

escaleras no protegidas y una escalera de caracol ubicada en el medio del atrio que va desde el tercer subterráneo hasta el primer piso.

En el primer subterráneo se distribuyen salas de clase cuyas dimensiones y capacidad se presentan en la Tabla 8.6, además de un taller y piscina, ambos separados del pasillo por mamparas de vidrio. Si bien las salas se encuentran separadas por muros de hormigón armado, se desconoce si el pasillo se encuentra aislado, sin embargo, se encuentra protegido por rociadores automáticos. Todos los recintos cuentan con dos salidas, ubicadas en lados opuestos, lo que dificulta su bloque de forma simultánea durante una emergencia y permite una evacuación segura.

Tabla 8.6: Capacidad de salas de clases primer subterráneo Edificios A y B.

Pis o	Sala	Superficie (m²)	Capacidad	Carga de ocupación (m² / persona)	Nº Salidas
-1	A01	130.2	100	1.30	2
	A02	128.87	100	1.29	2
	A03	128.87	100	1.29	2
	A04	128.87	100	1.29	2
	A05	135.54	80	1.69	2
	A06	70.65	50	1.41	2
	A07	70.65	50	1.41	2
	A08	119.52	70	1.71	2
	A09	272.95	125	2.18	2

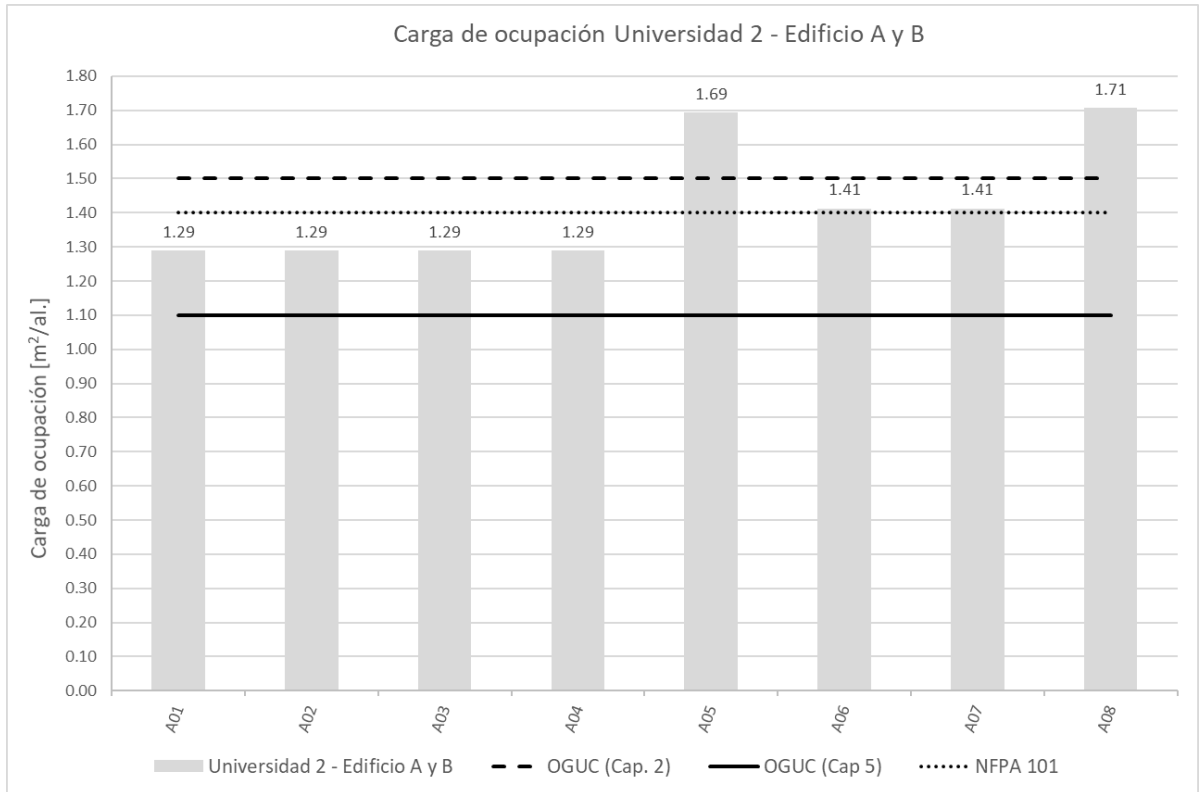


Gráfico 8.5: Carga de ocupación de salas de clases del Edificio A y B, Universidad 2.

En la Gráfico 8.5 se puede ver que todas las salas de clases cumplen con lo exigido en la Ordenanza con respecto a la carga de ocupación, sin embargo, solo 2 de ellas (A05 y A08) cumplen con el valor especificado en el capítulo referido a las condiciones generales de seguridad. Como las salas de clases tienen una carga mayor a 50 personas, según la normativa estadounidense se clasifican como recintos de reunión y solo 2 de ellas lo cumplen.

En el primer piso de la torre B hay salas multiuso y oficinas que cuentan con salida al patio central y una salida a la vía pública. Además de las 2 escaleras de seguridad mencionadas anteriormente, hay dos escaleras abiertas, una en cada extremo que conecta con los pisos superiores.

En el segundo piso hay laboratorios y oficinas para alumnos de doctorado, separadas por un pasillo de 2.1 m. El acceso se encuentra restringido y la puerta debe ser desbloqueada

con tarjeta de identificación. Esta distribución se repite en el tercer piso, donde las oficinas corresponden a académicos de la facultad. Lo mismo ocurre en pisos superiores, donde varían la distribución de laboratorios y oficinas, según el departamento al que pertenecen. La ocupación de las oficinas es constante, pero la carga de ocupación del piso varía según la utilización de los laboratorios.

Los laboratorios distribuidos en distintos pisos del edificio se clasifican según el nivel de peligro que depende, en gran medida, de los materiales usados y almacenados y procedimientos realizados en ellos, por lo que queda a criterio de autoridades competentes su clasificación como recintos de reunión, industrial, entre otros.

La torre A tiene una distribución similar a la torre B, pero solo hay oficinas y salas multiuso, y no hay laboratorios.

Con respecto a las dimensiones de las salidas, los edificios A y B tienen 2 zonas verticales de seguridad cada una, con un ancho de 1.6 m. Con esto se alcanza un ancho superior al exigido en recintos educacionales con la carga de ocupación presentada en la Tabla 8.6

Según lo establecido en la Tabla 5.4 se clasifica como edificio tipo a. De lo establecido en la NFPA 101, si bien no se tiene información sobre la resistencia al fuego de todos los elementos estructurales de estos edificios como para determinar el tipo de estructura según lo establecido en la Figura 5.1, esta debe cumplir con la resistencia al fuego exigida para estructuras Tipo I 422 o Tipo I 332. De lo contrario no cumple con la restricción de altura indicada en la Tabla 7.3.

Con respecto al ancho de las escaleras, la OGUC exige al menos 3.3 m, inferior al disponible si se considera que hay 4 escaleras de 1.6 m de ancho. La normativa estadounidense, en cambio, establece un factor mayor si hay contenido de alto riesgo (ver Tabla 7.7) por lo que es necesario conocer con mayor detalle el funcionamiento de los laboratorios y los materiales almacenados y manipulados en ellos para determinar el ancho mínimo requerido.

8.5.2 Edificio D

Este edificio tiene un subterráneo y 3 pisos superiores. Desde el acceso se pueden distinguir dos alas, donde en una de ellas se encuentra la biblioteca, con oficinas en el piso superior, y en la otra se distribuyen salas de clases, oficinas y un auditorio (ver Anexos A.5.2).

A la biblioteca se accede a través de un pasillo, a cuyo costado se encuentra guardarropía, que contiene una alta carga combustible y puede bloquearse fácilmente durante una emergencia. La entrada es a través de torniquetes desbloqueados con la tarjeta universitaria y para salir se dispone de un pasillo de 1.5 m de ancho. Se llega a un atrio que conecta 3 pisos, sin un sistema automático de rociadores ni de control de humo apreciable a simple vista.

En el primer piso hay oficinas con una ocupación de 11.4 m²/persona, salas de estudio y un recinto donde se ubican las repisas con libros, con una separación máxima de 1 m. Tras ellas se ubican más mesas de estudio, las que no tienen una vía de evacuación segura del recinto.

Además de la puerta de acceso, hay dos salidas alternativas, de 1.6 m y 1.4 m, ubicadas una al lado de la otra en el extremo contrario al acceso principal. Estas se encuentran bloqueadas, pero se dispone de un nicho con la llave para casos de emergencias, sin embargo, no tiene una señalización visible a distancia.

Hay 4 extintores, uno en cada esquina de la biblioteca, señalizados y visibles desde cualquier punto. Los extintores son de polvo químico seco por lo que atacan fuegos de clase A, B, y C.

Los pisos superiores se conectan por dos escaleras, con un ancho de 1m y de 1.5m, y un ascensor. Las escaleras llegan a pasillos donde se hay una gran cantidad de mesas de estudio, por ende, las vías de evacuación no se encuentran libres de obstáculos. Desde ellos se tiene acceso a recintos habilitados para el almacenamiento de libros, donde también hay mesas de estudio ubicadas en la parte posterior, tras las estanterías,

sin una vía de evacuación que no implique pasar por entre medio de los libros (ver Anexo A.5.2).

En el segundo piso de la biblioteca hay una sala de clases, sin vías de evacuación independientes. En este piso hay dos salidas, pero se encuentran bloqueadas para evitar la pérdida de materiales. Al igual que en el primer piso se dispone de 4 extintores distribuidos de la misma forma. En el tercer piso se distribuyen oficinas con una ocupación de 15 personas. Este piso consta de una salida de emergencia, pero es a través de un auditorio, el que no se encuentra protegido con un sistema de extinción automático.

En el subterráneo hay un sector de libros, al costado de una de las escaleras. En caso de una emergencia en este sector, podría bloquearse la salida fácilmente. Se dispone de sectores de mesas de estudio, donde no se mantiene el ancho mínimo de los pasillos, bloqueándose con sillas y mesas. Hay un pasillo, no disponible para los estudiantes, donde guardan libros tanto en salas como en el pasillo que se ve descuidado.

En el extremo posterior hay 3 salas de clases cuyo acceso desde la biblioteca se encuentra bloqueado. Se dispone de un extintor de dióxido de carbono en el centro del subterráneo, además de luces de emergencia y una alarma de incendios.

En la otra ala del edificio se distribuyen principalmente salas de clases y oficinas. También tiene un atrio que conecta 3 pisos, sin un sistema de rociadores automáticos. El subterráneo se puede bajar por dos escaleras, ninguna de ellas protegida, donde una de ellas llega directamente a una sala de clases. Las oficinas de este nivel tienen una ocupación de 7 personas y las bodegas contienen material celulósico principalmente.

En el primer piso se distribuyen salas de clases y oficinas. Consta de dos salidas al exterior, una en cada extremo.

En el segundo piso se distribuyen salas de clases y una sala de estudios habilitada para recibir 120 personas. La mayor distancia de viaje en la sala de estudio es de 41.24 m y tiene sólo una salida. En su interior no hay extintores ni se dispone de otro sistema de extinción. Las mesas de estudios son todas de madera prensada y las sillas y sillones de

fibra sintética, por lo que la carga combustible es alta y los materiales generan una gran cantidad de humo.

Originalmente la sala de estudio tenía dos salidas, pero la que conecta con la biblioteca se encuentra bloqueada. Esto muestra la falta de información a la hora de tomar decisiones relacionadas con las vías de evacuación, ya que no se consideran las posibles dificultades durante una emergencia. Durante la visita había una gran cantidad de alumnos y el desplazamiento a lo largo de la sala se veía dificultado porque los alumnos distribuyen las sillas sin preocuparse de dejar el pasillo libre.

Además, en el pasillo justo fuera de la sala mencionada se instalaron bancas que disminuyen el ancho disponible. En el tercer piso sólo hay oficinas con una ocupación de 10 personas.

No hay detectores de humo o temperatura, por lo que la activación del sistema de alarma es manual. Los dispositivos se ubican en diferentes sectores del edificio, pero no se encuentran indicados. Cabe señalar que se han realizado capacitaciones al personal a cargo de la seguridad del edificio con la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS).

El edificio está construido en hormigón armado, al igual que los muros divisorios y escaleras. Si bien no siempre se usan las salas de clases en su máxima capacidad si se usan simultáneamente, esta sería la condición más desfavorable. Luego, con una ocupación superior a 500 personas en el tercer piso (ver Tabla 8.7) y un edificio de 3 pisos y un subterráneo, se clasifica como un edificio de tipo a según la Tabla 5.4 Para clasificar la biblioteca se considera una ocupación entre 500 y 1500 personas, por lo que se considera un edificio tipo a. Cabe señalar que, al igual que el edificio C, no se cumple la restricción de altura impuesta por la NFPA 101 ya que no se permiten subterráneos si no hay un sistema de rociadores automáticos (ver Tabla 7.3)

En la Tabla 8.7 se presenta la carga de ocupación de las salas de clases separadas por nivel y en Anexos A.5.2 se pueden ver los diagramas con la distribución de recintos en cada piso.

Tabla 8.7: Carga de ocupación Edificio D

Piso	Sala	Superficie (m²)	Capacidad	Carga de ocupación (m²/ persona)	Salidas
-1	A01	78.34	44	1.78	2
	A02	79.28	80	0.99	2
	Estudio poniente	98.93	68	1.45	2
	Estudio Central	66.30	30	2.21	1
	Estudio norte	64.63	44	1.47	2
	A04	83.67	70	1.20	2
	A05	74.41	55	1.35	2
	A06	76.00	60	1.27	1
1	A07	86.90	69	1.26	2
	A08	87.00	90	0.97	2
	A09	77.38	69	1.12	2
	A10	86.31	85	1.02	2
	A11	58.25	45	1.29	1
	E.P	81.68	53	1.54	2
	E.S	82.88	52	1.59	2
	2	S24	86.90	70	1.24
S25		86.98	55	1.58	2
S26		82.97	77	1.08	2
S27		25.45	25	1.02	1
S28		86.31	81	1.07	2
S29		46.38	41	1.13	1
N20		46.83	25	1.87	2
Sem. biblioteca		46.37	36	1.29	1
Sala larga		221.60	180	1.23	1
3	auditorio	301.88	285	1.06	3

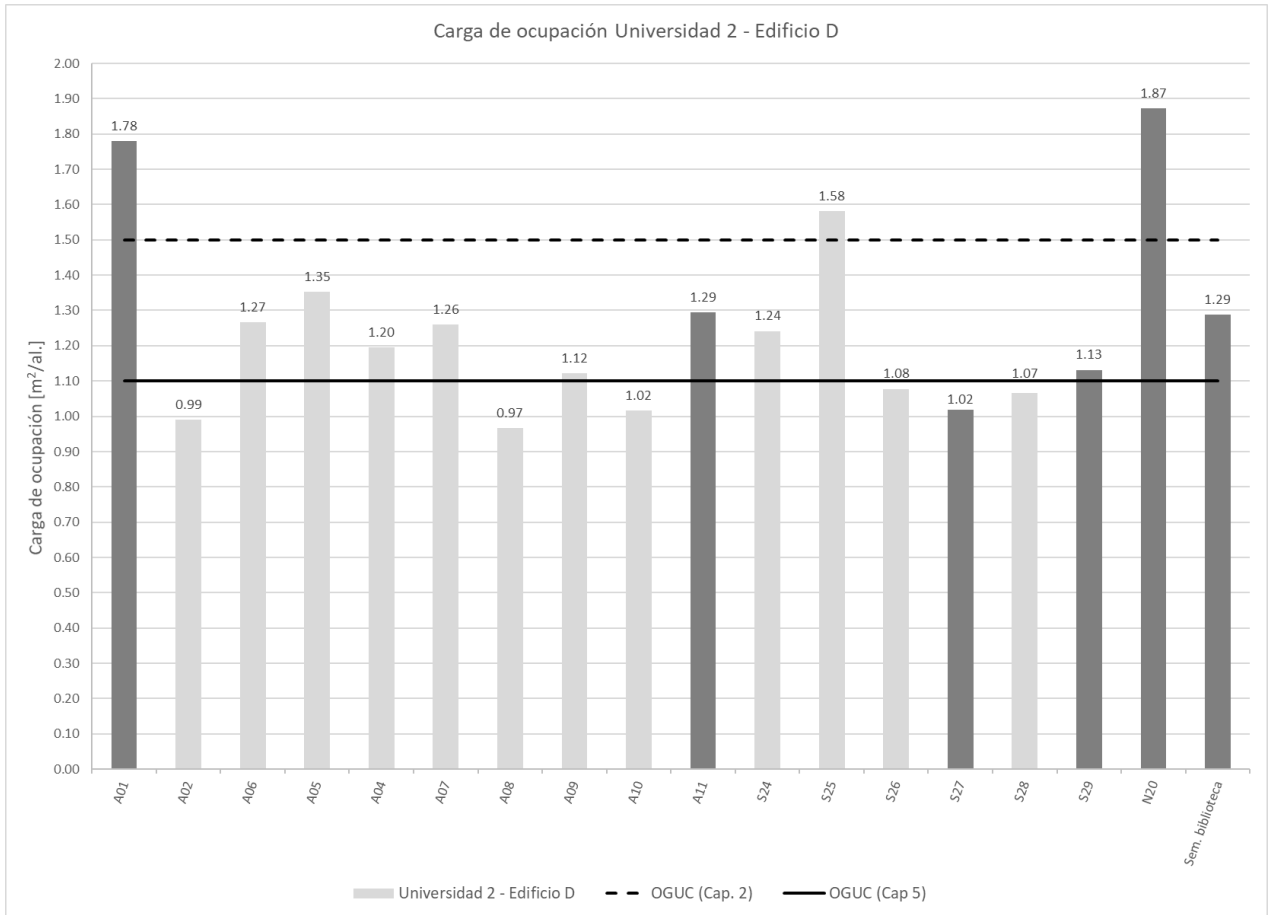


Gráfico 8.6: Carga de ocupación de las salas de clases del Edificio D, Universidad 2.

Con respecto a la carga de ocupación de las salas de clases, en la Gráfico 8.6 se puede ver que, al igual que en casos anteriores, solo algunas aulas cumplen con la carga de ocupación exigida por la OGUC (1.1 m²/al.).

Como se mostró en el edificio C, la diferencia en el color de las columnas tiene relación con el factor de carga exigido por la NFPA 101. Como se mencionaba anteriormente, los recintos se clasifican como oficina o recinto de reunión según su capacidad, con un factor de carga de 9.3 m²/al. y 1.4 m²/al. respectivamente. Los recintos más oscuros son aquellos clasificados como oficina y los más claros como reunión.

De los primeros, se puede apreciar que ninguno alcanza el factor de $9.3 \text{ m}^2/\text{al.}$ e incluso están bajo lo exigido por la norma nacional, mientras que los segundos, solo 1 tiene un factor mayor a $1.4 \text{ m}^2/\text{al.}$: la sala S25.

La OGUC exige que los recintos cuya área sea mayor a 60 m^2 tengan al menos 2 salidas, esto se cumple en la mayoría de ellos recintos, sin embargo, en muchos casos las salidas se encuentran muy cerca, por lo que se podrían bloquear ambas durante una emergencia y no cumplen el espíritu de esta restricción que es generar dos vías de evacuación alternativas para evitar una catástrofe. La NFPA exige que cualquier recinto tenga al menos 2 salidas, pero además establece una distancia mínima entre ellas para ser consideradas como alternativas, cualquiera sea su clasificación (ver acápite 7.9)

La señalización del edificio es insuficiente. Según la Tabla 6.6 se requiere de una señalización muy rigurosa por el tipo de edificio, sin embargo, las vías de evacuación no se encuentran debidamente señalizadas, y falta la señalización de los dispositivos manuales de activación de alarma. Hay tableros eléctricos que tampoco se encuentran con señalización.

La escalera ubicada en un extremo del edificio tiene un ancho de 1.30 m mientras que la escalera ubicada frente al acceso tiene 2 ramas de 1.75 m cada una que se juntan en el descanso en una rama de 1.95 m , el que será considerado para efecto del análisis.

El segundo piso tiene una carga de 590 personas por lo que requiere que las escaleras tengan un ancho de 2.35 m . Si consideramos ambas escaleras hay un ancho total de 3.25 m , superior al requerido. Sin embargo, la NFPA exige un mínimo de 4.5 m muy superior al existente. Si se considera la Ecuación 8 para el aumento de capacidad dada las condiciones existentes en el edificio, se obtiene una capacidad máxima de 479 personas considerando ambas escaleras, inferior a la carga real.

Lo mismo ocurre en el auditorio que, si bien cumple lo requerido por la normativa nacional, no satisface el ancho mínimo según lo establecido en la normativa estadounidense, excepto que se considere un aumento de capacidad según la ecuación antes mencionada. Sin embargo existe solo una escalera desde el auditorio al primer piso por lo que sería peligroso aumentar la capacidad ya que se pueden generar embotellamientos que generen accidentes no relacionados al incendio y aumenten los tiempos de evacuación.

8.5.3 Edificio E

Edificio tiene 3 pisos y un subterráneo donde se distribuyen laboratorios, salas de clases, salas de estudio y oficinas (ver Anexos A.5.3).

El edificio cuenta con dos accesos, uno desde la vía pública y otro dentro de la facultad. El primero tiene un ancho de 2.50 m y debe ser desbloqueado con una tarjeta de identificación para entrar o salir del edificio. El segundo, si bien hay dos puertas de acceso, una de ellas se encuentra cerrada permanentemente por lo que el ancho efectivo de evacuación es de 2 m.

Por el acceso desde la facultad se llega a un pasillo donde descargan directamente dos salas de clases con capacidad para 45 y 52 personas. Al final del pasillo hay casilleros metálicos, sin afectar el desplazamiento de los usuarios durante una emergencia ya que no bloquea las salidas ni disminuye el ancho de las vías. Al otro extremo del pasillo, separado por una puerta de vaivén, se llega a un atrio que conecta 3 pisos. Este se encuentra dividido en 2, pero las puertas que lo separan también son de vaivén por lo que no son resistentes al paso del humo ni al fuego. Además, esta división tiene una posición distinta en el segundo piso por lo que, en caso de un incendio, el humo y el fuego se podrían propagar fácilmente de un lado de esta división al otro.

Al segundo piso se puede llegar por ascensor, cuyo uso se encuentra prohibido en caso de incendio, y dos escaleras de 1.5 m y 2.3 m de ancho que no se encuentran protegidas. La segunda escalera consta de dos ramas con un ancho de 1.95 m, que se juntan en un descanso con un ancho de 2.3 m. Para efectos de cálculo de capacidad y verificación del cumplimiento de los requerimientos mínimos, se considera como una escalera con el ancho del descanso ya que el angostamiento puede producir dificultad en el desplazamiento de los usuarios.

En este piso se distribuyen principalmente oficinas de académicos, las que se encuentran separadas del pasillo por muros de hormigón. El acceso a ellas es a través de puertas de madera que debe desbloquearse con una tarjeta de identificación. Para evacuar, todas concurren en un pasillo conectado al atrio, con un ancho de 2.45 m.

En el tercer piso se distribuyen salas de clases. La mayoría de ellas con salida a un pasillo de 2.8 m de ancho que, si bien hay una salida al final de este, se encuentra bloqueada y la señalética de emergencia no la indican como una vía de evacuación por lo que la distancia desde la sala más alejada hasta la escalera más cercana es de 38 m, pero la escalera no se considera una zona vertical de seguridad dado que no se encuentra protegida contra fuego ni humo.

En el subterráneo del edificio se distribuyen oficinas y laboratorios. A lo largo de todo el edificio se distribuyen extintores de polvo químico seco debidamente señalizados, al igual que las vías de evacuación. Se dispone de una red húmeda a lo largo del edificio, pero no se ven desde cualquier punto del edificio. Los tableros eléctricos también se encuentran señalizados.

No existe un sistema de rociadores automáticos ni detectores de humo. Hay un sistema de alarmas con activación manual y los dispositivos de activación se encuentran distribuidos en distintos puntos de edificio, los que están señalizados.

En Tabla 8.8 se presenta la capacidad de los recintos del edificio y el número de salidas en cada uno de ellos. Si bien no siempre se usan las salas de clases en su máxima capacidad, esta sería la condición más desfavorable. Con una ocupación superior a 500 personas (tercer piso) y un edificio de 3 pisos y un subterráneo, se clasifica como un edificio de tipo a según la Tabla 5.4.

El edificio no tiene un sistema de rociadores automáticos por lo que no se satisfacen los requerimientos de altura exigidos en la NFPA 101 ya que, como se muestra en la Tabla 7.3, no se permiten subterráneos para ningún tipo de estructura.

Tabla 8.8: Capacidad y número de salidas de recintos del Edificio E.

