



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL IGLÚ Y ANÁLISIS
DE GESTIÓN DE RIESGO DEL IGLÚ, M-2, T-1 Y T-2 DE LA UNIVERSIDAD
DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Emerson Antonio Zarceño Orellana

Asesorado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, febrero de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL IGLÚ Y ANÁLISIS DE GESTIÓN DE RIESGO DEL IGLÚ, M-2, T-1 Y T-2 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha septiembre de 2011.



Emerson Antonio Zarceño Orellana



Guatemala, 24 de abril de 2013.
REF.EPS.DOC.499.04.13.

Ingeniera
Sigrid Alitza Calderón de León De de León
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Calderón de León De de León.

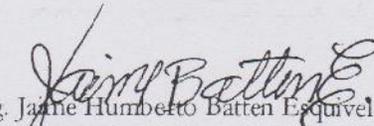
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Emerson Antonio Zarceño Orellana**, Carné No. 200413236 procedí a revisar el informe final, cuyo título es "DISEÑO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL IGLÚ; Y ANÁLISIS DE GESTIÓN DE RIESGO DEL IGLÚ, M-2, T-1 Y T-2 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA".

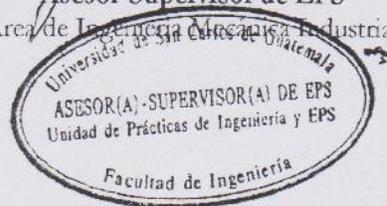
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



JHBE/ra



Guatemala, 24 de abril de 2013.

REF.EPS.D.311.04.13

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

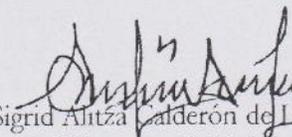
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“DISEÑO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL IGLÚ; Y ANÁLISIS DE GESTIÓN DE RIESGO DEL IGLÚ, M-2, T-1 Y T-2 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Emerson Antonio Zarceño Orellana** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

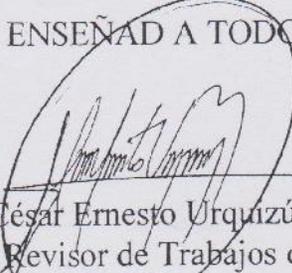

Inga. Sigrid Alitza Calderón de León D. DIRECCIÓN
Directora Unidad de EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

SACdLDdL/ra



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL IGLÚ; Y ANÁLISIS DE GESTIÓN DE RIESGO DEL IGLÚ, M2, T-1 Y T-2 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Emerson Antonio Zarceño Orellana**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, abril de 2013.

/mgp

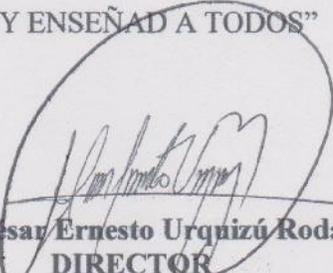


FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.010.014

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL IGLÚ; Y ANÁLISIS DE GESTIÓN DE RIESGO DEL IGLÚ, M-2, T-1 Y T2 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Emerson Antonio Zarceño Orellana**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, enero de 2014.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

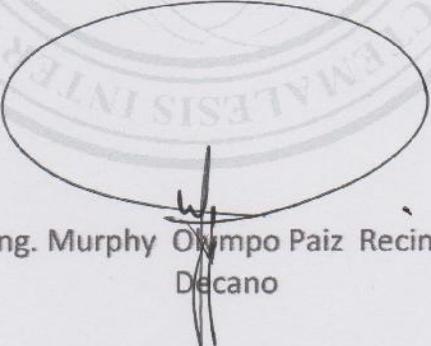


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 041.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EL IGLÚ Y ANÁLISIS DE GESTIÓN DE RIESGO DEL IGLÚ M-2, T-1 Y T-2 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Emerson Antonio Zarceño Orellana**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 3 de febrero de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Fuente de sabiduría, paz, amor y templanza.
Mis padres	Mayra Orellana y José Zarceño, por su amor, comprensión y esmero en mi educación.
Mis hermanos	Cecilia, Mishely y Harcen Zarceño Orellana, por ser parte esencial en mi vida.
Mis amigos	Por su valiosa amistad ya que de alguna manera contribuyeron a alcanzar esta meta.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Especialmente a la Facultad de Ingeniería, fuente de conocimiento necesario para el proceso evolutivo.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por volver correctas las decisiones que llevaron a la culminación de este logro.
Mis padres	Mayra Orellana y José Zarceño, por confiar en mí y enseñarme siempre a ver hacia delante.
Mis hermanos	Cecilia, Mishely y Harcen Zarceño Orellana, por su apoyo incondicional.
Mis amigos	Por su ayuda y consejos.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Especialmente a la Facultad de Ingeniería, por el desarrollo profesional que me ha brindado.

GLOSARIO

Aire acondicionado	Son procesos relativos a la regulación de las condiciones ambientales con propósitos industriales o para hacer más confortable el clima de las viviendas.
Autoridad competente	Poder de gobierno relacionado con la gestión de riesgo.
Balcón exterior	Es un área o espacio que se proyecta de un muro o pared de un edificio y que se utiliza como salida de emergencia.
Callejón de salida	Es una salida techada que conecta una salida o un patio de salida de emergencia con la vía pública.
Climatización	Acción y efecto de dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad del aire y a veces también de presión, necesarias para la salud o la comodidad de quienes lo ocupan.
Confort	Aquello que produce bienestar y comodidades.

CONRED	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres.
Desastre	Desgracia grande, suceso infeliz y lamentable.
Descanso	Superficie horizontal a la que se llega después de bajar o subir gradas.
Fuente	Válvula, grifo u orificio por donde brota agua.
Gestión	Acción y efecto de administrar.
Herraje de emergencia	Es el conjunto de chapas de una puerta que incorpora un mecanismo de liberación rápida.
Iglú	Auditórium con forma esférica, que se encuentra en la Universidad de San Carlos de Guatemala
Lámparas de emergencia	Luz artificial que cuenta con su propia batería, para disponer de su funcionamiento al momento de faltar la energía eléctrica pública.
NRD-2	Norma para la reducción de desastres número dos.
Pasamanos	Listón sobre las barandillas.

Patio de salida de emergencia	Es un patio o jardín que permite el acceso a una vía pública, para una o más de las salidas requeridas
Pendiente	Superficie inclinada.
Riesgo	Contingencia o proximidad de un daño.
Salida de emergencia	Es un medio continuo y sin obstrucciones de salida de emergencia hacia una vía pública.
Salida horizontal de emergencia	Es una salida de un edificio hacia otro, en aproximadamente el mismo nivel.
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala.

RESUMEN

La División de Servicios Generales es una unidad técnico-administrativa, encargada de fortalecer el desarrollo de la infraestructura física, planificar en forma racional el crecimiento físico de la Universidad de San Carlos de Guatemala y especificar criterios de programación, racionalización y el diseño de equipamiento para diferentes categorías de espacios. Asimismo, es la encargada de administrar las funciones de ejecución, supervisión, mantenimiento y el control de la obra física, así como de los servicios auxiliares.

El edificio Iglú actualmente se utiliza para impartir conferencias de todo tipo; para llevar a cabo las actividades propias de una conferencia, es necesario contar con condiciones de confort térmico lo cual significa que el intercambio de calor de la persona con el medio es tal, que la sensación debe ser de bienestar.

Es necesario que los edificios Iglú, T-1, T-2 y M-2, sean preparados para enfrentar desastres, ya sea de origen natural o antrópico; por lo que es necesario realizar una gestión de riesgo con el objetivo de aumentar la seguridad de los usuarios.

En este trabajo de graduación se presenta la solución para la falta de *confort* en el Iglú a través de un sistema de aire acondicionado y también se incluye una gestión de riesgo en el Iglú, T-1, T-2 y M-2, que comprende la instalación de rótulos de señalización de vías de evacuación, establecimiento de zonas seguras, colocación de extintores, forma correcta de apertura de las salidas de emergencia, colocación de pasamanos, etc.