Piso	Sala	Superficie (m²)	Capacidad	Carga de ocupación (m² / persona)	N.º Salidas
-1	S.E01	46.57	30	1.55	1
	Of.01	10.08	3	3.36	1
	Of.02	57.00	15	3.80	1
	S.E02	9.05	6	1.51	1
	Of.03	10.05	1	10.05	1
1	A02	24.72	1	24.72	1
	A03	24.00	1	24.00	1
	A07	39.67	32	1.24	1
	A08	50.37	20	2.52	1
	A14	51.72	40	1.29	1
	A15	54.61	40	1.37	1
	A16	55.55	20	2.78	1
	A17	77.00	45	1.71	2
	A18	73.21	52	1.41	2
	A21	117.81	92	1.28	2
	A25	48.83			1
	A26	56.41	44	1.28	1
	A27	54.59	44	1.24	1
	A28	50.14	4	12.54	1
	A29	9.15	1	9.15	1
	A30	21.09	1	21.09	1
	2	B14	107.36		
B15		27.60	5	5.52	1
B16		27.69	7	3.94	1
B17		81.12	13	6.24	1
B19		24.25	12	2.02	1
B21		117.81	76	1.55	2
oficinas		11.50	1	11.50	2
3	C1	125.08	103	1.21	2
	C6	97.57	88	1.11	2
	C7	90.24	64	1.41	2
	C8	130.00	114	1.14	2
	C9	130.00	114	1.14	2
	C10	112.50	80	1.41	2

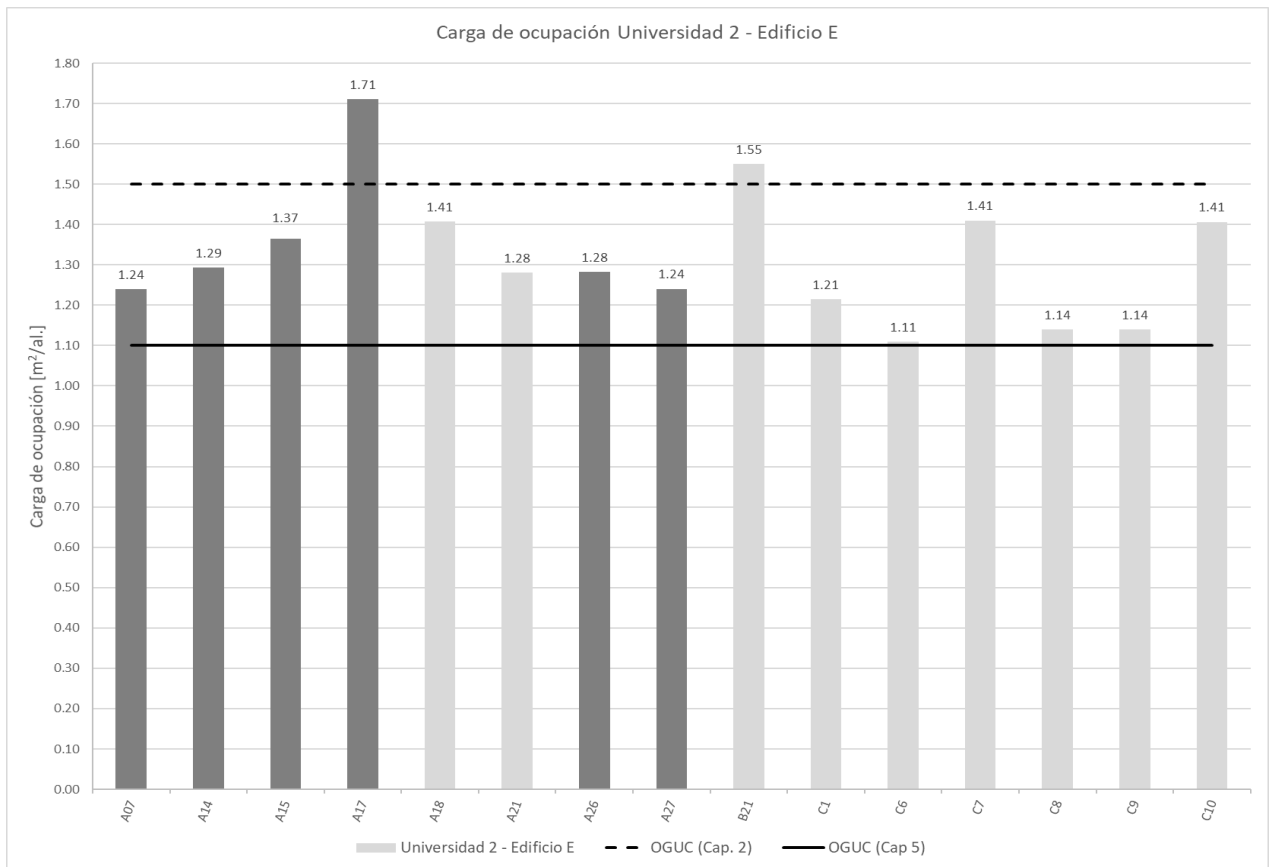


Gráfico 8.7: Carga de ocupación de las salas de clases del Edificio E, Universidad 2.

Con respecto a la carga de ocupación, en Tabla 8.8 se puede ver que se satisface el máximo establecido ($1.1 \text{ m}^2/\text{al.}$) en todos los recintos. Ahora bien, según lo establecido en la NFPA 101, solo 1 sala de clases cumple con el factor de carga. Como se señalaba en el edificio C y D, para establecimientos de educación universitaria esta normativa diferencia según la capacidad del recinto, clasificándolos como oficina o reunión. Los que se muestran más oscuros en la Gráfico 8.7 tiene una carga inferior a 50 personas y, por ende, se clasifican como oficina requiriendo un factor de $9.3 \text{ m}^2/\text{al.}$ que está lejos de ser cumplido.

Por el contrario, los que se muestran con un color más claro tienen una carga superior a 50 personas por lo que se clasifican como recintos de reunión. Estos tienen que cumplir con un factor de $1.4 \text{ m}^2/\text{al.}$ alcanzado por sólo 4 recintos: A18, B21, C1, C10.

La OGUC exige que aquellos recintos cuya área sea mayor a 60 m^2 tengan al menos 2 salidas, lo que se cumple en un 100%. Sin embargo, en muchos casos las salidas se encuentran muy cerca entre sí, por lo que se podrían bloquear ambas durante una emergencia, como por ejemplo en el recinto A18 (ver Anexos A.5.3), poniendo en riesgo a los usuarios. La NFPA 101 exige que estas se encuentren al menos a $D/2$, siendo D la medida de la diagonal del recinto. En el acápite 7.9 se muestran figuras donde se señalan formas de medir esta distancia en distintas situaciones.

El edificio tiene una buena señalización de vías de evacuación y elementos de extinción, sin embargo, al ser un edificio tipo a su señalización debe ser muy rigurosa. Esto exige que los distintivos de seguridad tengan iluminación de emergencia, lo que no existe.

El piso con mayor carga de ocupación es el tercer piso por lo que será el que condiciona el ancho mínimo que deben tener las vías de evacuación. Según lo establecido en la Ordenanza, se requiere de un ancho mínimo de 2.2 m. este piso tiene 2 escaleras disponibles, de 1.5 m u 1.2 m de ancho por lo que en conjunto tienen capacidad suficiente para evacuar las salas de clases. Cabe destacar, que según la restricción de escaleras definida en el Capítulo 2, referido a las condiciones generales de seguridad, para una carga superior a 500 personas debe haber 2 escaleras de 1.5 m de ancho cada una.

Por otro lado, la NFPA exige un ancho de 4.28 m. Como el ancho de ambas escaleras es mayor a 1.12 m, esta normativa permite aumentar la capacidad de las escaleras según la Ecuación 8. Con esto, las escaleras de 1.2 m y 1.5 m tiene capacidad para 161 y 216 personas respectivamente, cuya suma sigue siendo menor a la carga del piso.

8.5.4 Edificio F

Edificio de 2 subterráneos y 9 pisos donde se encuentran las oficinas administrativas. Tiene dos escaleras de acceso, con un ancho de 3.4 m. Para llegar a los subterráneos y pisos superiores hay una escalera que no se encuentra protegida contra incendios. Además, en los ascensores, se señala la prohibición de uso en caso de emergencia.

En el primer subterráneo hay oficinas de atención a los alumnos, donde se distinguen dos. En cada uno de ellos hay cubículos separados por tabiquería cuya resistencia al fuego se desconoce. En el segundo subterráneo hay bodegas y laboratorios, pero exigen tarjeta de identificación para recorrerlos.

En el primer piso se distinguen 4 recintos separados por muros de hormigón armado de al menos 20 cm. En ellos hay tabiquería divisoria de resistencia al fuego desconocida. Entre estos recintos hay un hall donde se distribuyen sillas y sillones y a un costado se encuentra la escalera para acceder a los subterráneos y pisos superiores. La señalización de las salidas de emergencia se encuentra iluminada y es visible desde cualquier punto del hall.

Del segundo al octavo piso, el acceso se encuentra restringido, permitiéndose el ingreso con una tarjeta de identificación. En todos los pisos hay oficinas, excepto en el tercero, donde además hay una pequeña sala de clases utilizada por la oficina de postgrado, y en el quinto piso, que se encuentra en remodelación. La ocupación en cada piso se presenta en la Tabla 8.9.

Cabe señalar que, si bien se informa una ocupación de 15 personas en el cuarto piso, durante la visita este se encuentra desocupado y un sector parece estar en remodelación. Los extintores se encuentran en el suelo y sin la señalización correspondiente.

El noveno piso hay salas de reuniones a las que sólo se tiene acceso desde el octavo piso, donde se encuentran las oficinas del decanato.

Tabla 8.9: Carga de ocupación por piso Edificio F.

Piso	Área aprox. (m²)	Capacidad	Carga de Ocupación
-1	485	20	24.25
1	485	10	48.50
2	485	10	48.50
3	485	15	32.33
4	485	15	32.33
5	485	-	-
6	485	40	12.13
7	485	21	23.10
8	485	6	80.82

Los muros exteriores e interiores y caja de ascensores son de hormigón armado, con un espesor de 20 cm, con una resistencia al fuego de 180 min. Los elementos soportantes horizontales son losas de hormigón armado por lo que su resistencia es de al menos 120 min (espesor mayor a 12 cm). No hay cielo falso por lo que la resistencia del techo es la misma de las losas.

Dado que en este edificio se ubican las oficinas de atención a los alumnos, postgrado, tesorería, entre otros, se clasifica como un edificio de oficinas, por lo que su carga de ocupación no puede ser inferior a 10 m²/persona. De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 8.9, todos los pisos satisfacen este requerimiento. Con una ocupación máxima inferior a 500 personas, pero con más de 7 pisos, se clasifica como un edificio de tipo a según la Tabla 5.4.

En la NFPA se exige que los peligros se clasifiquen como ordinarios, es decir, que los elementos al interior del edificio como materiales y decoración presenten una tendencia a arder a una velocidad moderada y una baja emisión de humo. Respecto a la carga de ocupación, se exigen 9.3 m²/persona, menor a la exigencia de la normativa nacional, la que se satisface en todos los pisos.

Asimismo, para este tipo de edificios, se restringen los materiales que puede ser utilizados en el interior. De acuerdo con el procedimiento establecido en la norma ASTM E-84, los materiales se clasifican como clase A, clase B y clase C, según su índice de propagación de llama y su índice de emisión de humo y sólo se permiten los de clase A y B. La normativa nacional no existe esta restricción para ningún tipo de edificio, aun cuando existen normas con procedimientos de ensayos para determinar el comportamiento al fuego de telas y revestimientos.

Según la Tabla 6.6, el edificio la señalización debe ser muy rigurosa, la que no se cumple a cabalidad porque las vías de evacuación no se encuentran señalizadas en toda su extensión y no todos los distintivos de seguridad cuentan con iluminación de emergencia. Además, la NFPA 101 exige que las puertas automáticas que se abren al ser activadas con un sensor de movimiento tengan una señalización que indique cómo abrirlas en caso de un corte de energía.

Según la normativa estadounidense, este tipo de edificio se requieren al menos dos vías de evacuación ubicadas a una distancia no menor a la mitad de la menor diagonal. Asimismo, no se permite que una escalera interior se considere como una vía de evacuación para más de un piso, si esta se encuentra abierta o no protegida. Ambos requisitos no se satisfacen ya que tiene solo una vía de evacuación y no se encuentra protegida. La normativa nacional también exige una zona vertical de seguridad en edificios con más de 7 pisos.

Para la carga de ocupación se exige una escalera de un ancho mínimo de 1.10 m tanto en la normativa nacional como la estadounidense. Si bien la escalera no se encuentra protegida, esta tiene un ancho de 2.4 m desde el subterráneo hasta el quinto piso y de 1.6 m desde el quinto piso hacia arriba, superando en ambos casos el mínimo exigido.

El edificio no sólo no tiene un área de vertical de seguridad o áreas de refugio, sino que tampoco está protegido con rociadores automáticos lo que dificultaría la eventual evacuación de los ocupantes. En el caso de personas con movilidad reducida se dificulta aún más ya que no se pueden usar los ascensores.

El edificio tiene un sistema de aire acondicionado, por lo que la Ordenanza exige la instalación de detectores de humo en los ductos principales que desconecten automáticamente el sistema, para evitar la propagación de este a recintos no afectados por el incendio. Esta información no se pudo verificar en la visita al edificio.

Respecto a la iluminación de la escalera, la NFPA 101 exige que las vías de evacuación se encuentren iluminadas para edificios de más de 3 pisos, lo que no se cumple. Si bien un costado tiene un ventanal que mejora la visibilidad durante el día, si no hay luz natural, la escalera carece de iluminación de emergencia. Sólo entre el quinto y sexto piso hay un dispositivo de iluminación alternativa.

En todos los pisos hay extintores portátiles disponibles y el edificio cuenta con un sistema de alarma con activación manual. Si bien no se realizan simulacros ni entrenamientos en el uso de extintores a los usuarios, los encargados de seguridad cuentan con un plan de evacuación y han sido capacitados por la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS).

9 Discusión

Para proteger en forma adecuada a los ocupantes de un edificio, es fundamental conocer el tipo de ocupación para establecer las medidas de protección que éste requiere. De esta forma se puede establecer una estrategia de seguridad que abarque todas las etapas de un proyecto, incorporando la protección contra incendio en los elementos estructurales, como parte de la arquitectura al desarrollar vías de evacuación seguras y compartimentar recintos, como parte de especialidades de clima y electricidad según se requiera para las características de uso del edificio, prever la capacidad y ubicación de estanques en caso de que se instalen un sistema de rociadores, entre otros.

La NFPA, particularmente la NFPA 101 obliga a desarrollar una estrategia de seguridad que abarque transversalmente las especialidades de un proyecto, que debe ser desarrollada por un profesional especialista en el tema. En ese sentido, primero caracteriza cada tipo de edificio para luego establecer la resistencia al fuego mínima que deben tener los elementos estructurales. Luego define la altura máxima de éste en función de la clasificación según su resistencia al fuego y al uso del edificio.

También establece restricciones relacionadas a la arquitectura, definiendo una a una cada parte de las vías de evacuación (puertas, pasillos, escalera, etcétera) y sus características mínimas, la cantidad mínima de salidas, su ubicación, entre otros.

Sus restricciones abarcan también los sistemas de detección, alarma y extinción, materiales que se pueden utilizar en los mobiliarios con el fin de restringir la carga combustible, y termina con restricciones específicas para cada tipo de edificio según sus características particulares.

De esta forma busca evitar que se genere un incendio, pero si ocurre uno, el edificio debe estar preparado para evacuar a sus ocupantes de forma segura, evitar la propagación dentro del edificio y extinguir el fuego incipiente.

La OGUC, como se menciona en esta memoria, establece que se debe facilitar el salvamento de los ocupantes, reducir al mínimo el riesgo de incendio, evitar su propagación y facilitar la extinción. Sin embargo, las restricciones establecidas para recintos educacionales son insuficiente o inexistentes.

Con relación al primer punto, facilitar el salvamento de los ocupantes, se debe conocer el destino del edificio para definir las características de los usuarios. Aquí se observa una primera diferencia con las NFPA 101 ya que esta última es muy rigurosa en la clasificación de un edificio o recintos dentro de él.

Para el caso particular de los colegios o Universidades, establece específicamente las características de los ocupantes de cada uno de ellos como la edad, su capacidad de evacuar por sí solos, cantidad de personas que utilizan el espacio y tiempo que pasan en el lugar, para así definir si se trata de una sala cuna, colegio o universidad.

La OGUC en cambio, no hace una diferencia entre colegios y universidades aun cuando las características de ambos estudiantes son muy distintas. La Ley 20.370 explica las diferencias entre cada nivel educacional, basándose principalmente en la edad. Y en el Decreto 548 se establecen restricciones de altura, con un máximo de 4 pisos, de acuerdo a la clasificación de la Ley 20.370. Sin embargo, la ordenanza no hace alusión a ninguna de estas leyes.

Cabe destacar que la NFPA señala en múltiples ocasiones que se debe trabajar siempre con los valores más restrictivos, no así en la OGUC. Como se señala a lo largo de este estudio, existen restricciones diferentes para un mismo elemento, sin que se requiera trabajar con el más exigente. Un ejemplo de aquello son las diferencias relacionadas con los factores de carga.

El Capítulo 2, del Título 4, referido a las condiciones generales de seguridad establece factores de carga según el uso de los recintos, pero puntualiza que, cuando se disponga de normas especiales según el destino del edificio dentro del mismo título, priman las normas especiales por sobre las normas generales. Por lo cual, en el caso de recintos de educación, prevalecen los valores establecidos en el capítulo 5, referido a locales escolares y hogares estudiantiles

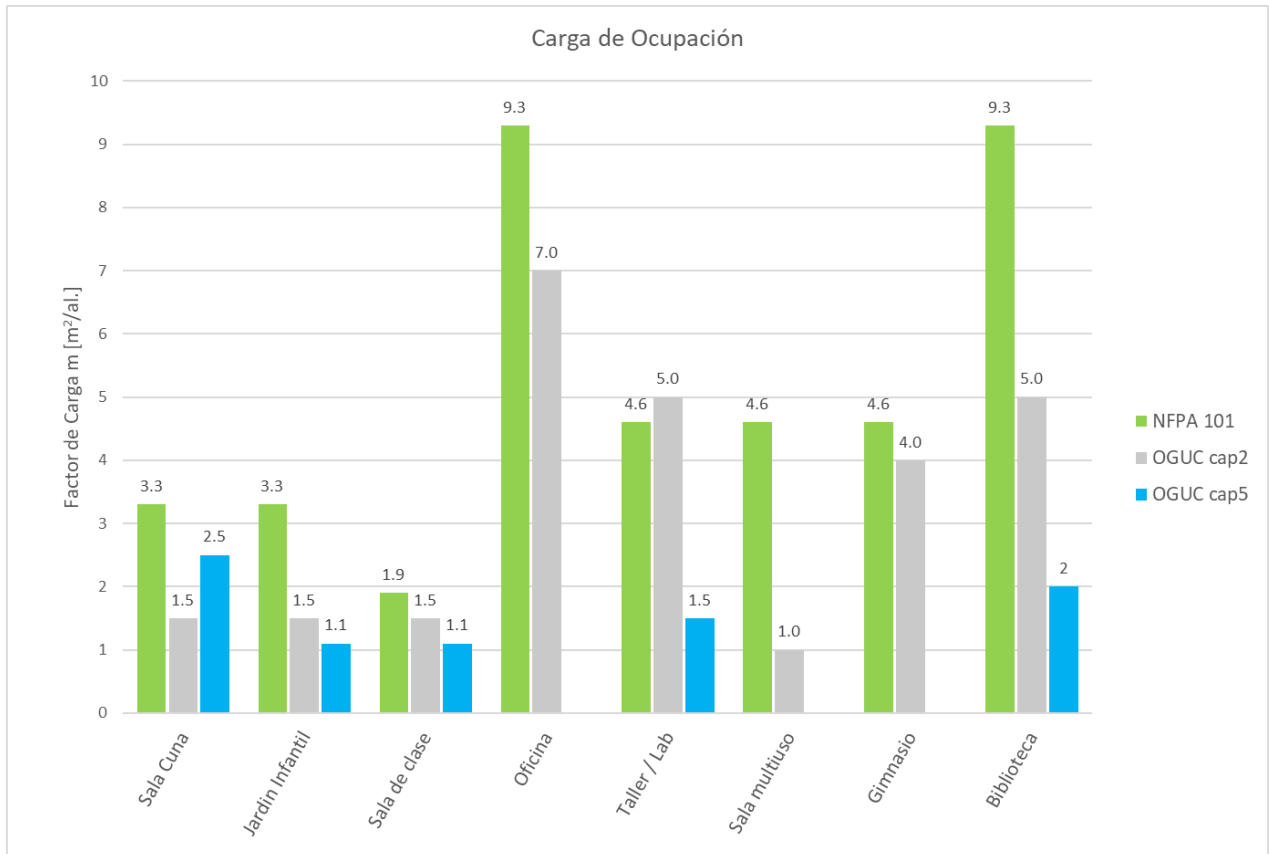


Gráfico 9.1: Comparación de factores de carga

A partir del Gráfico 9.1 podemos deducir que los valores que se deben usar son los menos restrictivos, excepto para las salas cuna. El peligro de este criterio radica en que un factor de carga más bajo se traduce un mayor número de personas dentro de un recinto y aumentan los tiempos de evacuación. Además, ambos valores son inferiores a los exigidos en la norma estadounidense.

Ahora bien, la diferencia mostrada en el Gráfico 9.1 es consecuente con lo observado en el ancho de las vías de evacuación exigido por ambas normas. En el Gráfico 9.2 se muestran los valores mínimos para cada caso, donde se puede ver que la NFPA 101 establece anchos inferiores a la Ordenanza.

Esto se justifica al ver la gran diferencia en los factores de carga que se muestran en el Gráfico 9.1 La norma estadounidense, al exigir un mayor factor de carga, permite una menor cantidad de personas por m², por lo que requiere de vías de evacuación menores.

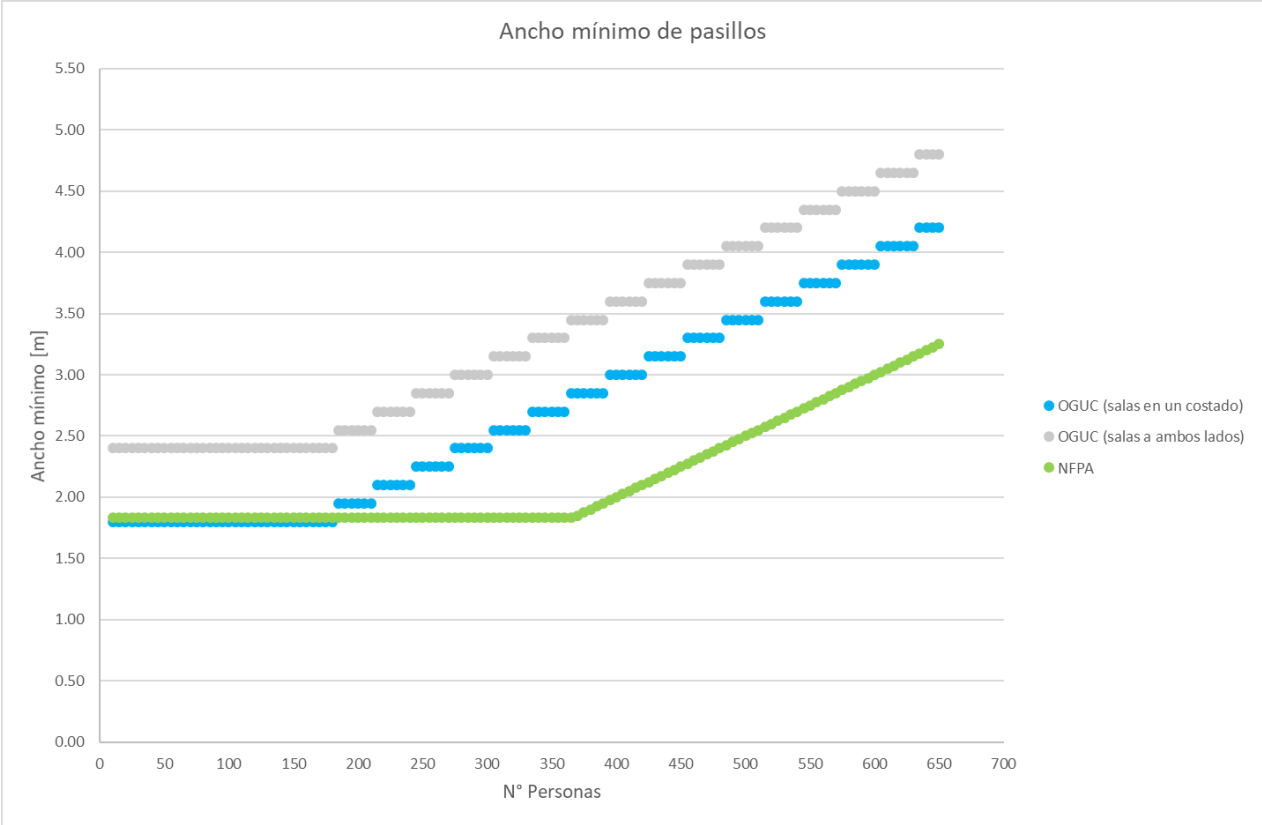


Gráfico 9.2: Comparación ancho mínimo de pasillos.