OBJETIVOS

General

Realizar el diseño de un sistema de aire acondicionado para el edificio Iglú y gestión de riesgo de los edificios Iglú, T-1, T-2 y M-2.

Específicos

1. Determinar la ganancia por radiación, transmisión, de calor interno debido a personas, iluminación y equipo eléctrico, el calor sensible y latente debido a ventilación, y la carga total generada por todos estos factores, ya que son necesarios para determinar la capacidad del equipo que se va a utilizar.
2. Determinar el número de extintores que se van a utilizar en los edificios Iglú, T-1, T-2 y M-2, para aumentar el nivel de seguridad contra incendios en cada uno de los edificios.
3. Determinar la cantidad rótulos que se utilizarán en cada edificio en lo concerniente a la señalización, ya que es un factor importante para cualquier individuo que facilita los pasos que se deben seguir principalmente al momento de ocurrir un siniestro.
4. Calcular los costos asociados a la gestión de riesgo en el edificio Iglú, T-1, T-2 y M-2.

5. Determinar la carga de ocupación y la carga de ocupación máxima del Iglú, T-1, T-2 y M-2, así como las modificaciones físicas necesarias para contribuir a la gestión del riesgo del edificio Iglú.

6. Elaborar un plan de capacitación para el personal del Iglú.

INTRODUCCIÓN

La diversidad de climas existentes durante el año en la región guatemalteca demanda la climatización artificial de los lugares de permanencia de las personas, para mejorar su calidad de vida y aumentar su rendimiento intelectual. La posibilidad de materializar la idea de un clima interior adecuado a las necesidades del hombre, fue proporcionada por el desarrollo de la técnica del aire acondicionado.

Se define desastre como la consecuencia de un evento o fenómeno de origen natural o antrópico, en la mayoría de los casos en forma repentina, que causa graves daños en la vida, bienes y/o el medio ambiente, que altera o interrumpe las condiciones normales de vida y sobrepasa la capacidad local de respuesta para el pronto retorno a la normalidad.

En el capítulo 1 se dan a conocer las generalidades de la División de Servicios Generales, como antecedentes, misión, visión, etc. En el capítulo 2 se desarrolla la fase técnico-profesional, que comprende el estudio de un sistema de aire acondicionado en el Iglú y la gestión de riesgo de los edificios Iglú, T-1, T-2 y M-2; en esta fase se incluyen los respectivos costos que conlleva el proyecto. En el capítulo 3 se presenta la fase de investigación, la cual implica Producción más Limpia en el Iglú; en este capítulo se analizará la forma en que se puede utilizar de manera eficiente el agua en el auditorium Iglú.

Para terminar, se presenta el capítulo 4 que consiste en una fase de docencia que contiene capacitación en temas relacionados con manejo de

sistemas de aire acondicionado, trabajo en equipo e interpretación de planes de respuesta a emergencia.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Antecedentes

La División de Servicios Generales es una unidad técnico-administrativa que depende directamente de la Dirección General de Administración, encargada de fortalecer el desarrollo de la infraestructura física, planificar en forma racional el crecimiento físico de la Universidad de San Carlos de Guatemala y especificar criterios de programación, racionalización y el diseño de equipamiento para diferentes categorías de espacios. Asimismo, es la encargada de administrar las funciones de ejecución, supervisión, mantenimiento y el control de la obra física, así como de los servicios auxiliares.

Su creación se originó con una integración de varias dependencias universitarias; este proyecto fue aprobado por el Honorable Consejo Superior Universitario el 12 de agosto de 1,981, según acta No. 26-81, inciso 3.12.

Los miembros de la comisión de administración del Consejo Superior Universitario, luego de haber conocido los antecedentes que obraban desde 1979 sobre el particular y habiendo estudiado el documento relativo a la integración de las siguientes dependencias: comisión de planificación física, departamento de mantenimiento y departamento de servicios, que incluye además, al cuerpo de vigilancia universitaria y las unidades de reproducción e impresión de documentos, acordó la creación de la División de Servicios Generales.