Un factor que puede dificultar la evacuación segura es la falta de zonas verticales de seguridad en recintos educacionales. Esta se exige para edificios de más de 7 pisos, pero no considera, por ejemplo, la evacuación de personas con movilidad reducida en edificios de menor altura. En un colegio de 4 pisos (altura máxima permitida), un niño con dificultad para desplazarse no tiene una vía de evacuación segura ya que no se exige que haya pasillos y escaleras protegidas que lleguen al nivel de la vía pública.

En relación con el segundo punto mencionado como un objetivo de la seguridad contra incendio en la OGUC, reducir al mínimo el riesgo de incendio, no hay un artículo donde se limite la carga combustible para recintos educacionales. La norma presenta una clasificación de edificios según su carga combustible, pero sólo considera establecimientos industriales, supermercados, centros comerciales y establecimientos de bodegaje.

En el acápite 5.2 se presenta una tabla donde se muestra la clasificación de edificios según su densidad de carga combustible, definida en la NCh199. Of 98. Sin embargo, en la ordenanza no existe una restricción que tenga relación con ella. Tampoco se restringe el tipo de material a usar como revestimiento, ya sea interior o exterior ni en el mobiliario.

En las visitas realizadas se observa que gran parte del mobiliario es de madera prensada por lo que tiene una alta carga combustible, además de ser un material que genera gran cantidad de humo, lo que dificultaría una eventual evacuación. Asimismo, el material de trabajo, en su gran mayoría, son libros y cuadernos. Dentro de las salas de clases se observó la instalación de trabajos de los alumnos y material informativo en las murallas, lo que la NFPA restringe a un 20% de la superficie del muro, porcentaje que se veía superado.

Con respecto al tercer punto mencionado en la OGUC, evitar la propagación del fuego en un incendio, se debe tener en cuenta la carga combustible que, como se mencionaba no se encuentra restringida, y la compartimentación del edificio. En la OGUC se menciona la resistencia al fuego que deben tener los elementos para cumplir con la compartimentación, pero no menciona cuando aplicarla. En el caso de recintos educacionales podría establecer dimensiones máximas para asegurar que se independicen los recintos.

Además, como se mencionaba, no se exigen zonas verticales de seguridad por lo que todas las escaleras son abiertas. Esto facilita la propagación del fuego y el humo de un piso a otro.

Finalmente, con respecto a facilitar la extinción, la ordenanza no establece la obligatoriedad de instalar detectores de humo y alarmas de incendio. Exige la instalación

de sistemas automáticos de detección alarma en edificios de más de 5 pisos, sin embargo, un colegio no puede tener más de 4. Por ende, nunca se exige la instalación de estos dispositivos. La principal función de estos sistemas es la detección temprana de un incendio, aumentando el tiempo disponible para evacuar y mejorando la probabilidad de éxito en la extinción.

En todos los establecimientos visitados se observa la instalación de extintores manuales, pero no todos los ocupantes saben cómo manipularlos. En el Colegio A, por ejemplo, se había realizado una capacitación relacionada a su uso, pero había parte del profesorado que se había incorporado al colegio posterior a ella y que no sabían cómo manipularlos. El Colegio B, en cambio, realiza constantemente capacitaciones a cargo de la Asociación Chilena de Seguridad.

En la Universidad 2, los edificios A y B contaban con alta tecnología respecto a la protección de incendio, sin embargo, el personal de seguridad no conocía sus características de funcionamiento. Los que se encontraban más preparados, lo estaban gracias a empleos anteriores desarrollados principalmente en el extranjero.

En general, las disposiciones de protección contra incendio que se encuentran en la norma no están dirigidas a recintos educacionales. Además, no existen mecanismos que permitan verificar el cumplimiento de los requerimientos mínimos que se regulan.

Por ejemplo, en muchos de los recintos de los establecimientos visitados no se cumple con el factor de carga establecido en la OGUC, o las vías de evacuación no son suficientes para la cantidad de alumnos. Esto se debe, principalmente, a que la distribución de las salas de clases está a cargo de un profesor que no tiene conocimiento de estas restricciones. Además, la cantidad de alumnos por nivel muchas veces pasa por criterios económicos del colegio y no por la capacidad de la infraestructura disponible.

El Colegio B es el colegio que se veía más preparado en cuanto a protocolos de emergencia y conocimientos de la persona a cargo, sin embargo, como se indica en el punto 8.2, se vieron en la obligación de agregar unas bodegas para reducir las salas de clases por imposición de la autoridad municipal para autorizar el funcionamiento del

colegio. Esto muestra lo deficiente del sistema y la falta de información de las personas que deben hacer valer la normativa.

Dentro de las leyes chilenas está el Decreto 14, donde se estipula la necesidad crear conciencia sobre prevención y seguridad y establece como obligatorio que se enseñen normas, prácticas y principios que regulan la prevención de accidentes. Es importante que se realicen reiterativamente ejercicios de evacuación para establecer la efectividad del protocolo vigente e identificar falencias.

Estos procesos sirven también a los ocupantes del edificio, para conocer las vías de evacuación, identificar las alarmas y automatizar la reacción ante una emergencia, disminuyendo el tiempo de evacuación y por ende aumentando la seguridad.

A pesar de la existencia de este decreto, como nadie fiscaliza su cumplimiento, muchos de los establecimientos no realizan simulacros ni se enseña a los alumnos sobre seguridad. Esta falta de fiscalización puede estar relacionada con la falta de claridad respecto a quién es el encargado de hacerlo.

Actualmente existen manuales donde se proponen métodos para crear y evaluar protocolos de seguridad, desarrollados por la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (ONEMI) y por el Ministerio de Educación (MINEDUC) de forma independiente, pero ninguna de las entidades se hace responsable de fiscalizar. Cabe destacar que la OGUC no establece responsables para ningún tipo de edificio.

Finalmente, la normativa chilena debe ser más clara en la definición de la estrategia de seguridad que se exige a cada tipo de edificio. Actualmente, el mayor peligro radica en la evacuación de los alumnos ya que no sólo las vías no se encuentran protegidas, sino que además serían insuficientes dado que no se respetan los factores de carga establecidos

A la vez, se deben mejorar los sistemas de fiscalización, para poder asegurar un estándar mínimo de seguridad, definiendo claramente quien es el responsable de aprobar proyectos y fiscalizarlos.

10 Conclusiones

En este trabajo se estudia la normativa nacional relacionada con la protección contra incendios en recintos educacionales para poder compararla con los exigido en la NFPA 101, desarrollada por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA por sus siglas en inglés), organización norteamericana dedicada al desarrollo de normas asociadas a la seguridad de las personas y la protección contra incendios.

Mundialmente, el desarrollo de normativas y tecnologías de protección contra incendio ha sido liderado por países europeos y por Estados Unidos a través de la NFPA. Por otro lado, en América Latina históricamente se han utilizado como referencia las normas desarrolladas por la organización estadounidense, razón por la cual no se analizan otros códigos.

De lo expuesto en este trabajo se concluye que las restricciones para recintos educacionales establecidas en la normativa nacional, particularmente en la OGUC, son insuficientes o inexistentes. La mayoría de los requerimientos relacionados a la seguridad y protección contra incendio no están dirigidos a recintos educacionales.

En primer lugar, la normativa chilena debe ser más clara en la definición de estrategias de seguridad, considerando las características del edificio, su uso y futuros ocupantes. De forma paralela se debe aclarar quién, ya sea una persona o una institución, es el responsable de fiscalizar el cumplimiento de estos requerimientos.

En segundo lugar, se deben mejorar los requerimientos para establecimientos educacionales, principalmente del diseño y protección de las vías de evacuación. Esto se puede llevar a cabo basándose en la NFPA 101, que ya ha desarrollado manuales donde explica y justifica sus restricciones.

Y, por último, se debe enseñar desde temprana edad normas, prácticas y principios que regulan la prevención de accidentes ya que posteriormente podrán ser aplicados en protocolos para cualquier tipo de emergencia. Además, al hacer conciencia sobre la necesidad de que existan este tipo de medidas, será más fácil aplicarlas en otras áreas.

11 Bibliografía

Albornoz G., S. (2013) *REDES CONTRA INCENDIO EN CHILE: ¿Son útiles ante una emergencia?*, *Revista HSEC*. Available at: <http://www.emb.cl/hsec/articulo.mvc?xid=287&edi=13&xit=redes-contra-incendio-en-chile-son-utiles-ante-una-emergencia> (Accessed: 13 October 2018).

Anderberg, Y. (1998) 'Medidas de protección pasiva contra incendios', *Enciclopedia de salud y Seguridad del Trabajo*. 2(VI). 41.19-41.22.

Antepara Z., A. E. (2006) *Diseño de un programa de seguridad en el trabajo y de un sistema de control y prevención de incendios en una empresa litográfica*. Tesis de grado para obtener el Título de Ingeniero Industrial. Escuela Superior Politécnica Del Litoral. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.

Aragonés, J. I. and Talayero, F. (1997) 'La conducta humana en los incendios', *Papeles del psicólogo*, (68). Available at: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=891570&orden=17276&info=link%5Cnhttp://dialnet.unirioja.es/servlet/extart?codigo=891570>.

Astorga I., N. A. (2009) *Criterios de diseño de la zona vertical de seguridad contra incendio para edificios en altura*. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

Bánky, T. (1988) 'Fuentes de peligro de incendio', *Enciclopedia de Salud y Seguridad del Trabajo*. 2(VI). 41.8-41.15.

CHILE (1989) *Decreto 548: Aprueba normas para la planta física de los locales educacionales que establecen las exigencias mínimas que deben cumplir los establecimientos reconocidos como cooperadores de la función educacional del estado, según el nivel y modalidad de I*. Chile.

CHILE (1990) *Decreto 14: Establece como obligatoria la enseñanza de normas prácticas y principios sobre prevención de riesgo*.

CHILE (2009) *Fija texto refundido, coordinado y sistematizado de la ley N°20.370 con las normas no derogadas del Decreto con Fuerza de Ley N° 1, DE 2005*. Chile.

CHILE (2015) *Dictamen N°0009. Sobre la edad máxima para ingresar a la educación media regular*. Chile. Available at: <http://gobta.supereduc.cl/docs/dic9.pdf> (Accessed: 14 October 2018).

CHILE (2017) *Decreto exento N° 1126: Reglamenta las fechas en que se deben cumplir los requisitos de edad de ingreso al primer y segundo nivel de transición de la educación parvularia y a la educación básica y media tradicional y deroga decreto N° 1.718, DE 2011, Ministerio de Educación*. Chile. Available at: https://www.ayudamineduc.cl/sites/default/files/decreto_exento_no_1126.pdf (Accessed: 14 October 2018).

Coté, R. and Harrington, G. E. (2009) *Life Safety Code Handbook*. 11th Ed. Edited by National Fire Protection Association. Quincy, Massachusetts.

Drysdale, D. (2011) *An introduction to fire dynamics*. 3rd Ed. UK: Wiley.

Garay, R. and Henriquez, M. (2010) 'Comportamiento frente al fuego de tableros y madera de pino radiata con y sin pintura retardante de llama', *Maderas. Ciencia y tecnología*, 12(1), pp. 11–24. doi: 10.4067/S0718-221X2010000100002.

Garín S., J. *et al.* (2012) *La seguridad Integral en los centros de enseñanza obligatoria de España*. Madrid: Fundación MAPFRE.

Hernandez J., J. E. (2008) *Recopilación de información sobre comportamiento al fuego de elementos de construcción de viviendas*. Memoria para optar al Título De Ingeniero Civil. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

IDIEM (2012) *Informe de Ensayo Oficial Digital N° 751 . 488*. Santiago, Chile. Available at: <http://www.propanel.cl/wp-content/uploads/sites/2956/2017/07/ensayo-de-resistencia-al-fuego.pdf> (Accessed: 15 October 2018).

INE (2018) *Síntesis de resultados CENSO 2017*. Available at: <http://www.censo2017.cl/descargas/home/sintesis-de-resultados-censo2017.pdf> (Accessed: 13 October 2018).

Instituto Nacional de Normalización (1978) *NCh 1433. Of78: Ubicación y señalización de los extintores portátiles*. Diario Oficial N° 29.908.

Instituto Nacional de Normalización (1990) *NCh 2114. Of 90: Prevención de incendio en edificios : condiciones básicas y clasificación de las vías de evacuación según la carga de los ocupantes*. Diario Oficial N° 33.613.

Instituto Nacional de Normalización (1992) *NCh 2189. Of 92: Seguridad - Señalización de edificios - Condiciones básicas*. Diario Oficial N° 34.647.

Instituto Nacional de Normalización (1994) *Nch 934. Of 1994: Prevención de incendios - Clasificación de fuegos*. Diario Oficial N° 34.844.

Instituto Nacional de Normalización (1995) *NCh 1429. Of 92 MOD 1995: Extintores portátiles - Terminología y definiciones*. Diario Oficial N° 34.253.

Instituto Nacional de Normalización (1997a) *NCh 933. Of 97: Prevención de incendio en edificios - Terminología*. Diario Oficial N° 35.762.

Instituto Nacional de Normalización (1997b) *NCh 935/1. Of 97: Prevención de incendio en edificios - Ensayo de resistencia al fuego - Parte 1: Elementos de construcción en general*. Diario Oficial N° 35.762.

Instituto Nacional de Normalización (1998) *NCh 1993. Of 98: Prevención de incendio en edificios - Clasificación de los edificios según su densidad de carga combustible media y*

densidad de carga combustible puntual máxima. Diario Oficial N° 36.166.

Instituto Nacional de Normalización (1999) *NCh1916. Of 99: Prevención de incendios en edificios - Determonación de cargas combustibles*. Diario Oficial N° 36.363.

Instituto Nacional de Normalización (2000) *NCh 2095 / 1. Of 2000: Protección contra incendios - Sistemas de rociadores - Parte 1: Terminología, características y clasificación*. Diario Oficial N° 36.797.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (1983) *NTP 39: Resistencia ante el fuego de elementos constructivos*. España.

Macari L., R. I. (2015) *Criterios que determinan los requerimientos de resistencia al fuego de elementos estructurales*. Memoria Para Optar Al Titulo De Ingeniero Civil. Santiago, Universidad de Chile, Faultad de Ciencias Físicas y Matematicas.

Marín U., H. (2002) 'Psicología De La Emergencia: Comportamiento Humano Antes, Durante Y Después De Emergencias', *I Congreso Latinoamericano de Psicología en Emergencias y Desastres*. Lima, Perú.

MINEDUC (2013) *Política de seguridad escolar y parvularia*.

MINEDUC (2017) 'Estadísticas de la Educación 2016', *Estadísticas de la Educación 2016*, 1, p. 177. Available at: https://centroestudios.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/100/2017/07/Anuario_2016.pdfhttps://centroestudios.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/100/2017/07/Estadisticas_de-la-Educacion_2012.pdf.

MINVU (2014) *Listado Oficial de Comportamiento al Fuego de Elementos y componentes de la Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo*. Chile.

MINVU (2017) *Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones*. Chile.

National Fire Protection Association (2008) *NFPA 92A: Standard for Smoke-Control Systems Utilizing Barriers and Pressure Differences*. 2009 Ed. Quincy, Massachusetts: IHS.

National Fire Protection Association (2015) *NFPA 557: Standard for Determination of Fire Loads for Use in Structural Fire Protection Design*. 2016 Ed. Quincy, Massachusetts: IHS.

National Fire Protection Association (2017a) *NFPA 101: Life Safety Code*. 2018 Ed. Quincy, Massachusetts: IHS.

National Fire Protection Association (2017b) *NFPA 220: Standard on Types of Buildin Construction*. 2018 Ed. Quincy, Massachusetts: IHS.

National Fire Protection Association (2018) *NFPA 13: Standard for the Installation of Sprinkler Systems*. 2019 Ed. Quincy, Massachusetts: IHS.

Pignatta e Silva, V. (2005) 'Determination of the steel fire protection material thickness by

an analytical process - A simple derivation', *Engineering Structures*, 27(14), pp. 2036–2043. doi: 10.1016/j.engstruct.2005.05.018.

Purkiss, J. A. (2007) *Fire Safety Engineering: Design of Structures*. 2nd Ed. UK: Elsevier.

Rodriguez, G. (2004) 'El humo y sus consecuencias', *Revista de Prevención de Riesgo, CNS*.

Rojas V., J. (2003) 'Protección pasiva contra incendios', *Revista Ingeniería*, 13 (1,2), pp. 113–118.

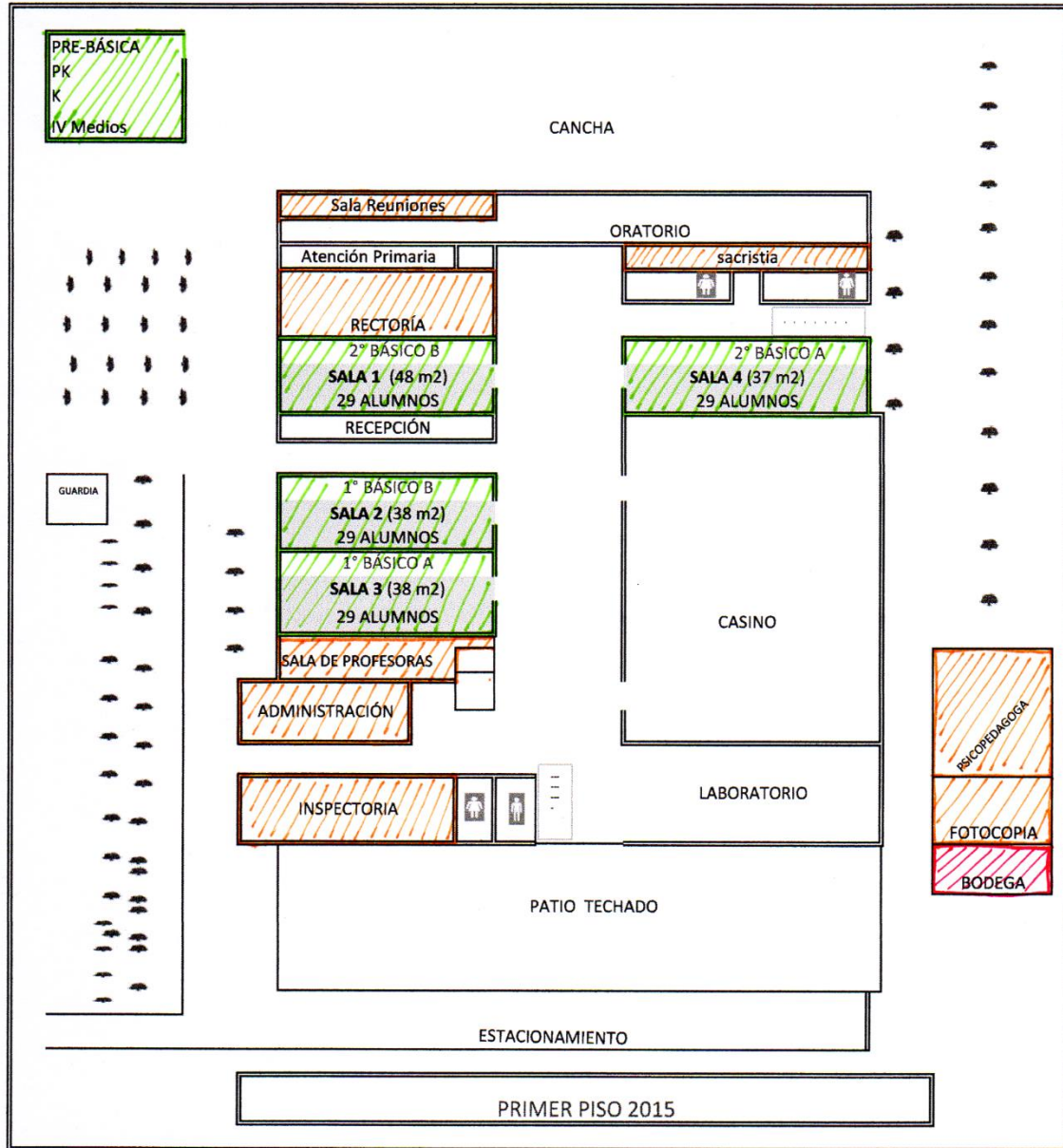
Ruiz S., L. F. (2008) *Elaboración e implementación de un plan de emergencia y evacuación del edificio de la Facultad de Ciencias Forestales ante un riesgo de incendio*. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Constructor. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería.





Sailer L., I. M. (2007) *Descripción Y Análisis De Incendios Importantes*. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

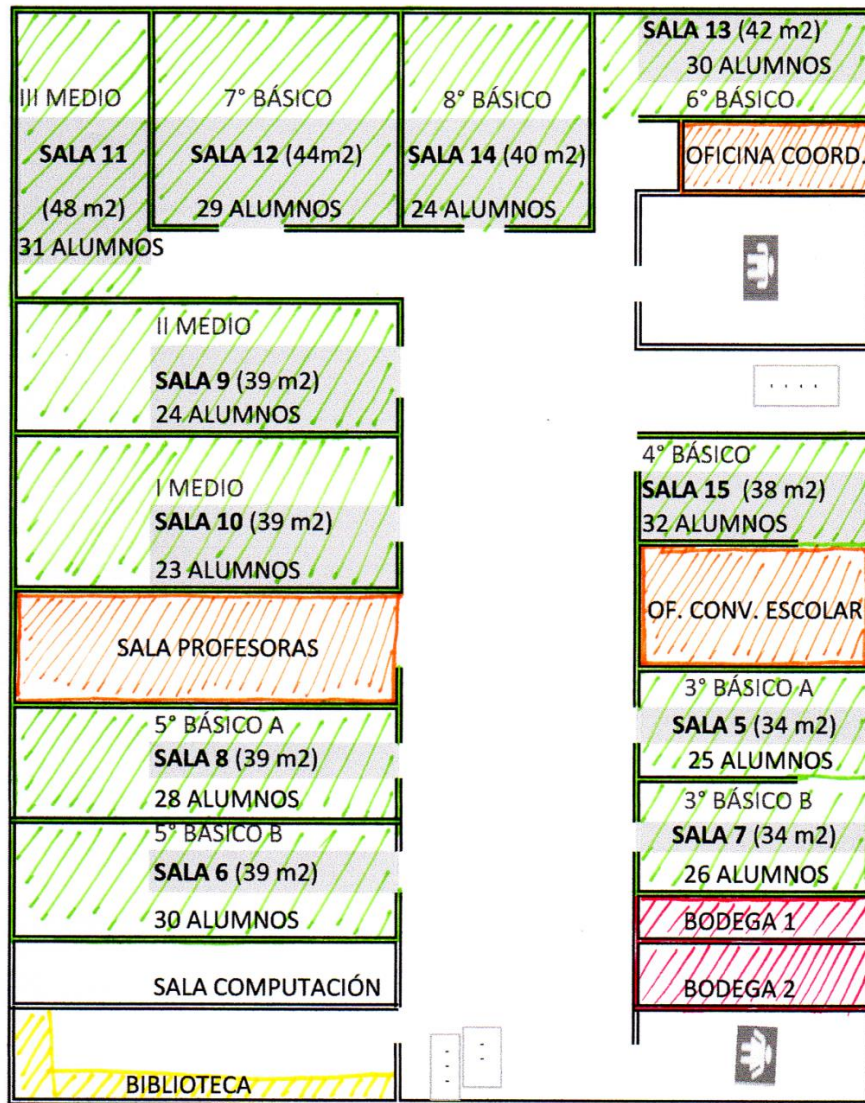
Santis A., A. C. (2011) *Análisis térmico no lineal en perfiles de acero expuesto a incendio*. Memoria para optara al Título de Ingeniero Civil Mecánico. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

12 Anexos

A.1 Colegio A

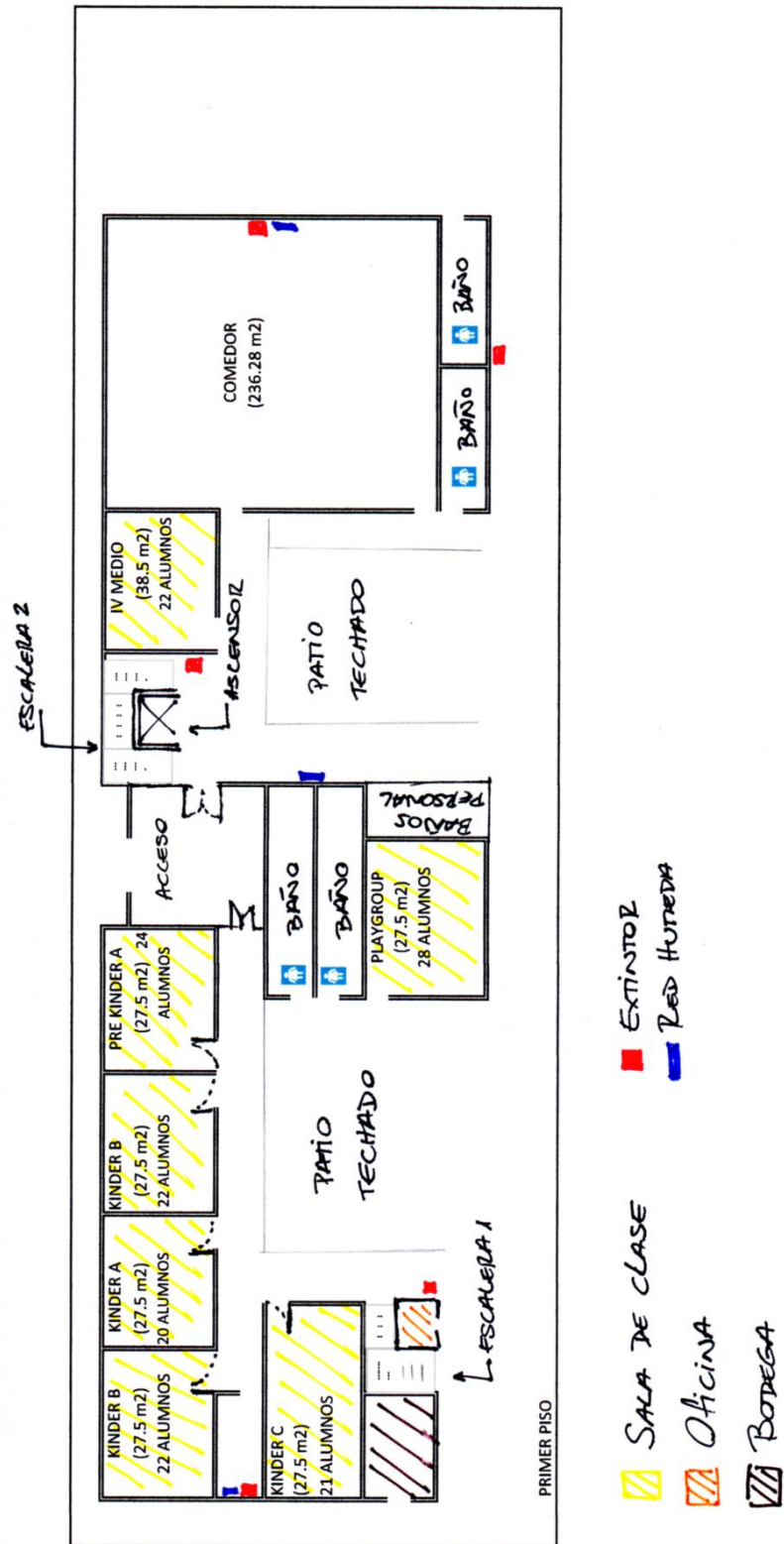


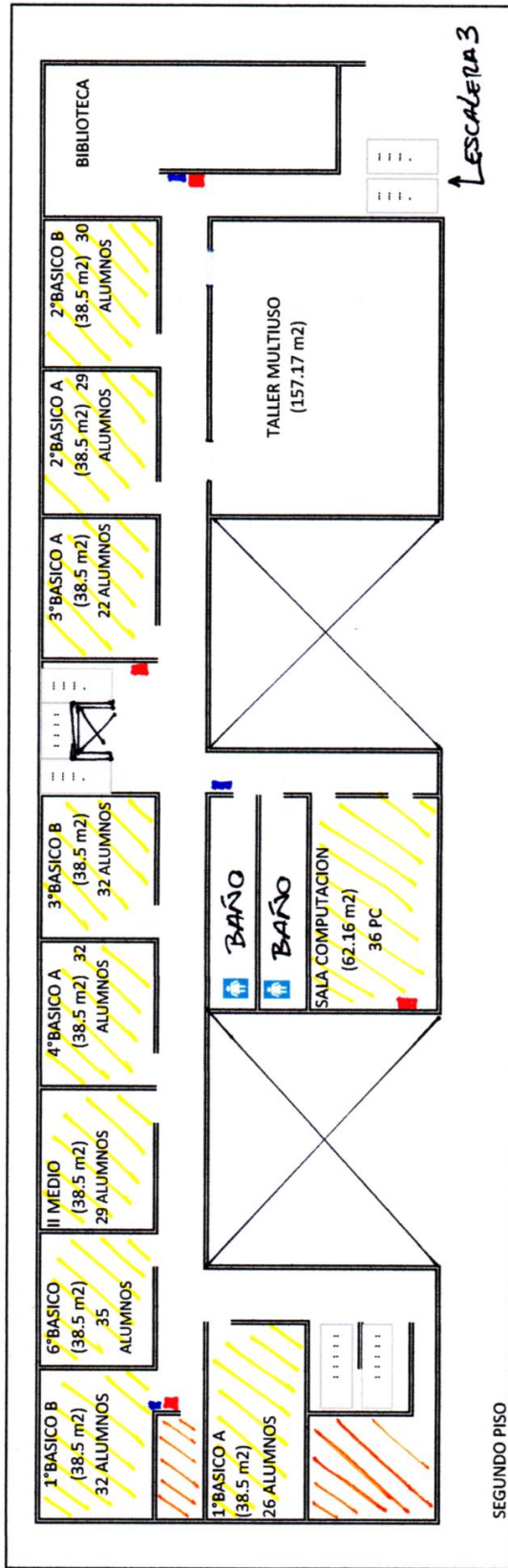
-  SALAS DE CLASES
-  Oficinas
-  Repisas con LIBROS
-  Bodega