A la fecha, el departamento de vigilancia depende administrativamente de la Dirección General Administrativa, pero presupuestariamente de la División de Servicios Generales; también se hace mención que el departamento de reproducción e impresión de documentos se desligó de la División de Servicios Generales para formar parte de la Editorial Universitaria. Se integró una nueva unidad, la de coordinación de parqueos.

1.2. Visión

La División de Servicios Generales como órgano de administración superior tiene como función básica el control técnico y administrativo de los proyectos de obra física, así como también los programas de mantenimiento y servicios que desarrollan en la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través de los departamentos de diseño, urbanización y construcciones, mantenimiento y servicios, que son los que la conforman.

1.3. Misión

La División de Servicios Generales presta una cobertura tanto en la capital, en la ciudad universitaria y las diferentes dependencias y propiedades que tiene la universidad, tanto en la ciudad de Guatemala, como a nivel regional, cubriendo cada uno de los centros regionales y propiedades universitarias en el interior del país. Esta cobertura en la capital la proporciona la División de Servicios Generales a través de sus diferentes departamentos, a nivel departamental; el 95% de cobertura se realiza a través del departamento de diseño, urbanización y construcciones, en un 5% por el departamento.

1.4. Servicios prestados

La División de Servicios Generales como órgano de administración superior tiene como función básica el control técnico-administrativo de los proyectos de obra física, así como también los programas de mantenimiento y servicios que desarrollan en la universidad, a través de los departamentos de diseño, urbanización y construcciones, mantenimiento y servicios, que son los que conforman esta división.

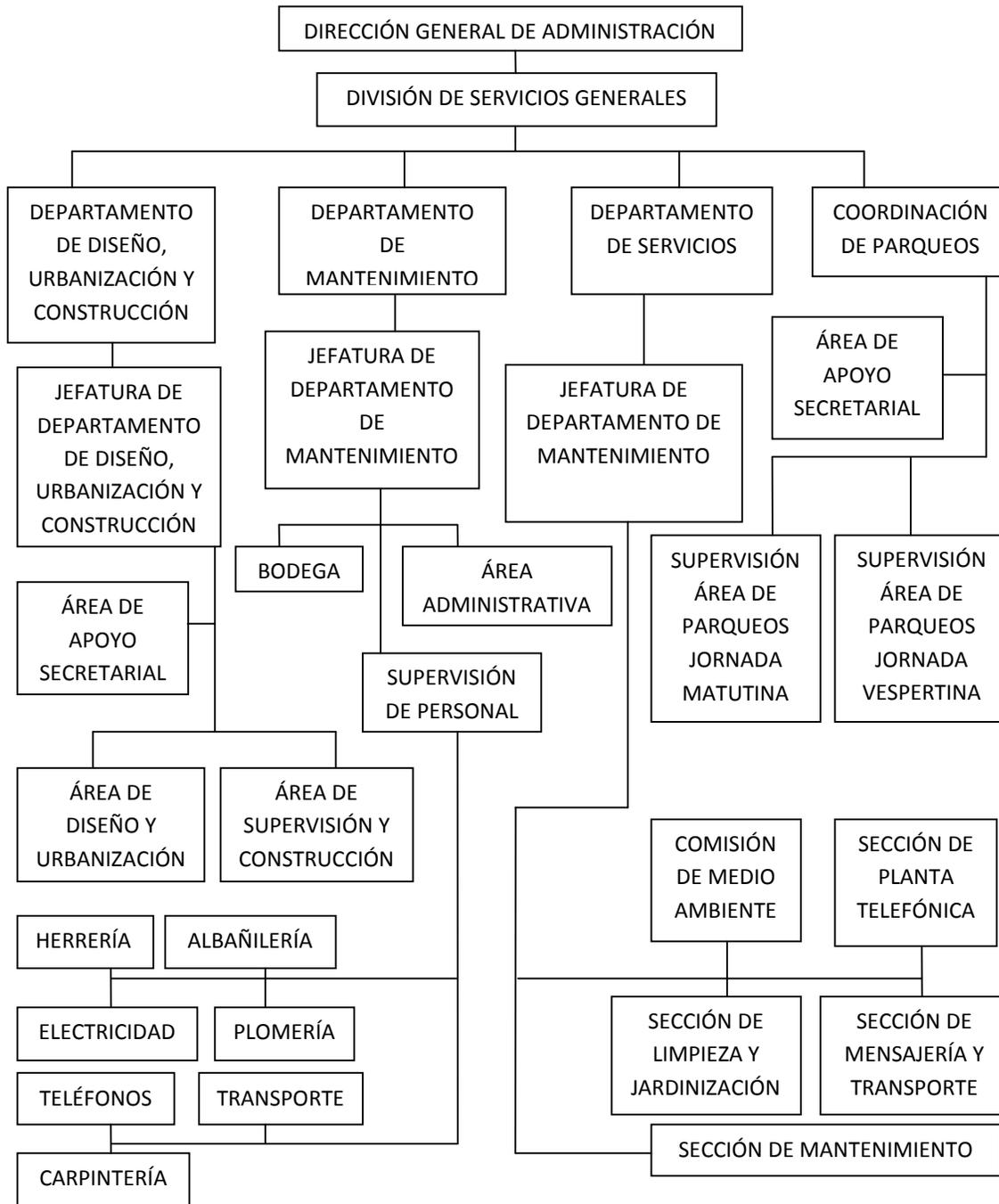
Se encarga también de “la elaboración, ejecución, control y presupuestos del plan de Inversiones de la Universidad de San Carlos de Guatemala, proyectos de arquitectura e ingeniería, asesoría a diferentes unidades administrativas y académicas, en lo que respecta a cuadros, diagramas, gráficas y asesoría, en relación con el uso del espacio, construcción y otros de su competencia”¹.