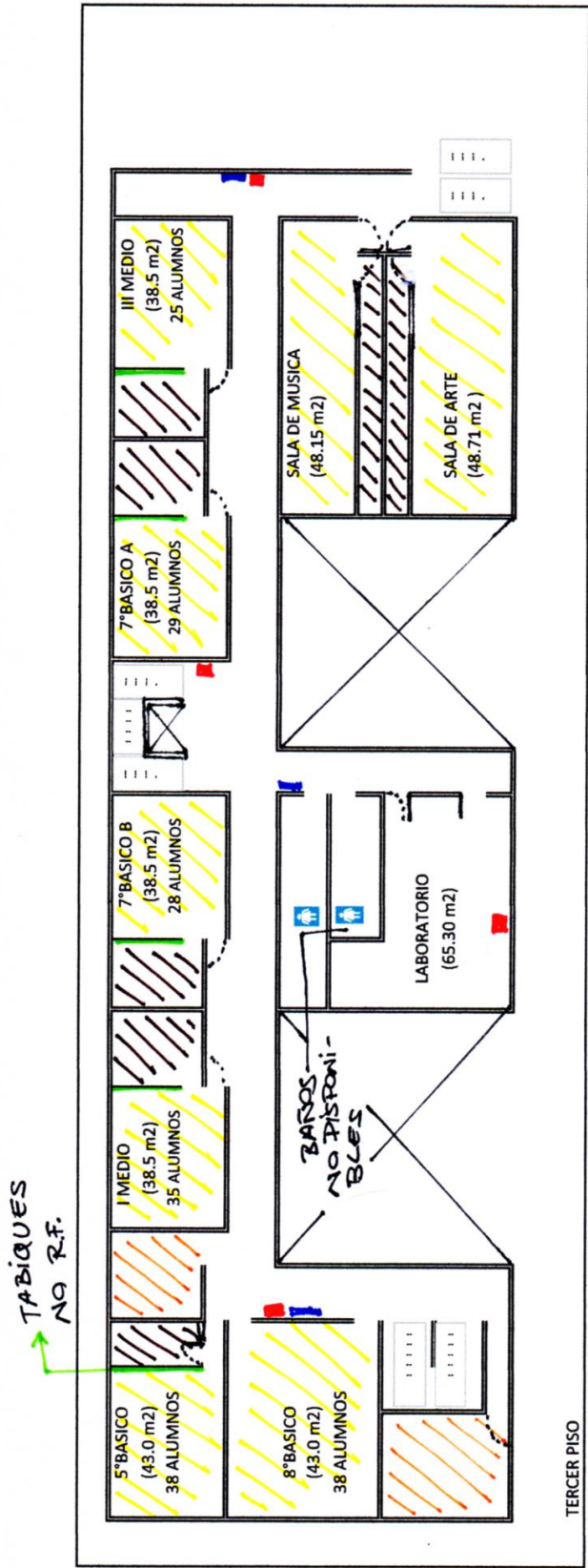


SEGUNDO PISO 2015

A.2 Colegio B







SALA DE CLASES

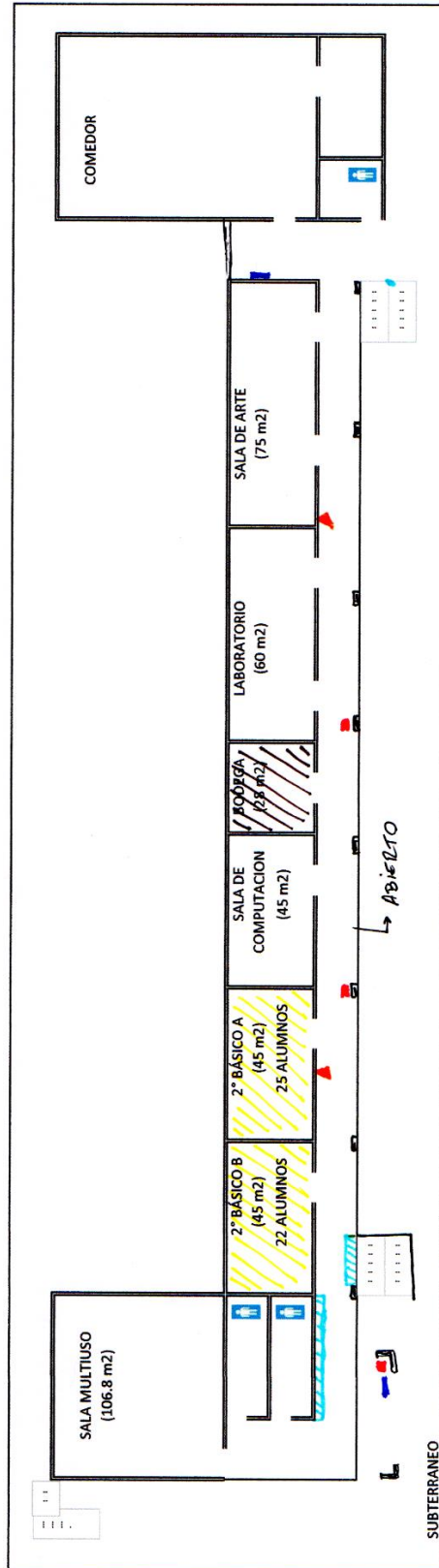
Oficina

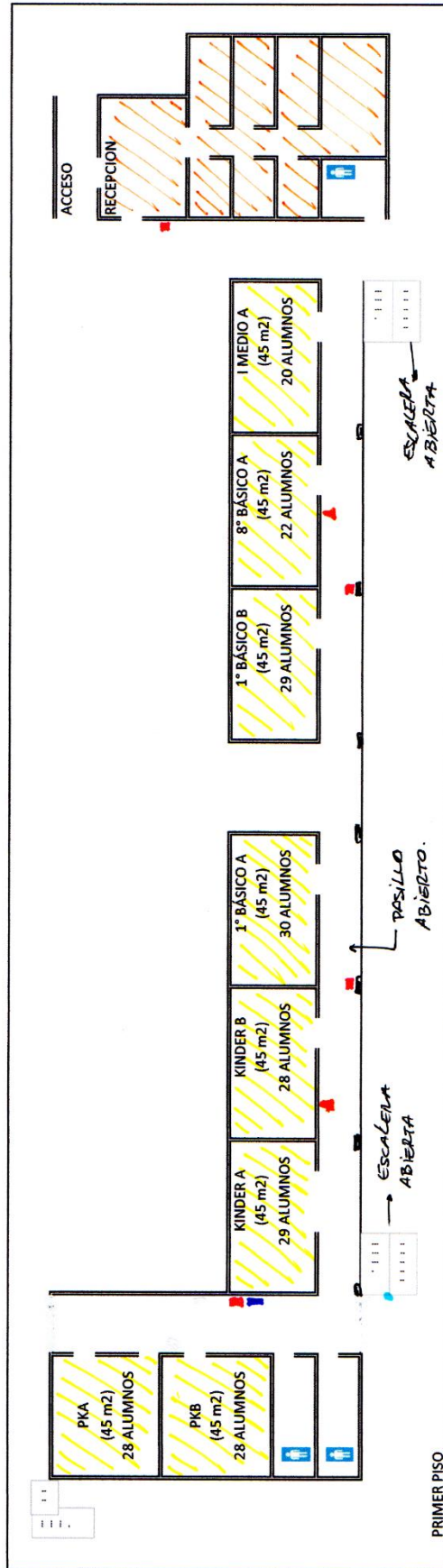
BODEGA

EXTINTOR

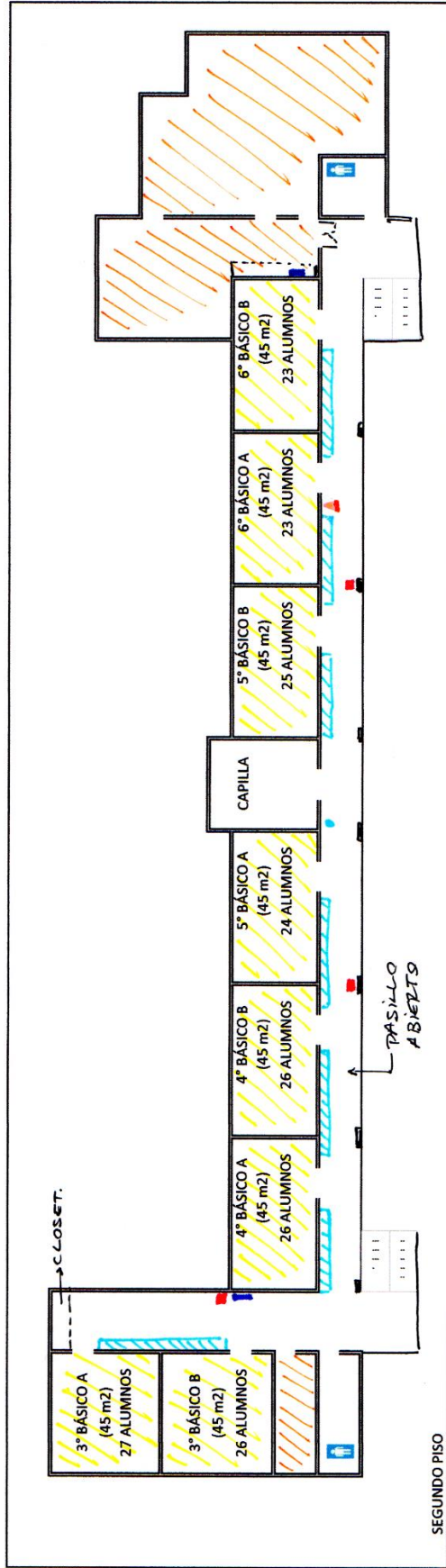
Red HÚMEDA

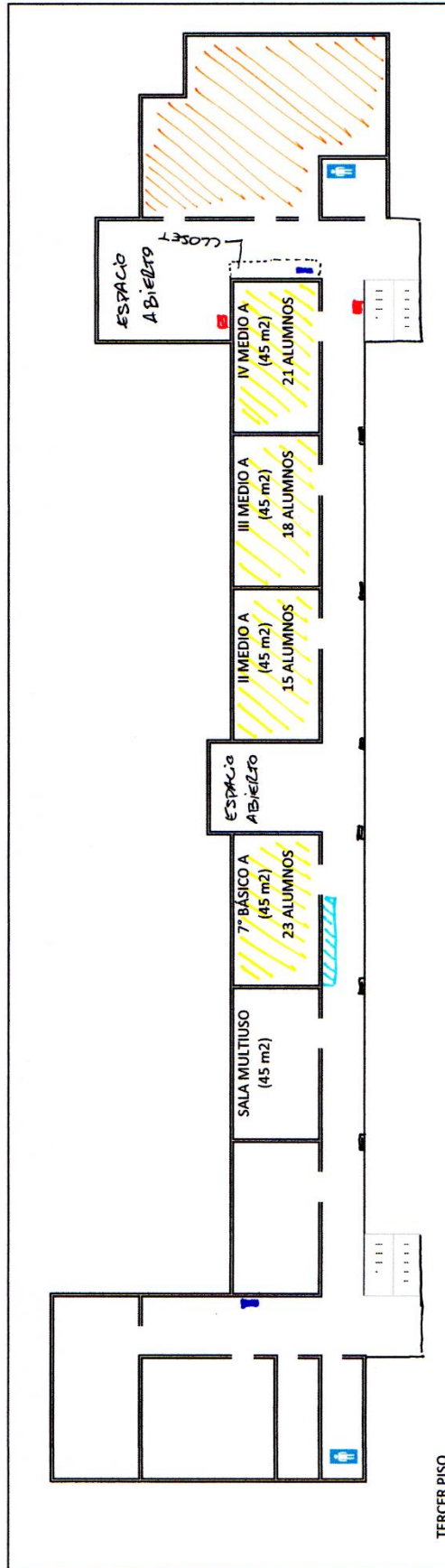
A.3 Colegio C





- SALAS DE CLASES
- OFICINAS
- EXTINTOR
- RED HÚMEDA
- RED INERTE
- LUZ DE EMERGENCIA

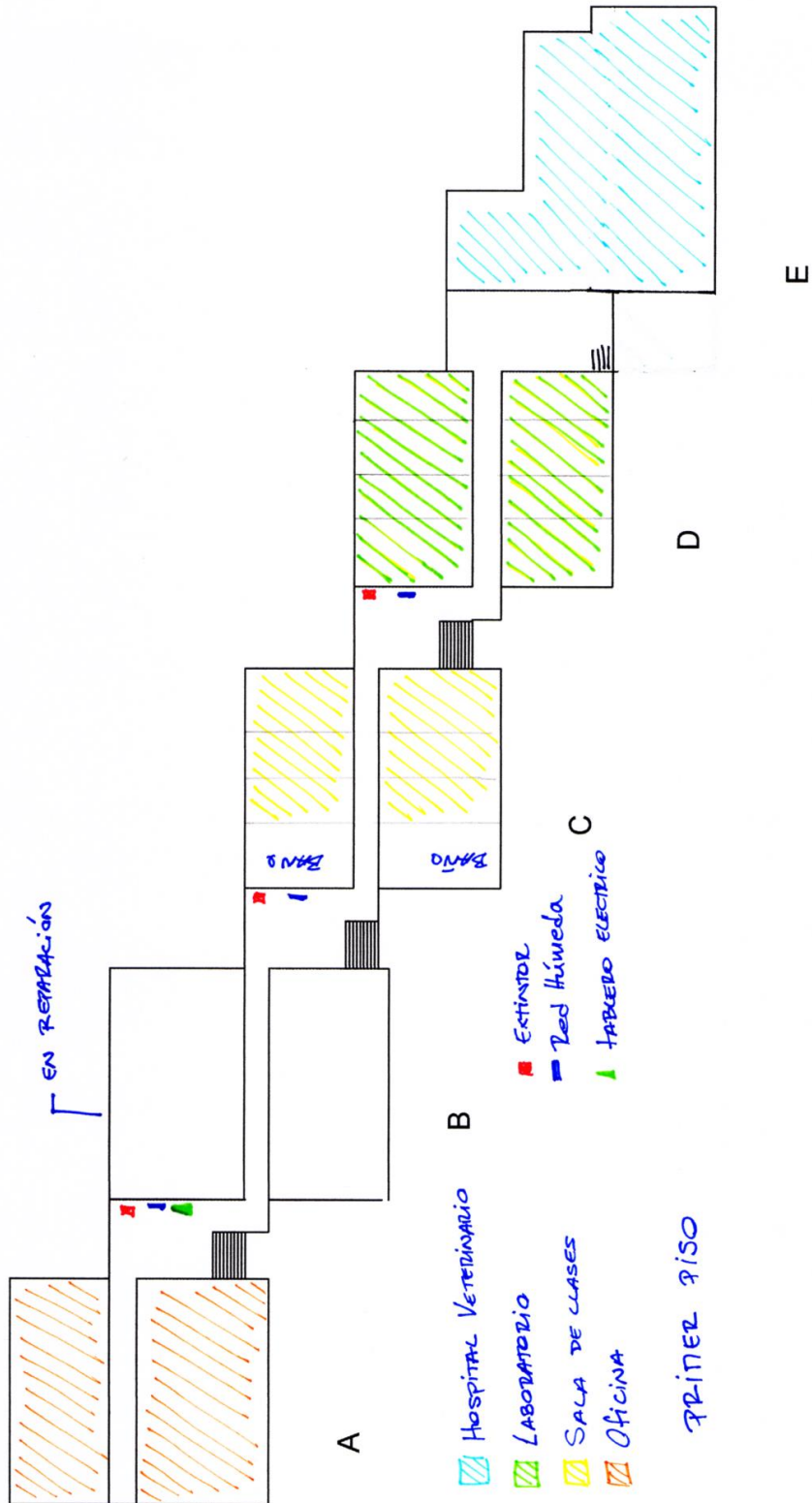


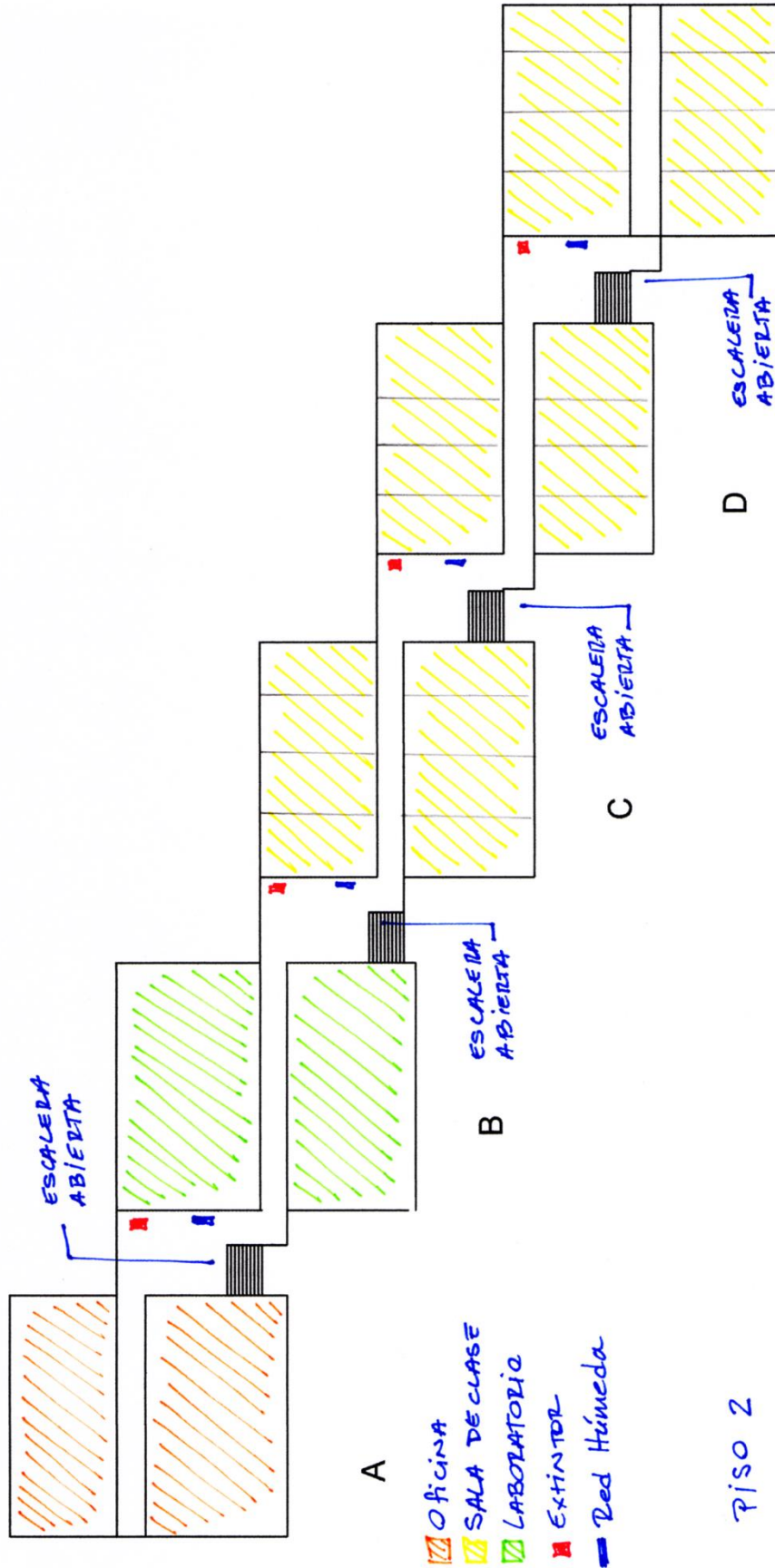


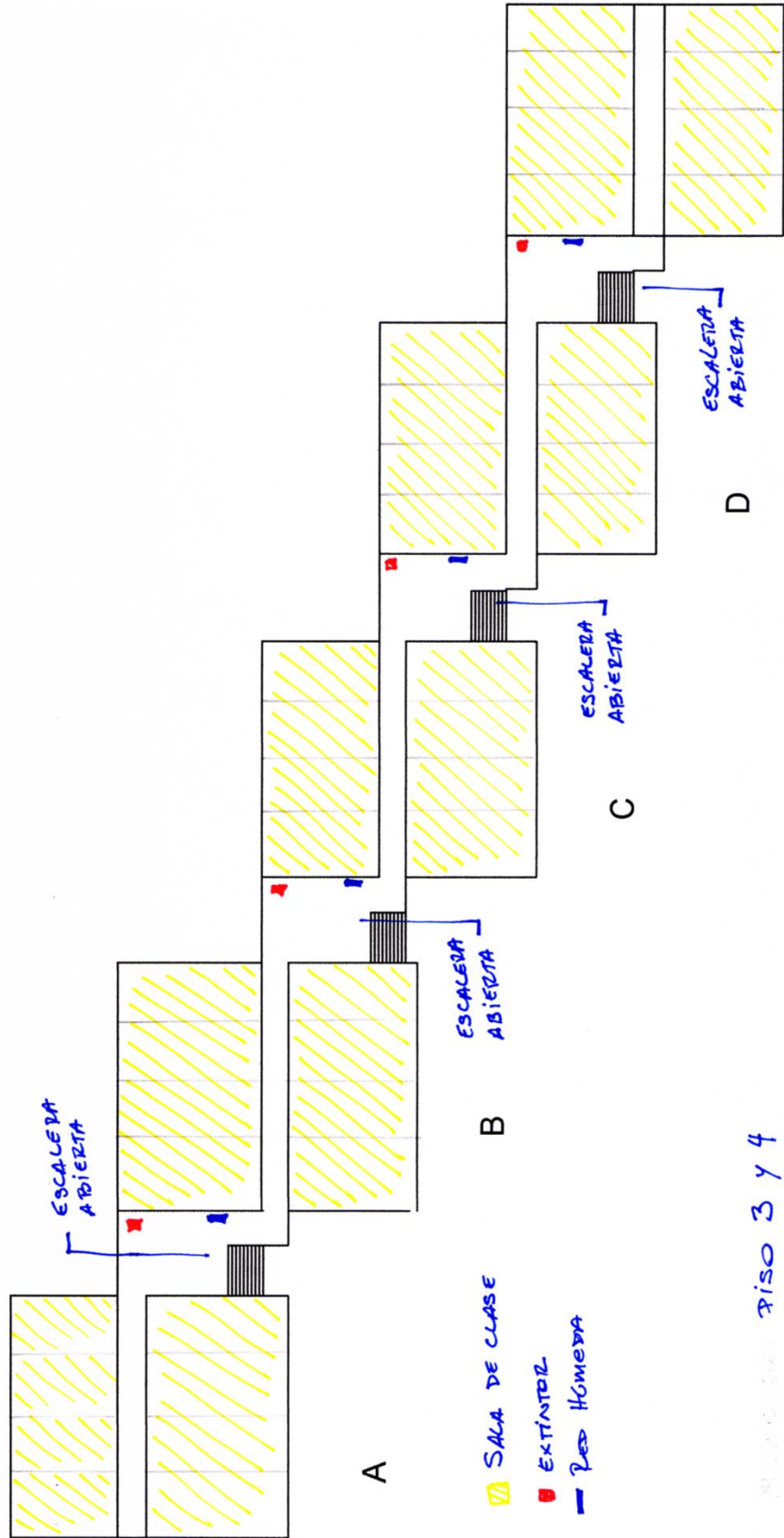
- ▨ SALA DE CLASE
- ▨ OFICINA
- EXTINTOR
- ➡ DES HÚNEDA
- ▨ CASILLERO DETALICO

A.4 Universidad 1

A.4.1 Edificio A al E

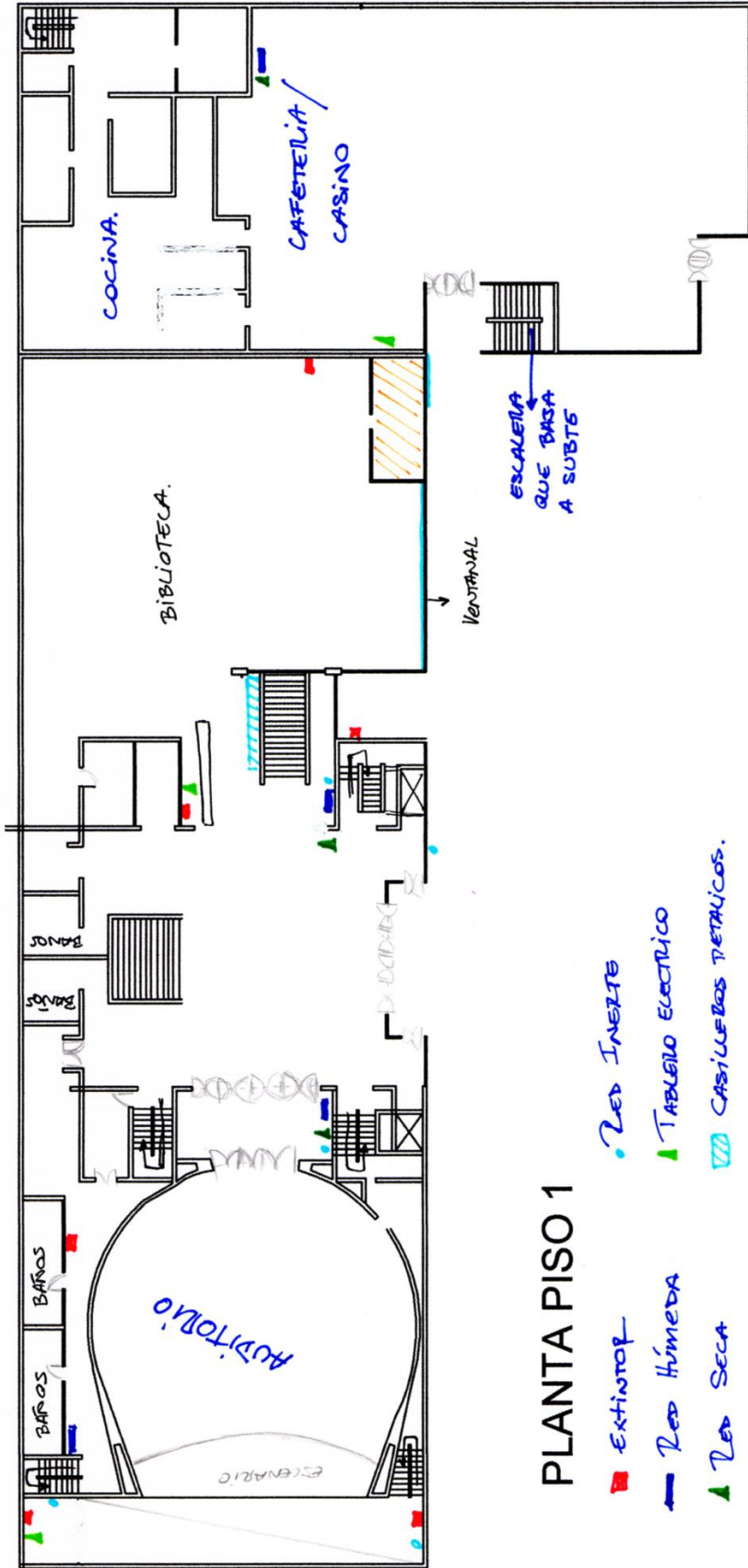






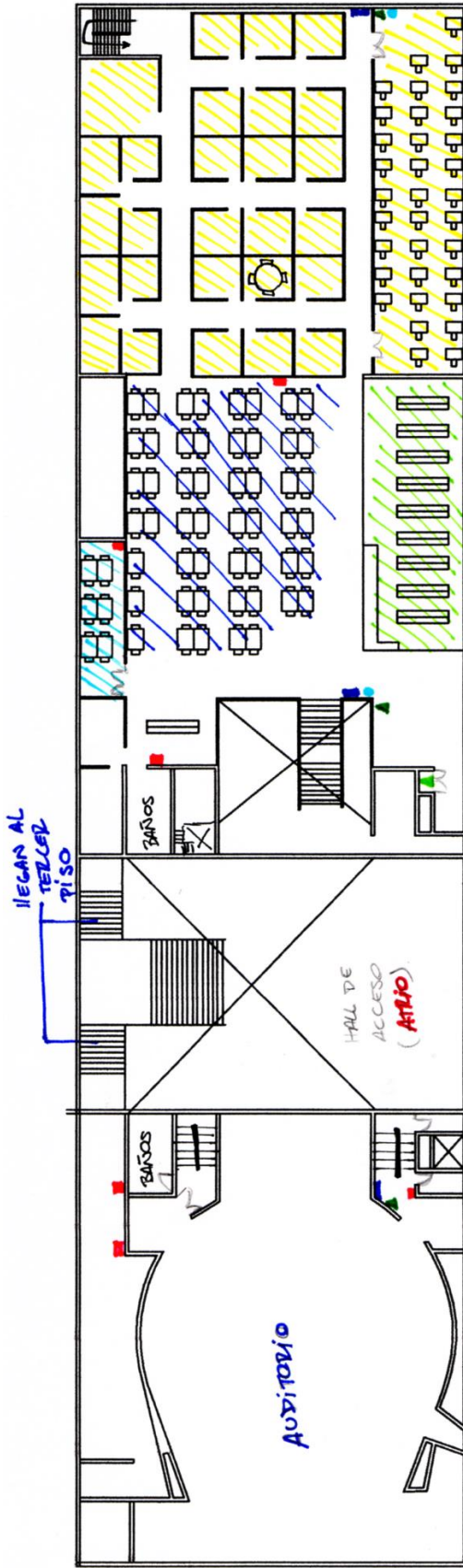
A.4.2 Edificio F





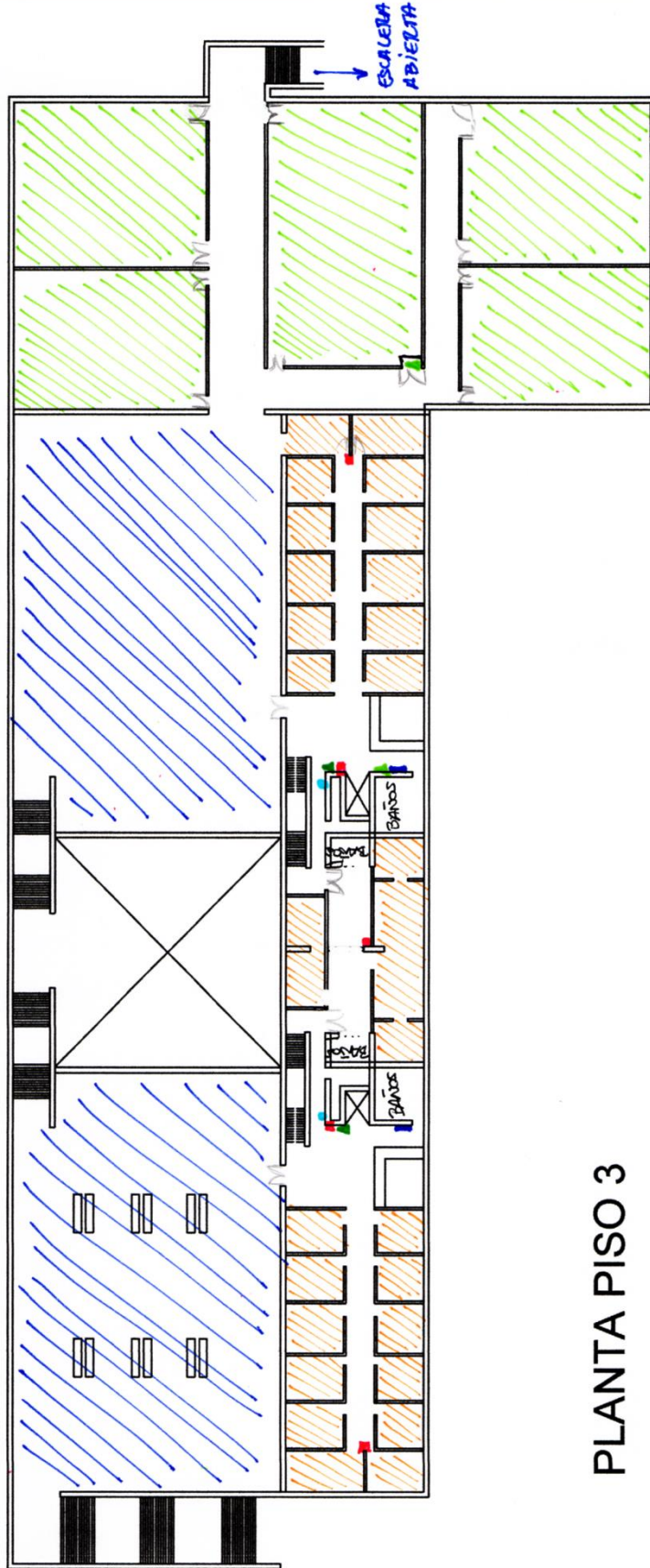
PLANTA PISO 1

- EXTINTOR
- RED HÚMEDA
- ▲ RED SECA
- LED INEYTE
- ▲ TABLERO ELECTRICO
- ▨ CASILLEROS DECORATIVOS.











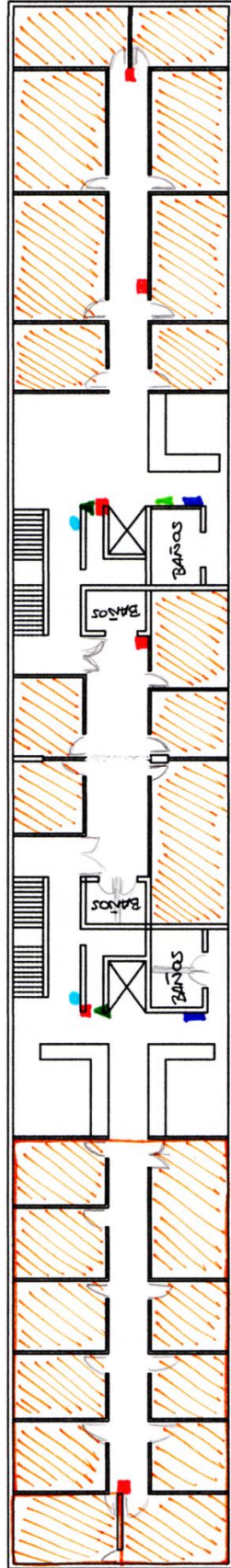
PLANTA PISO 2

- | | |
|---------------------|------------------------|
| ■ Extintor | ■ Salas de estudio |
| — Red alarma | ■ Sala de computadores |
| ▲ Red Seca | ■ Mesas de estudio. |
| ● Red smoke | ■ Libros. |
| ▲ Tablero eléctrico | |









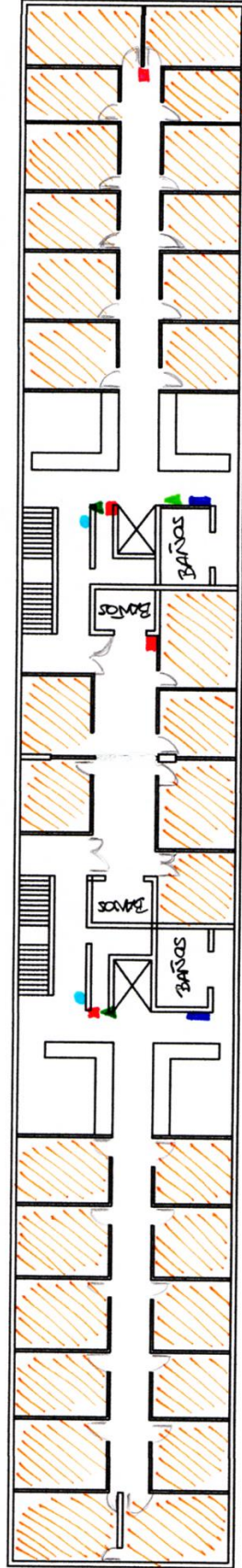
PLANTA PISO 3

-  Oficinas
-  Salas de clases.
-  Mesas de estudio/comedor
-  Escritorio
-  Red fimecha
-  Red Seca
-  Red inerte
-  Tablero electrónico




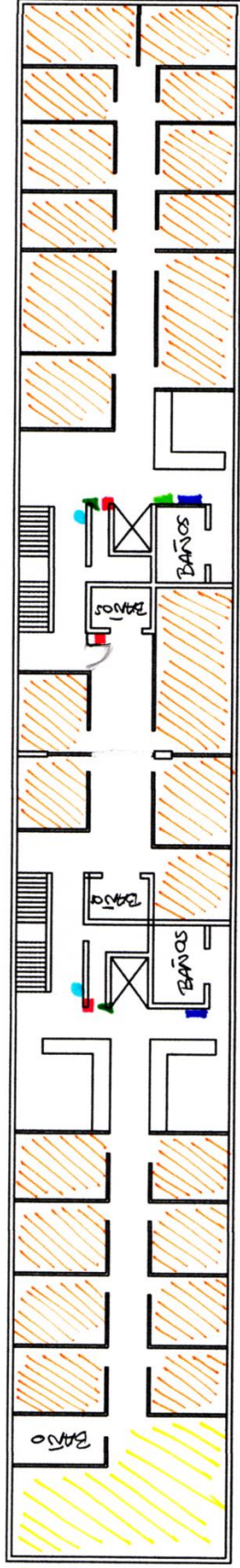
PLANTA PISO 4

-  Oficinas
-  Extintor
-  Red Húmeda
-  Red SECA
-  Red ierve
-  tablero eléctrico.









PLANTA PISO 5

-  Oficinas
-  EXTINTOR
-  Red húmeda
-  Red Seca
-  Red inverte
-  tablero eléctrico

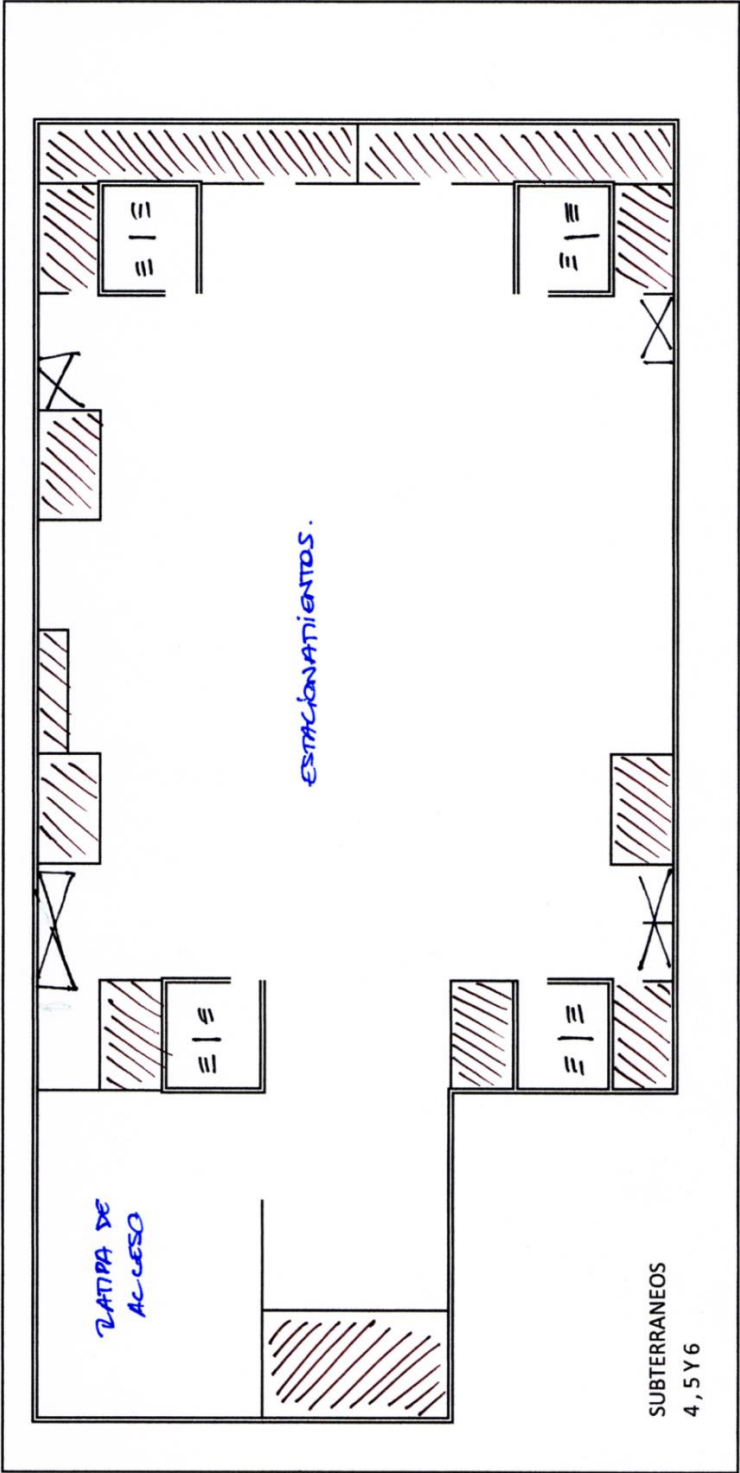


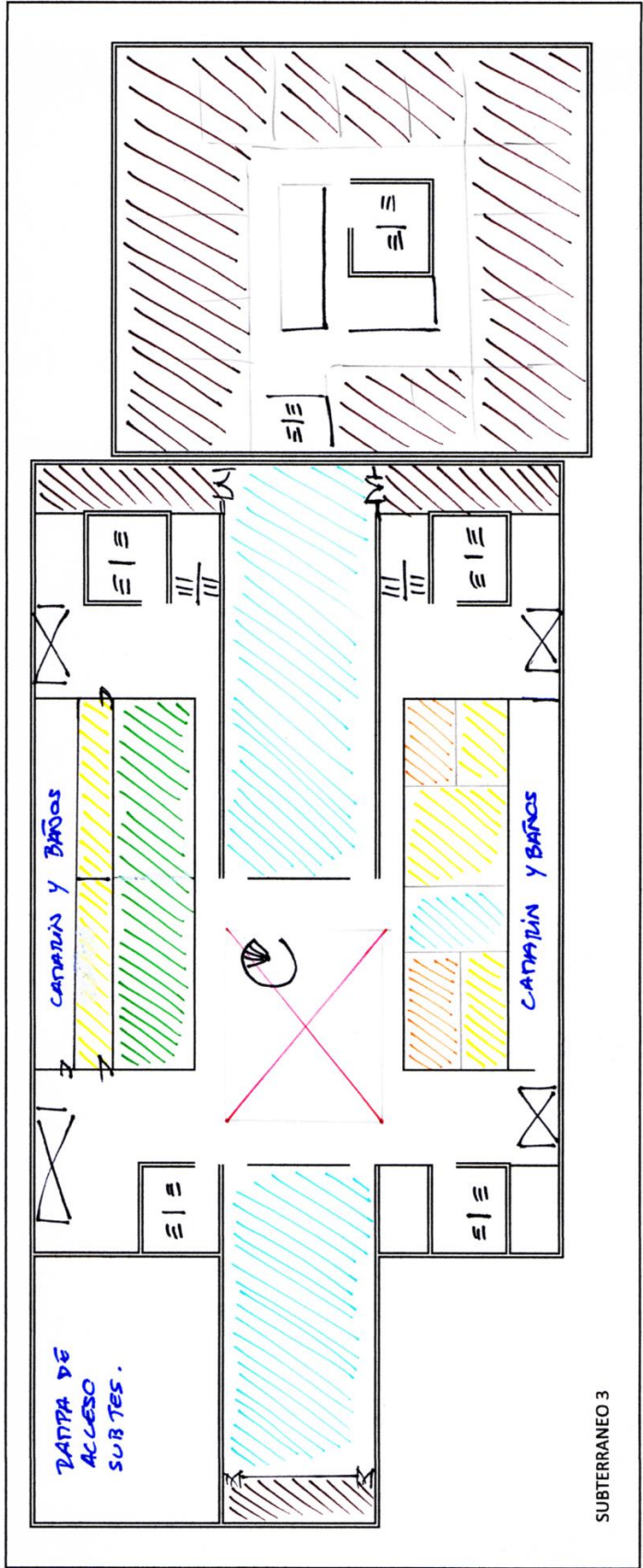
PLANTA PISO 6

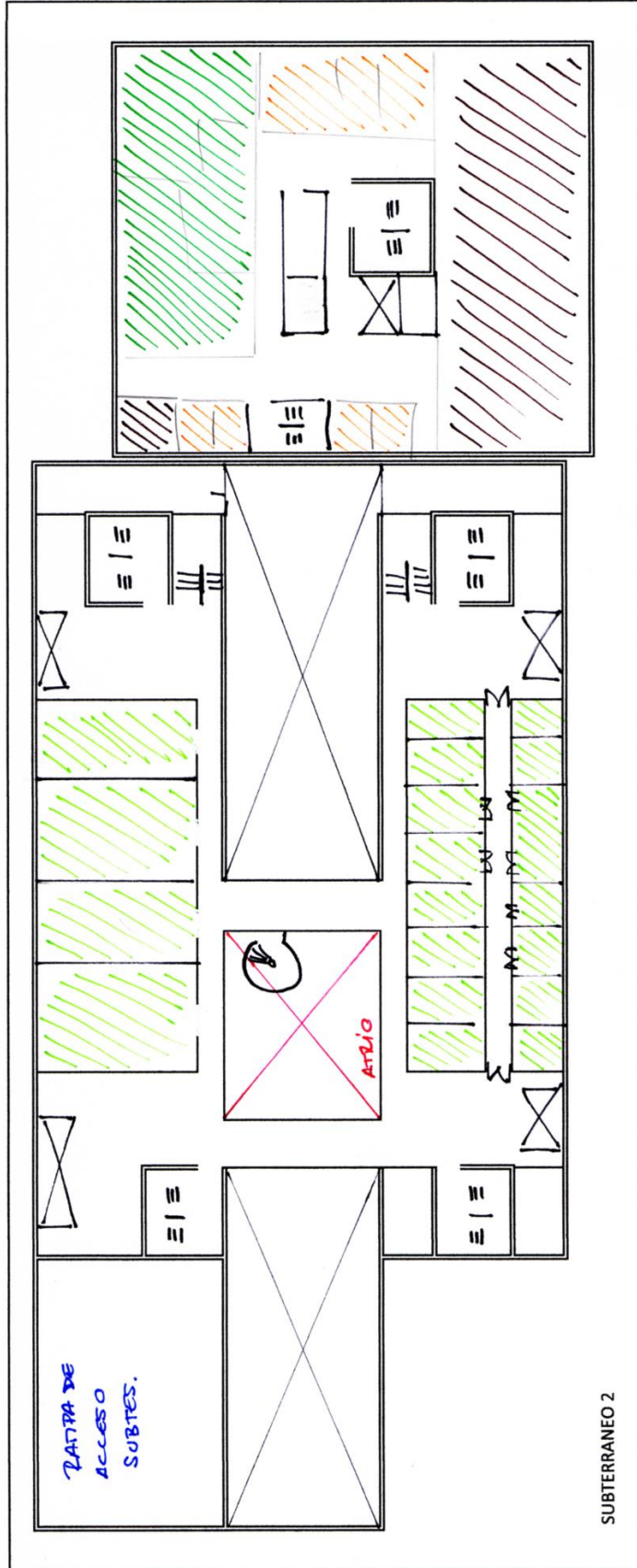
-  Oficinas
-  SALA DE REUNIONES
-  Extintor
-  Ped. Humedec.
-  Ped. Seca
-  Ped. mark
-  Tablero eléctrico.

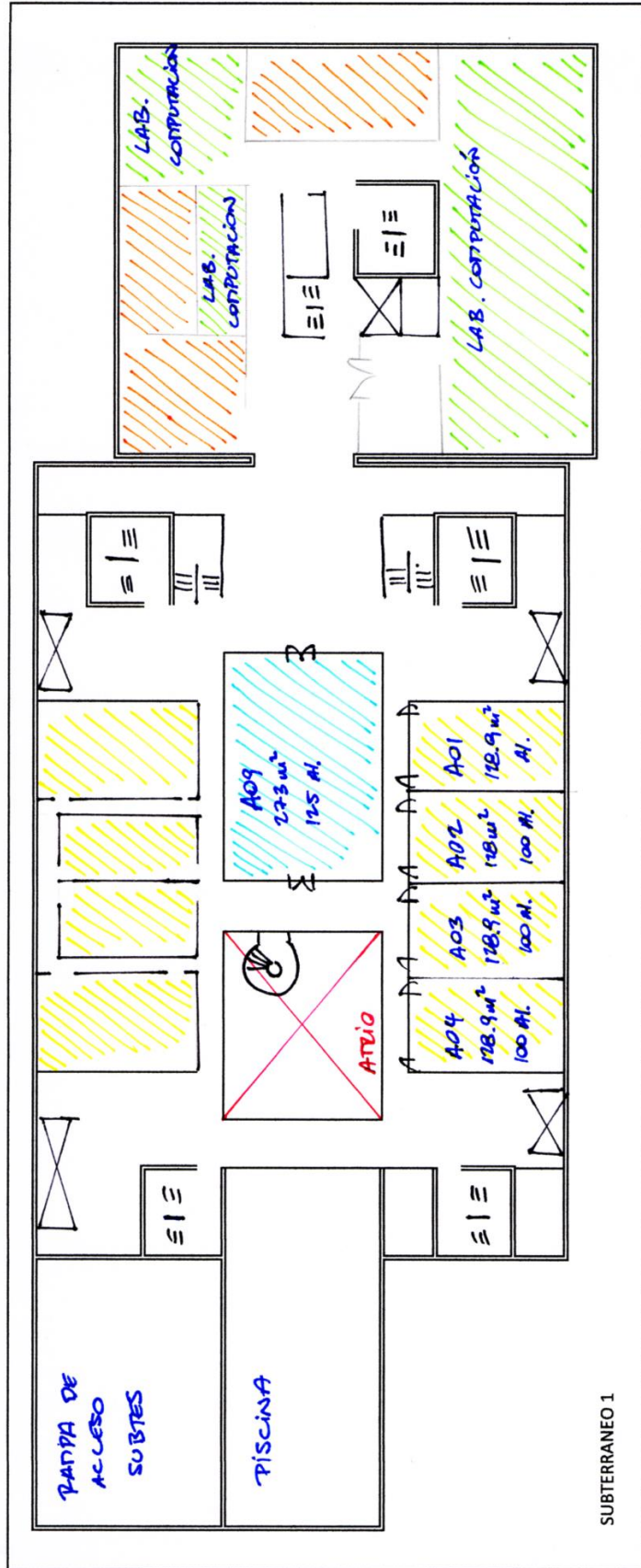
A.5 Universidad 2

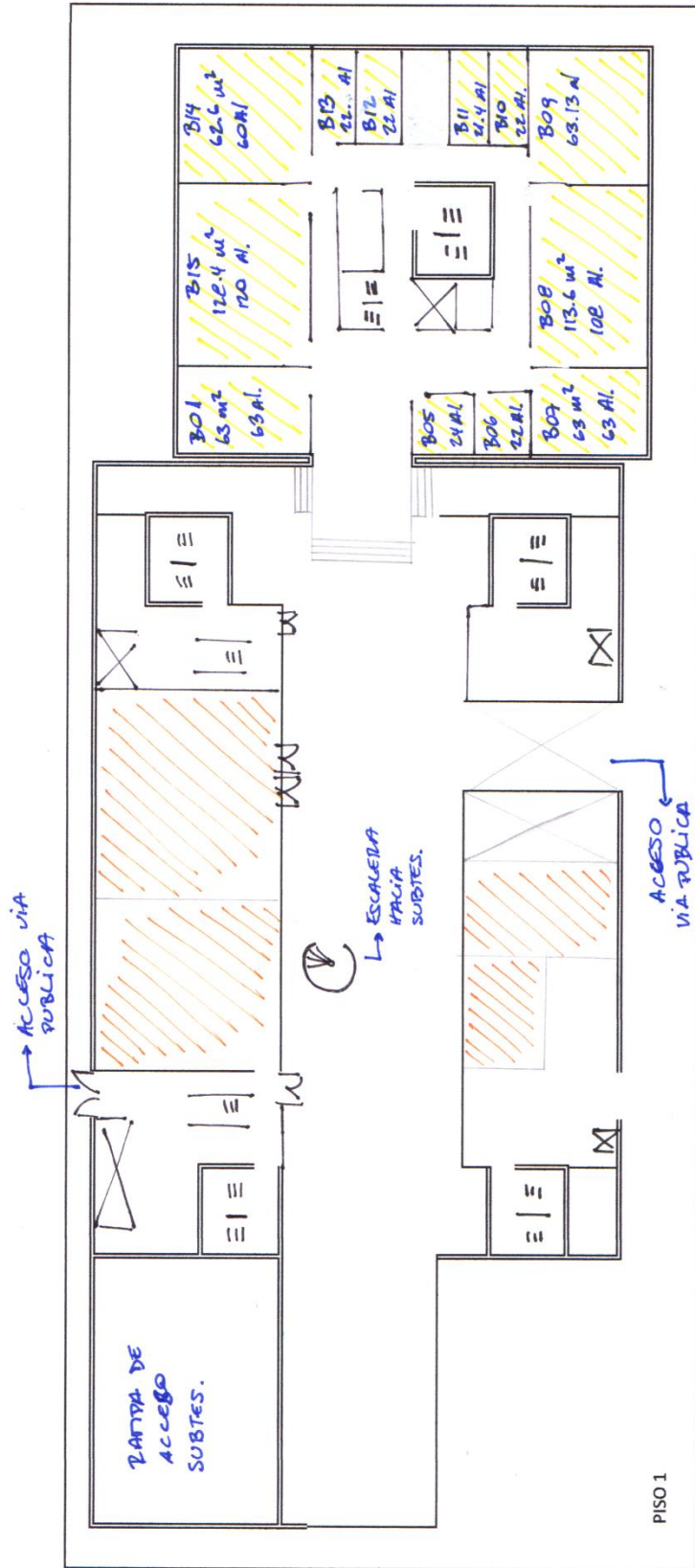
A.5.1 Edificio A, edificio B y edificio C

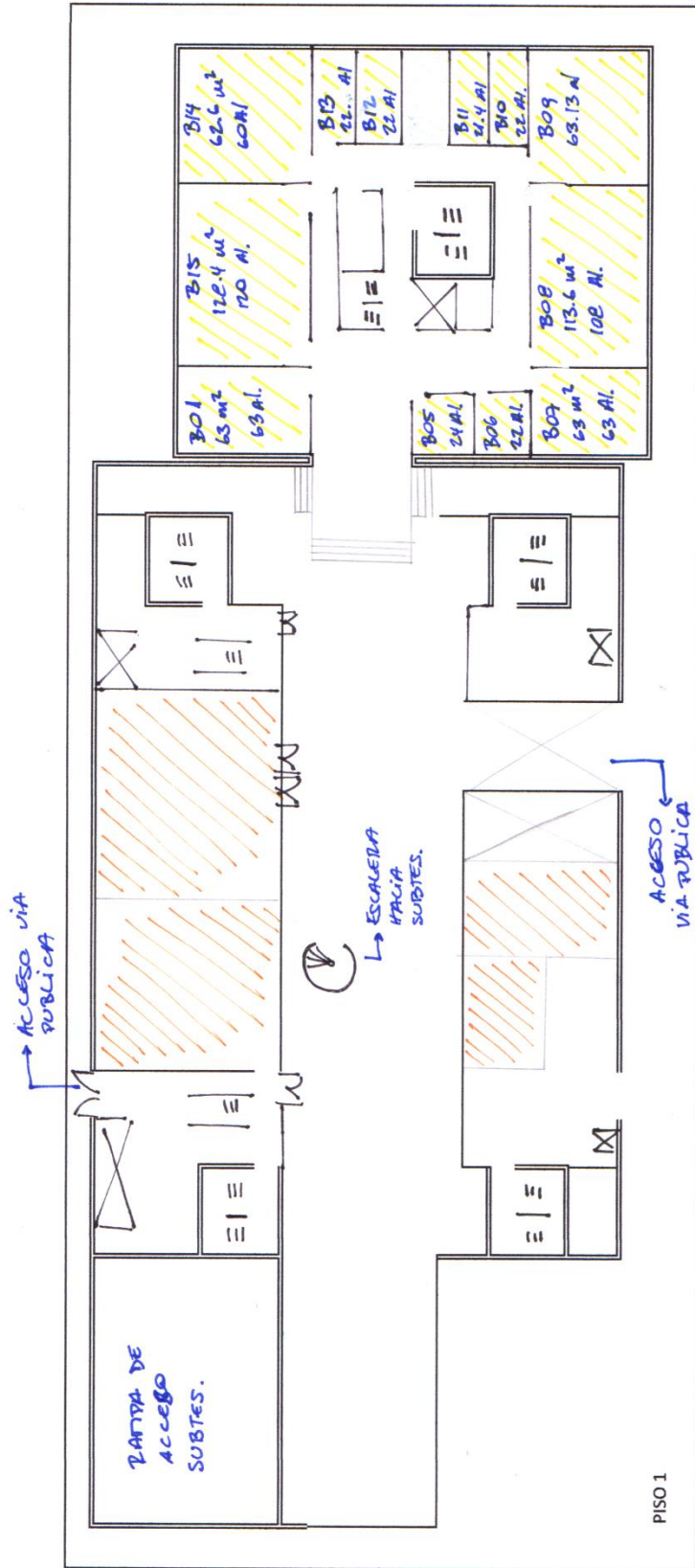








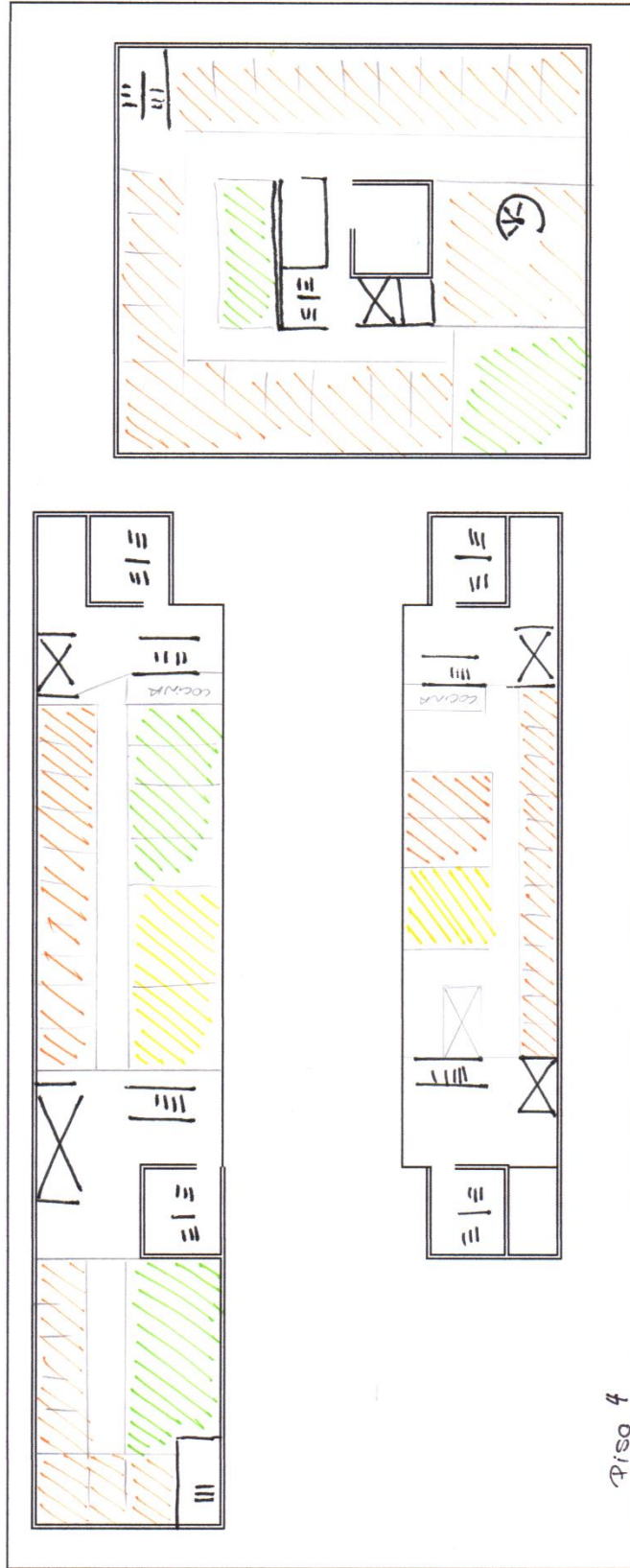


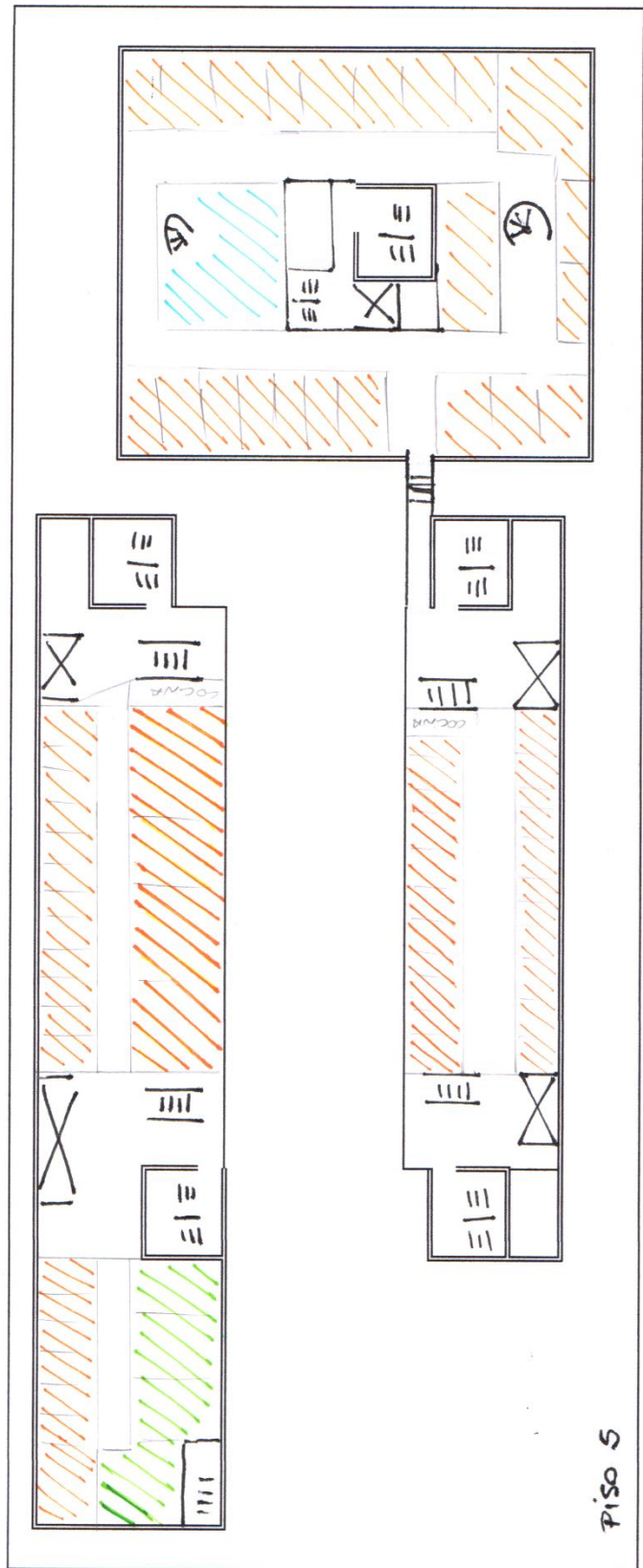




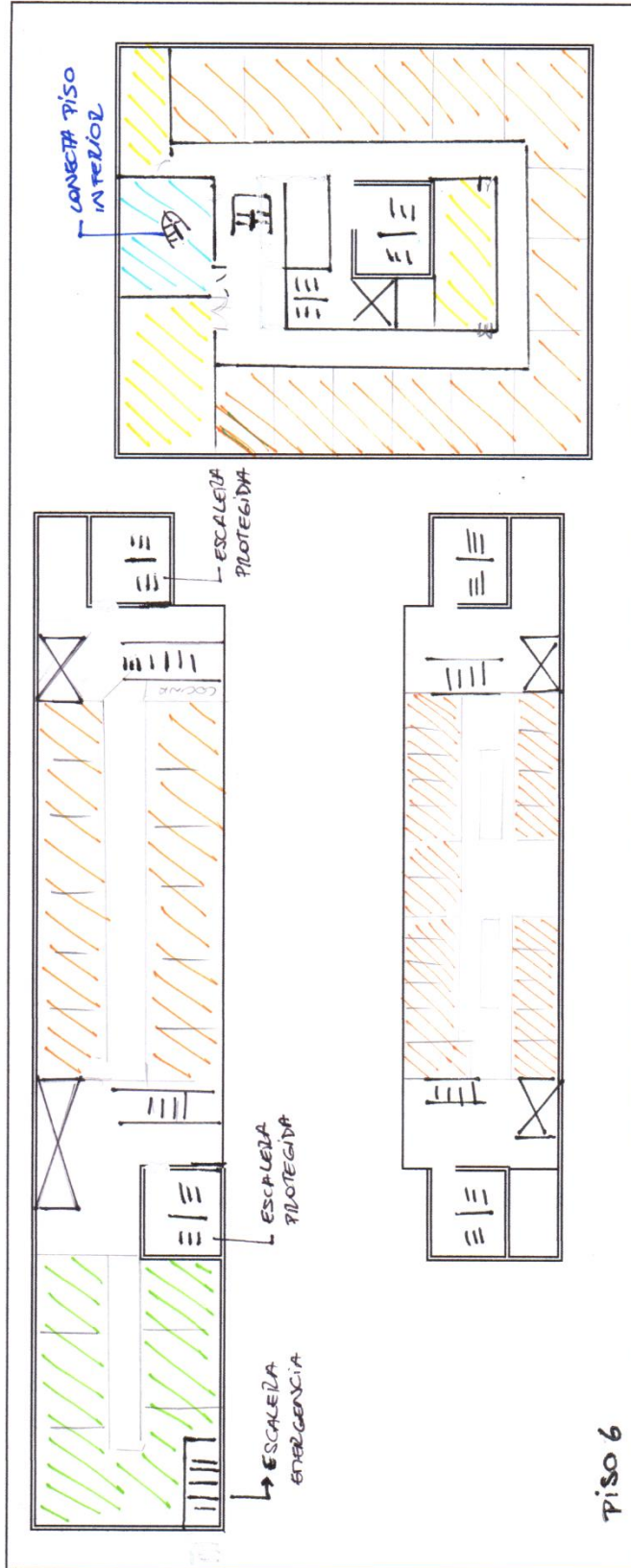
PISO 3

- ▨ OFFICINA
- ▨ LABORATORIO
- ▨ BIBLIOTECA
- ▨ AUDITORIO

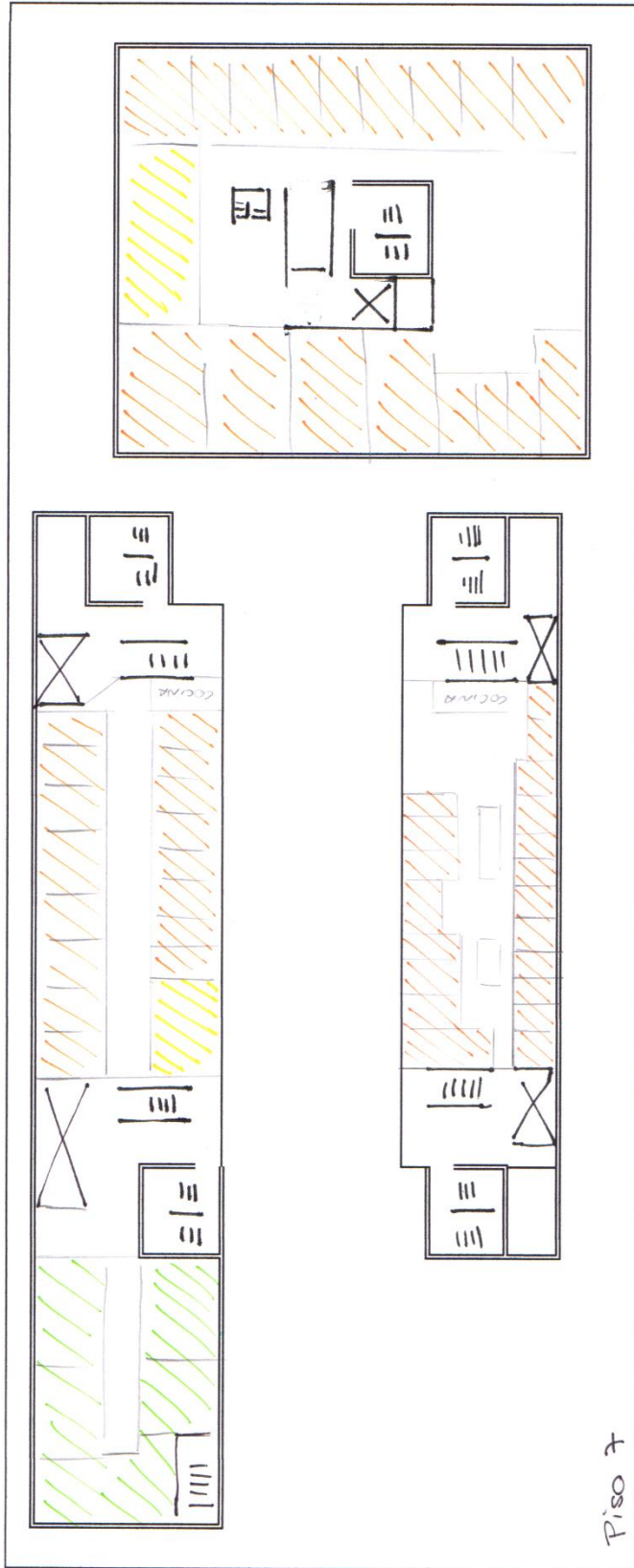




-  Oficina
-  LABORATORIO
-  SALA MULTIFUNSO
-  BIBLIOTECA



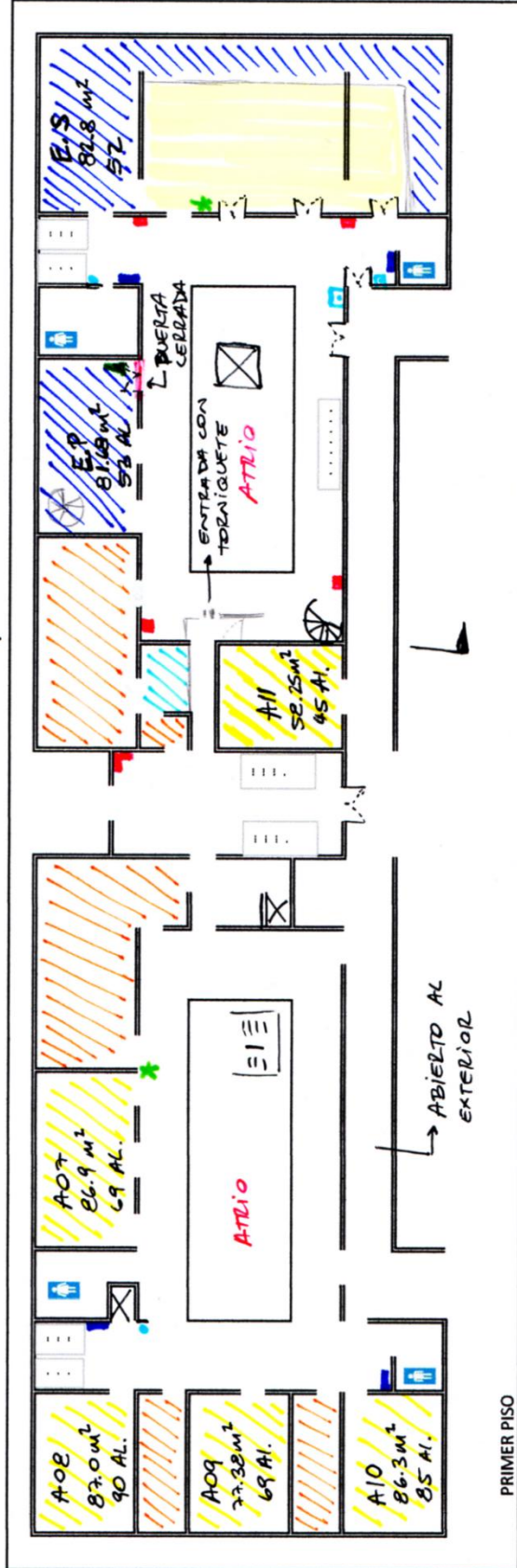
- BIBLIOTECA
- OFICINA
- LABORATORIO
- SALA MULTIFUNDO