1.5. Organigrama

La División de Servicios Generales está integrada por: División de Servicios Generales, y los departamentos de diseño, urbanización y construcción, departamento de mantenimiento y departamento de servicio.

¹ Manual de Organización de la División de Servicios Generales. Guatemala: Universidad de San Carlos, 2006, p. 10.

Figura 1. Organigrama de la División de Servicios Generales

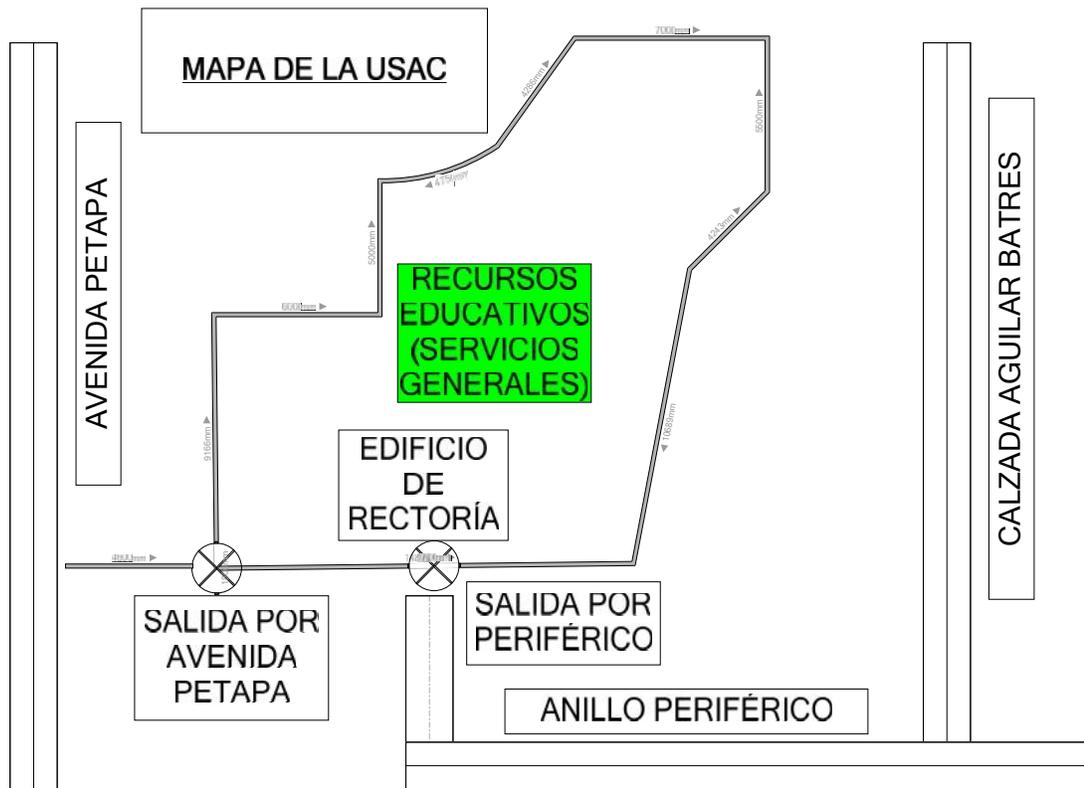


Fuente: elaboración propia, con base en el Manual de organización de la División de Servicios Generales.

1.6. Ubicación

La División de Servicios Generales se encuentra ubicada dentro de la ciudad universitaria zona 12, en el segundo nivel del edificio de Recursos Educativos, en la Universidad de San Carlos de Guatemala; en la siguiente figura se aprecia su ubicación.

Figura 2. **Mapa de ubicación de la División de Servicios Generales**



Fuente: elaboración propia.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. PROPUESTA DEL DISEÑO DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA EL AULA MAGNA IGLÚ Y PROPUESTA DE GESTIÓN DE RIESGO PARA EL IGLÚ, T-1, T-2 Y M-2

2.1. Diagnóstico de la situación actual

A continuación se presenta un diagnóstico de la situación actual; se procederá a realizar un diagrama de causa y efecto para analizar la falta de *comfort* y medidas para controlar el riesgo. Entre las causas se encuentran las modificaciones físicas que se deben realizar en los diferentes edificios para volverlos más seguros. En el Iglú se debe verificar si la dirección en que se abren las puertas contribuye a la evacuación eficiente de las personas; se debe abrir una nueva puerta en el T-2 y M-2 y la instalación de pasamanos en todos los edificios. La siguiente causa es el establecimiento de la zona segura en la cual se deben definir puntos de reunión para cada edificio.