A.5.2 Edificio D



BIBLIOTECA

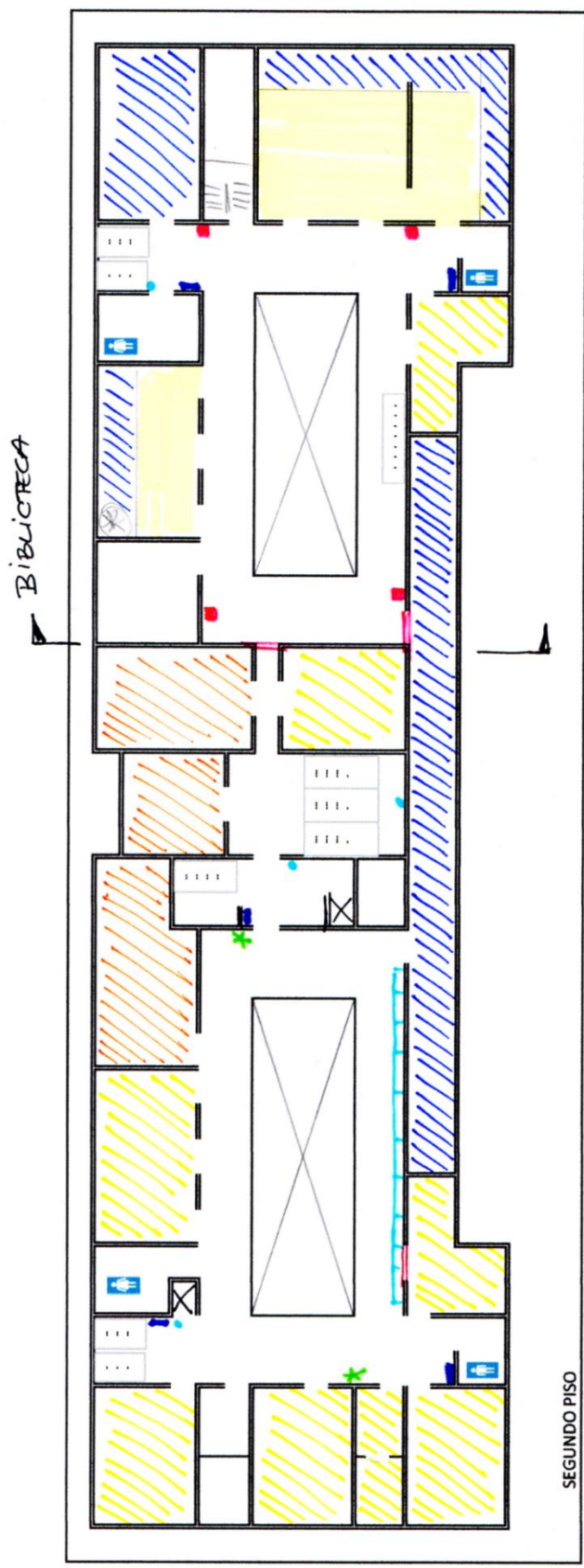


PRIMER PISO

- SALA DE CLASES
- OFICINA
- MESAS DE ESTUDIO
- GUARDARROPÍA

- SECTOR DE LIBROS
- EXTINTOR
- RED FUEGA
- TABLERO ELÉCTRICO
- LUZ DE EMERGENCIA

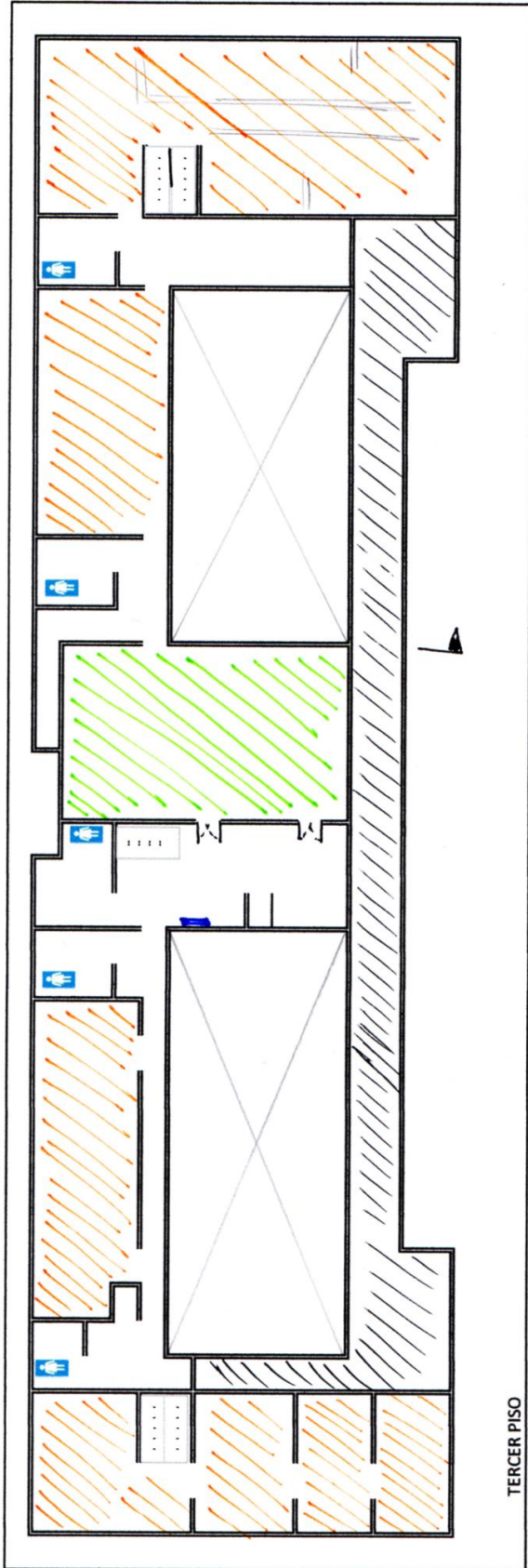
- ALARMA DE INCENDIO
- NICHOS DE LA LLAVE PARA ABRIR PUERTA ADYACENTE EN CASO DE EMERGENCIA



SEGUNDO PISO

- SALAS DE CLASES
- OFICINAS
- TRESAS DE ESTUDIO
- SECTOR DE LIBROS
- SILLONES
- EXTINTOR
- PED HÚMEDA
- LUZ DE EMERGENCIA
- ALARMA DE INCENDIO