El *comfort* que se percibe dentro del Iglú al momento de una conferencia está relacionado con el calor generado por infiltración, el calor latente debido a personas, el generado por aparatos eléctricos, por radiación del sol, por transmisión y el calor sensible debido a las personas; al haber calculado la cantidad de calor total se procede a ubicar cada una de las fuentes de aire acondicionado. La capacidad de los edificios es muy importante, por lo que se calculará el número de personas que puede soportar cada uno de los edificios, así como también el número de individuos para el cual se debe evacuar el edificio inmediatamente.

Se debe contar con equipo apagafuegos al momento de ocurrir un incendio, por lo que se colocarán extintores en cada uno de los edificios. Para aumentar la gestión de riesgo se debe contar con una correcta señalización, por lo que se definirán los puntos dentro de cada edificio para la colocación de rótulos como: los de zona segura, ruta de evacuación derecha e izquierda, punto de reunión, rótulo de colocación de extintor, cuidado al bajar gradas, etc.

2.1.1. Diagramas de Causa y Efecto

A continuación se muestra un diagrama causa y efecto donde se han incluido seis causas principales por las que se genera la falta de *confort* en el Iglú y medidas para controlar el riesgo tanto en este edificio como en el T-1, T-2 y M-2. Se utilizará un diagrama causa y efecto también llamado diagrama de Ishikawa; para el análisis se contó con la colaboración del personal de la División de Servicios Generales; con base en las causas principales, se determinaron nuevas subcausas a las cuales se les dará solución para alcanzar un ambiente de confort en el Iglú y un control del riesgo en el Iglú, T-1, T-2 y M-2.