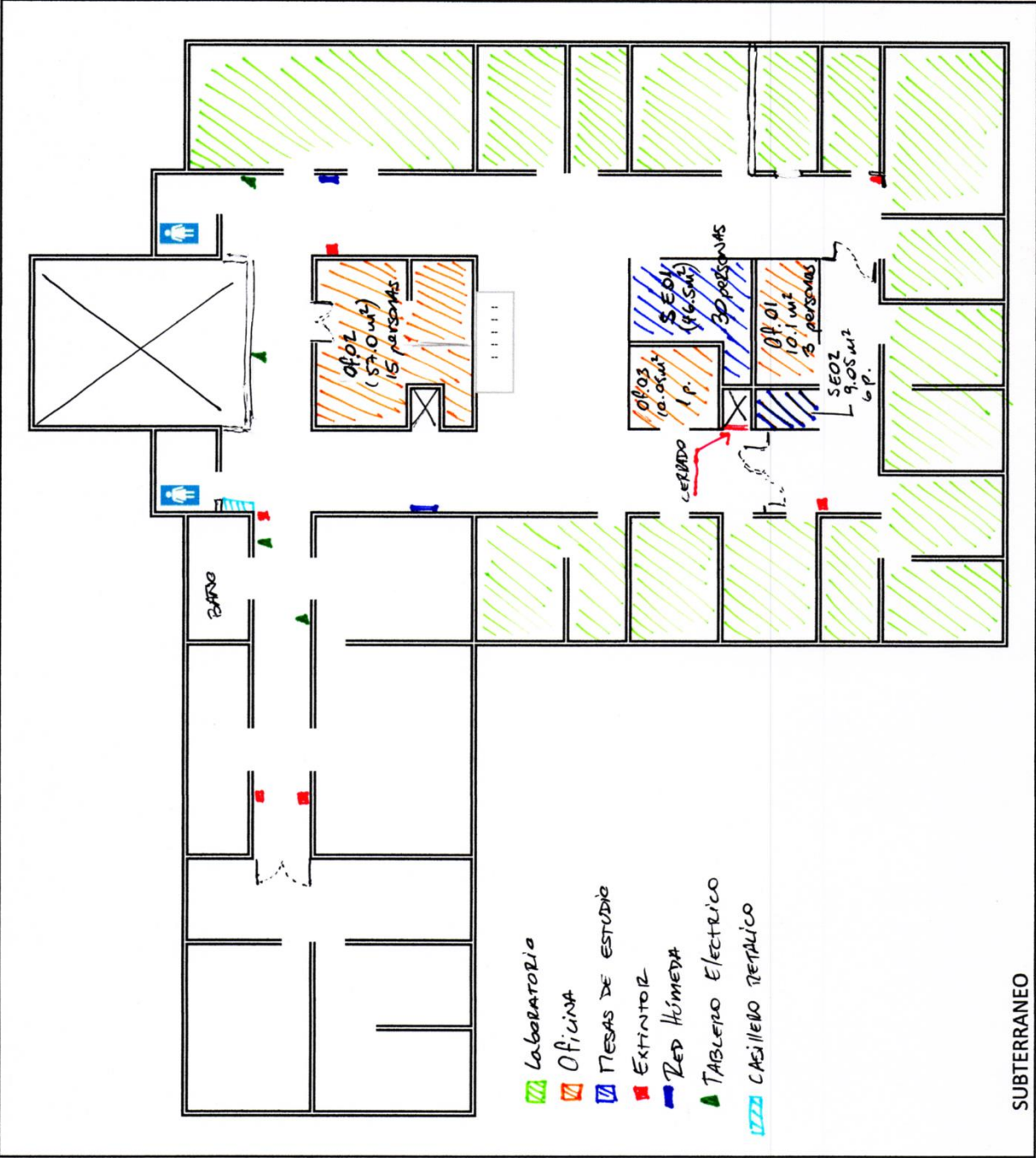
BIBLIOTECA

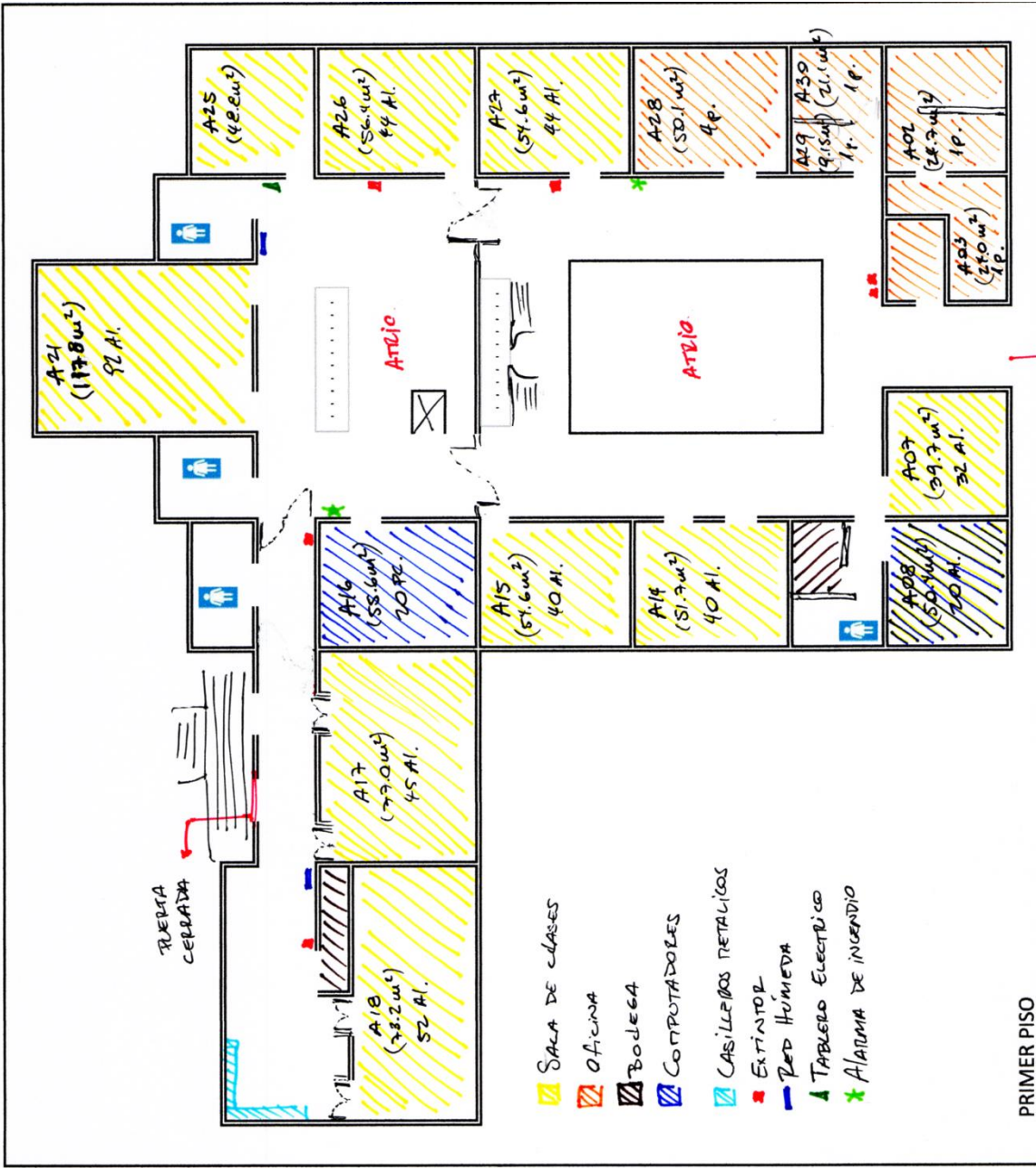


TERCER PISO

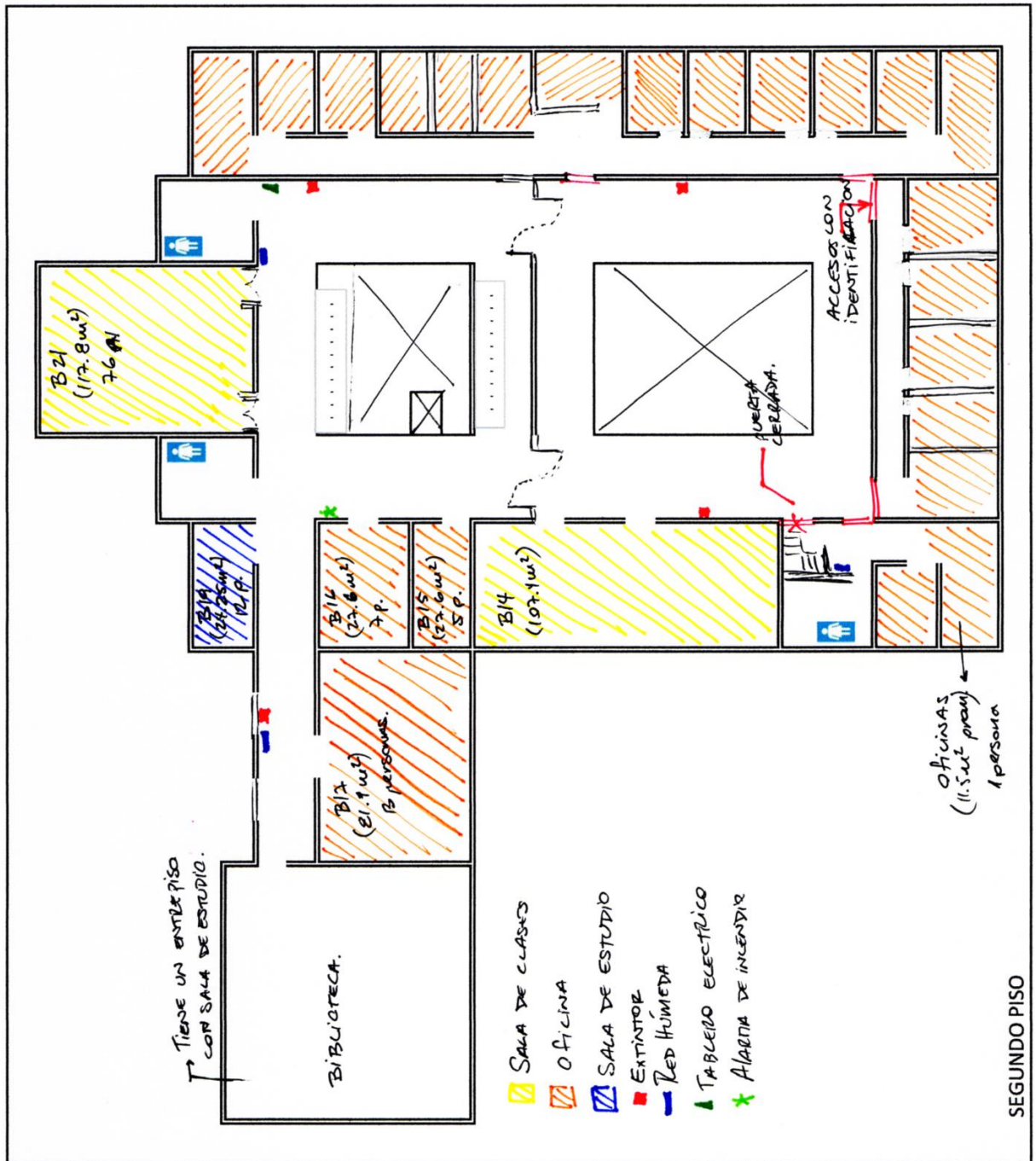
- OFICINA
- AUDITORIO
- RED HÚMEDA

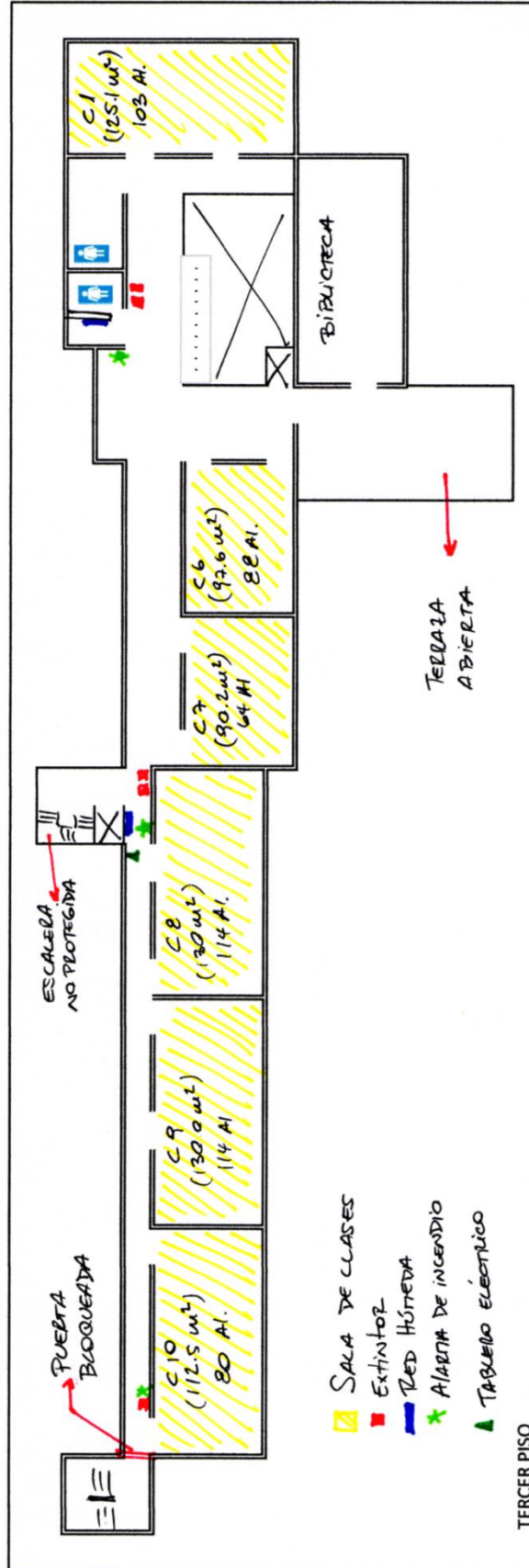
A.5.3 Edificio E



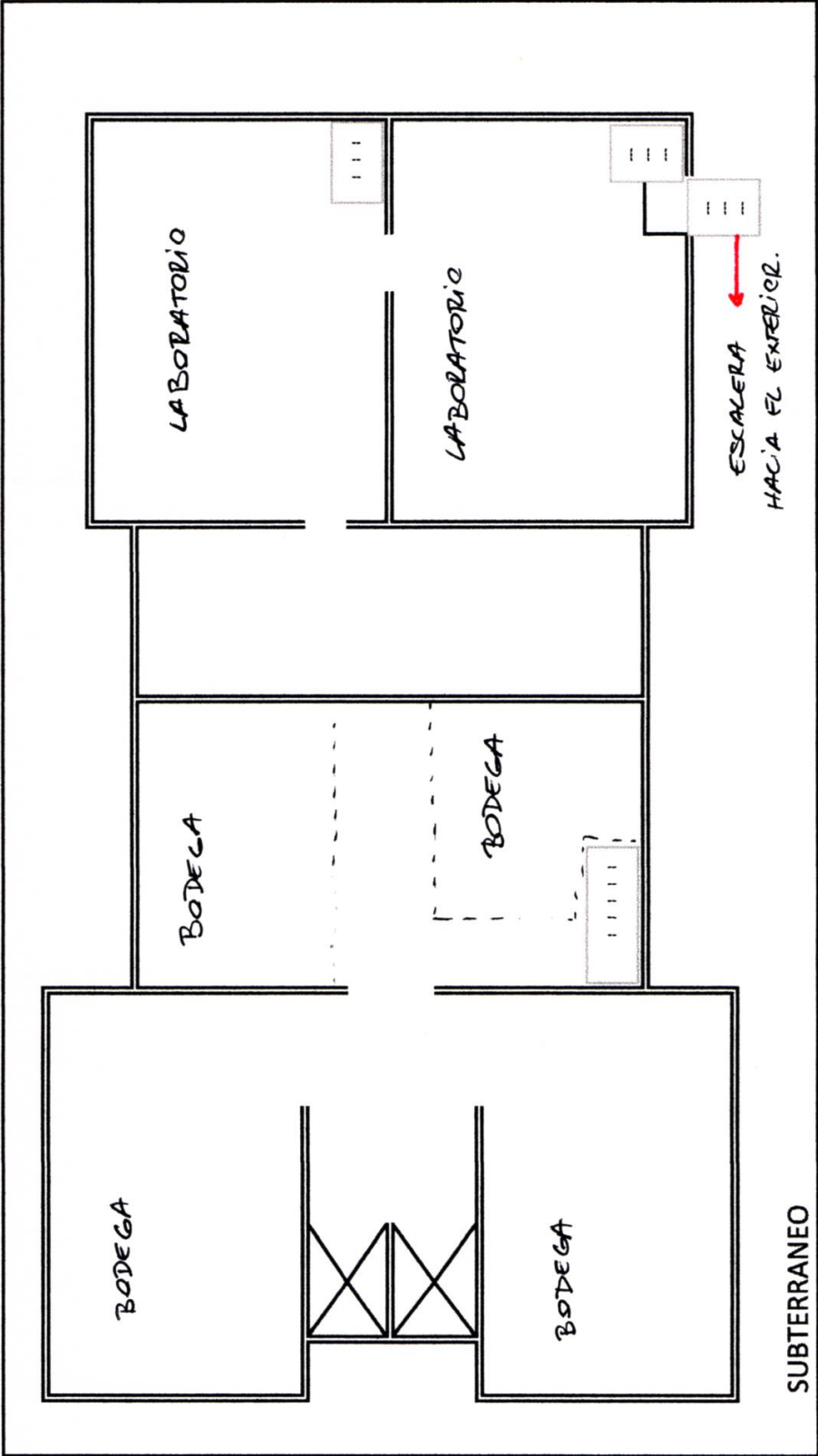


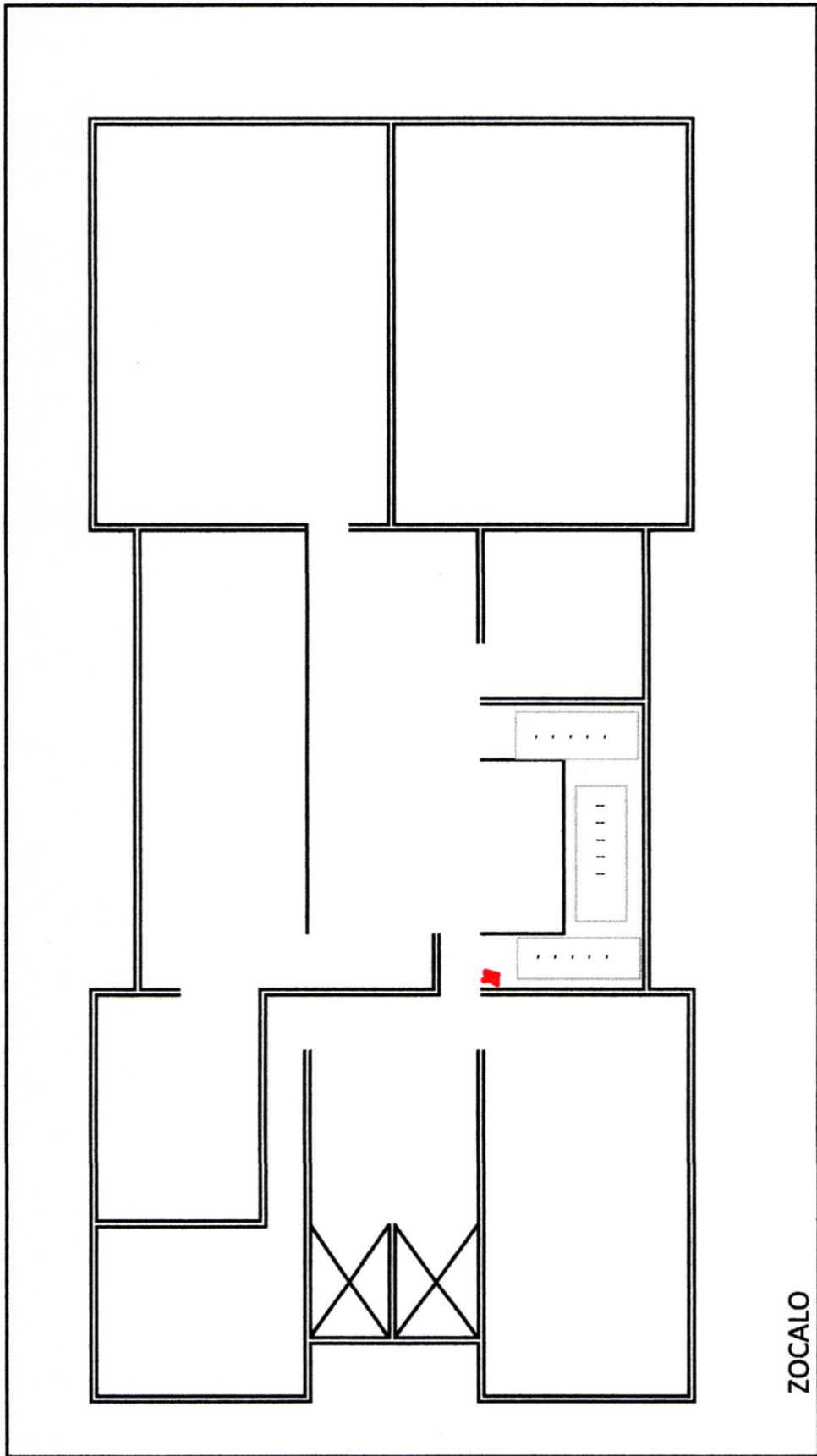
ACCESO RESTRINGIDO
CON TARJETA DE
IDENTIFICACION.

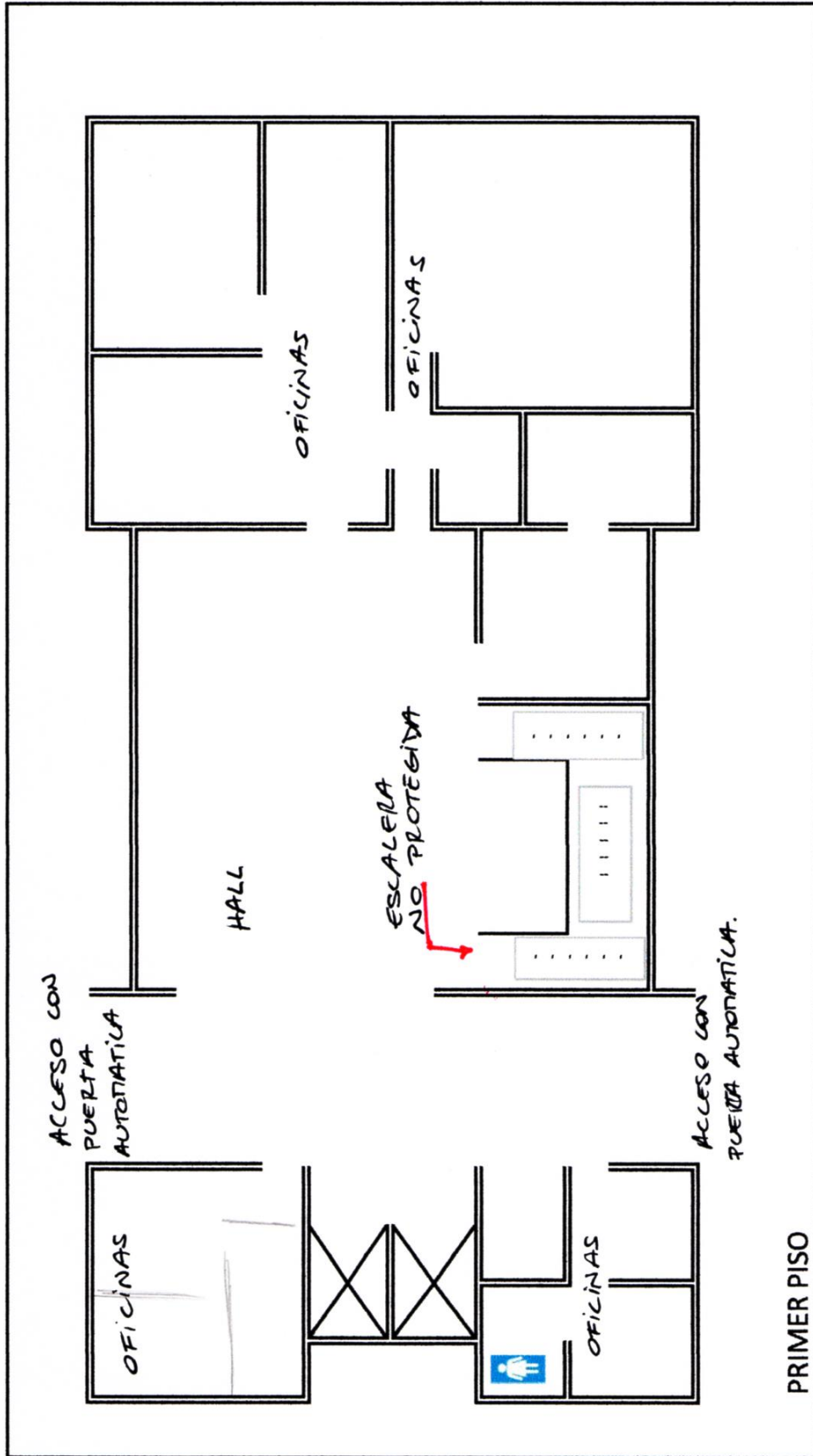


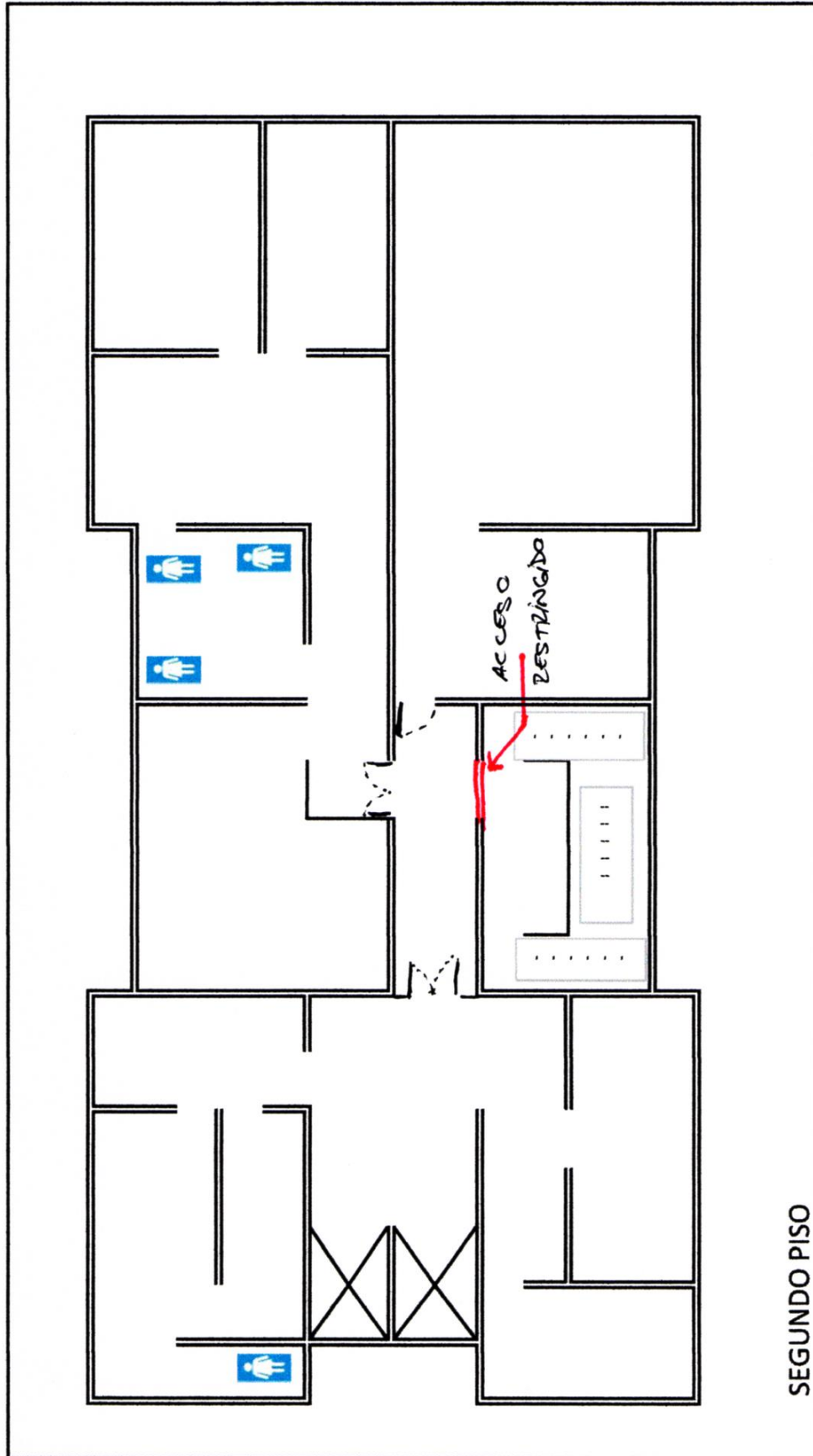


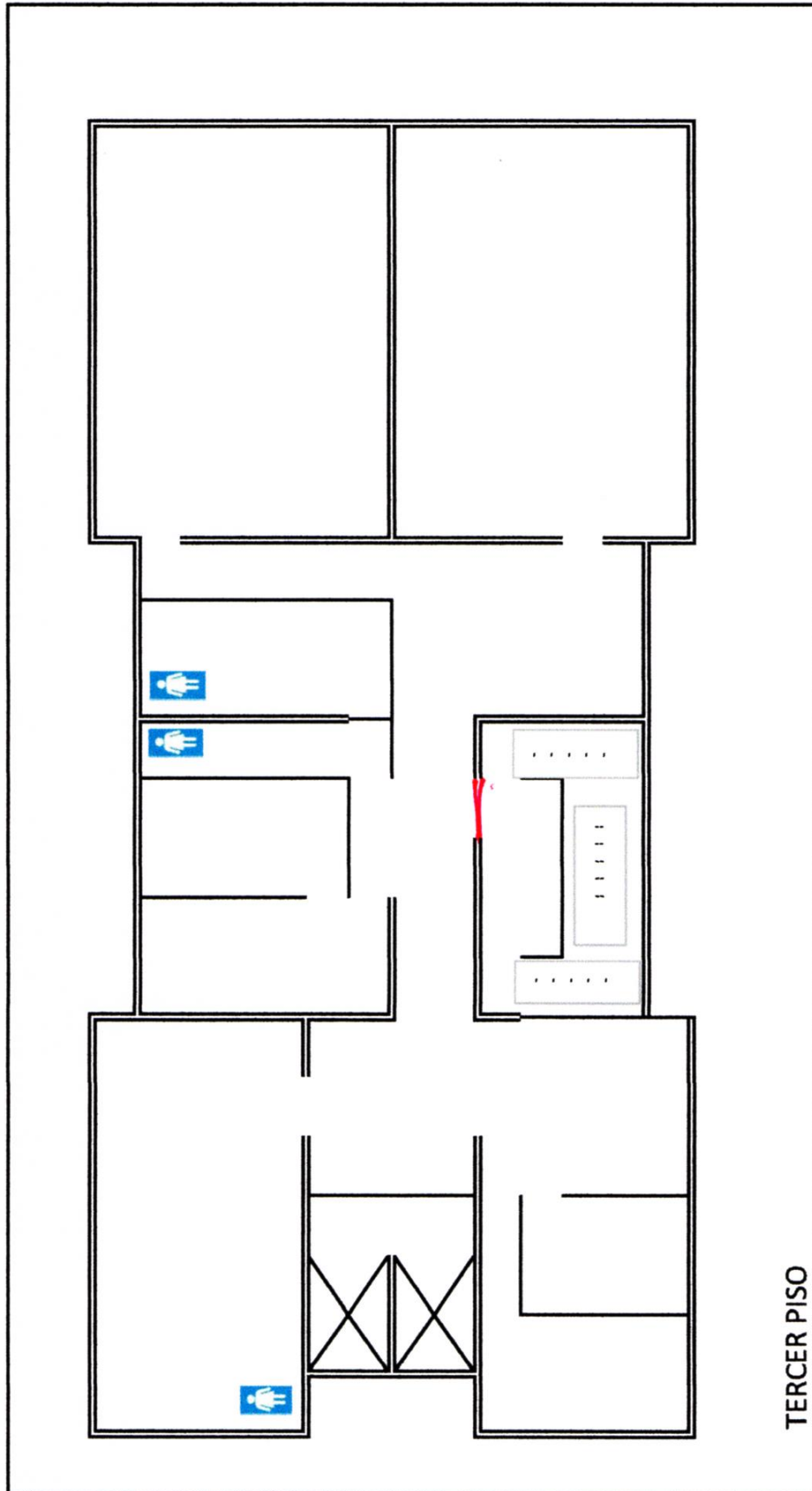
A.5.4 Edificio F

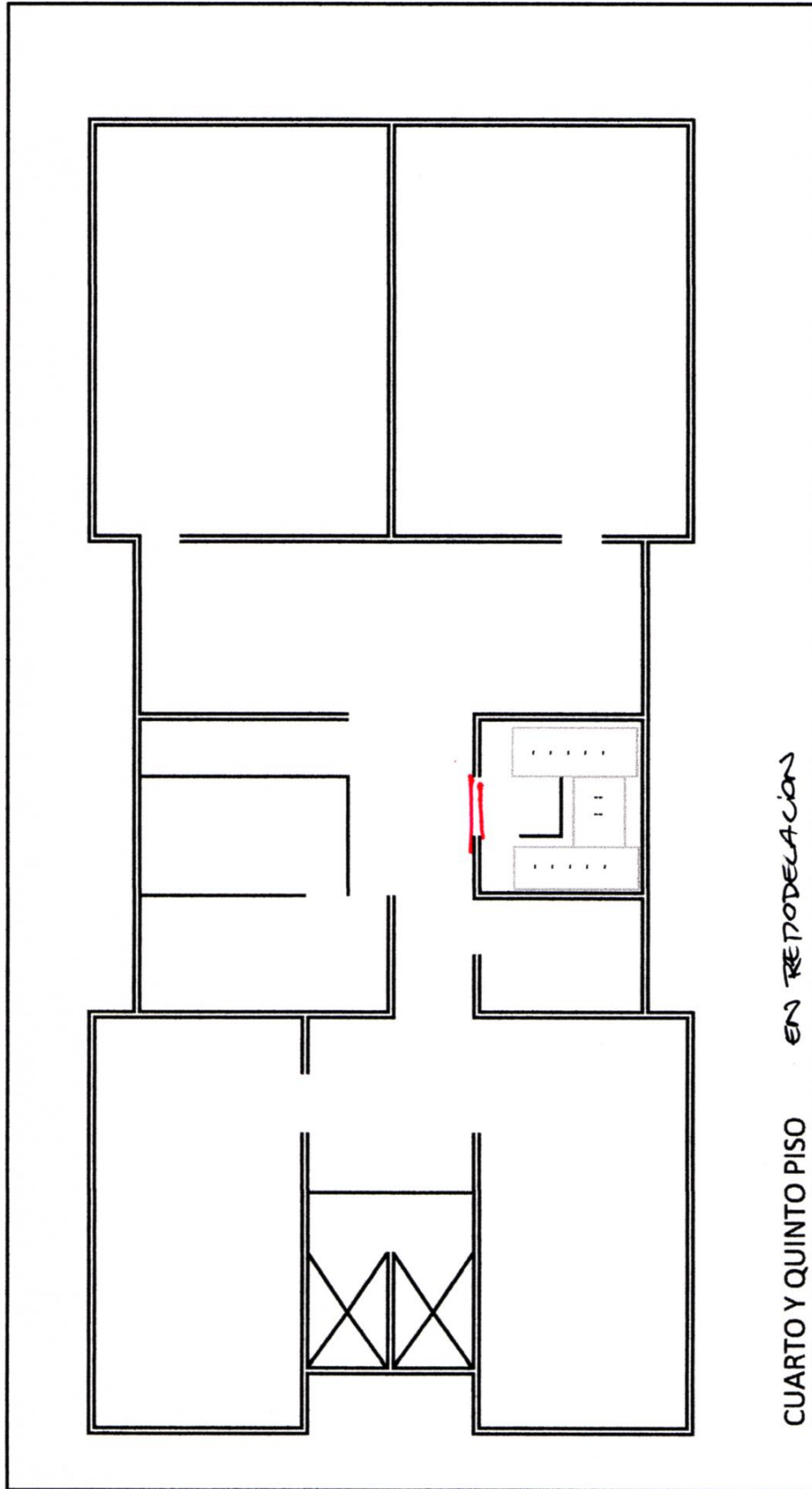






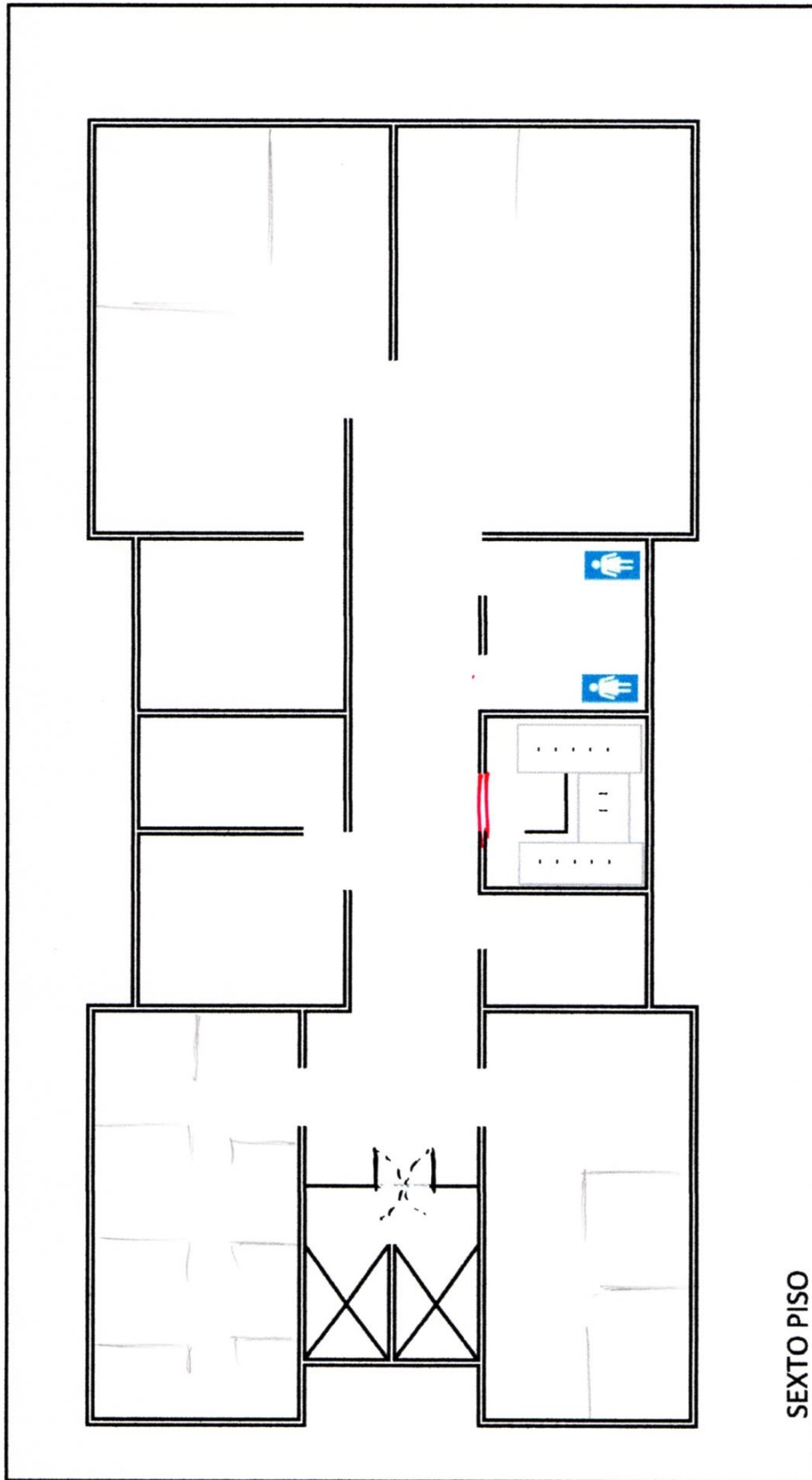






CUARTO Y QUINTO PISO

EN RETODELACION



SEXTO PISO