El problema básicamente consiste en que no se han adoptado medidas de preparación para un posible evento siniestro, por lo que se procedió a realizar un diagrama de Ishikawa que tiene como efecto a alcanzar la gestión de riesgo.

La primera categoría de causas se relaciona con la maquinaria y el equipo; esta hace referencia a la ausencia de hidrantes para socavar el fuego; no existen extintores necesarios para interrumpir la combustión o se encuentran obsoletos; tampoco existen lámparas de emergencia.

La segunda categoría es la mano de obra, la cual está relacionada con las personas que hacen uso de los edificios públicos; la característica principal es que su condición física es deficiente y esta es necesaria para el desempeño eficiente en las labores que conlleva un desastre; la otra causa está relacionada con la falta de capacitación de los ocupantes de los edificios, ya que se debe tener conocimiento acerca de los desastres.

Los materiales corresponden a la siguiente categoría y se puede mencionar que la mayoría de los edificios no son de reciente construcción, por lo que posiblemente su resistencia haya disminuido; así como que el techo de cada uno, el cual es de concreto, un material pesado al momento de derrumbarse; así también en las ventanas existen rejas que impiden la salida a través de ellas al momento de ser necesario.

Otra categoría de causas es el medio ambiente; las diferencias de nivel entre gradas deben ser las adecuadas y se refieren a la altura entre descansos; las rutas de evacuación deben estar libres de obstáculos como masetas o algún otro objeto colocado de manera temporal o permanente; no existe señalización, por lo que se deben rotular las rutas de evacuación, señal de colocación de extintores, cuidado al bajar las gradas, etc.

La siguiente categoría de causas comprende las mediciones y entre estas se encuentra el establecimiento del número necesario de extintores, para que siempre exista por lo menos uno disponible cuando sea necesario.

Es conveniente que se establezca el número de salidas necesarias para evacuar el edificio eficientemente, con base en el número de personas que lo albergan.

La siguiente categoría se refiere a los métodos; dentro de estos se encuentra la manera de abrir las puertas, ya que estas pueden ser corredizas, con abertura hacia adentro y hacia afuera y el establecimiento de pasamanos para que al momento de bajar gradas, los usuarios dispongan de un apoyo en caso de perder el equilibrio.

Figura 3. Diagrama de Causa y Efecto para la gestión de riesgo



Fuente: elaboración propia.

Según el diagrama anterior, las causas principales serán el establecimiento de pasamanos, apertura correcta de las puertas, colocación de extintores y pasamanos, señalización de rutas de evacuación, colocación de mapas de rutas de evacuación, señalización de la capacidad de cada edificio y el establecimiento de zonas seguras; las cuales al haber sido alcanzadas, darán como resultado la respectiva gestión de riesgo.

Con relación a la falta de *confort*, las personas generan sentimientos de tedio, con deficiencia de atención, prevalece un ambiente lleno de aire viciado, una humedad excesiva que provoca sudoración, una alta temperatura y sin renovación de aire, por lo que se procedió a realizar un diagrama de Ishikawa que incluye la falta de *confort* como efecto a eliminar.

La primera categoría se refiere a maquinaria y equipo, relacionada con la falta de equipo de aire acondicionado, así como la utilización de equipo poco adecuado como ventiladores, los cuales solo aumentan la velocidad del aire, y la falta de estudios para determinar cuál es el adecuado.

La segunda categoría se refiere a mano de obra, ya que el personal no cuenta con conocimientos acerca del mantenimiento del aire acondicionado y al mismo tiempo dichas personas, incluyendo a todos los demás usuarios de las instalaciones, son fuentes generadoras de calor.

La tercera categoría son los materiales; las butacas que retienen el calor, las paredes, techo y piso que son transmisores de calor debido a radiación, y algo importante es que debido a que la Universidad de San Carlos de Guatemala ha sido considerada patrimonio cultural de la nación, no está permitido realizar perforaciones en techo y paredes.

La cuarta categoría de causas se refiere al medio ambiente; existen muy pocas ventanas para la cantidad de volumen existente, hay calor generado por infiltración debido al aire proveniente del exterior que ingresa por puertas y ventanas, así como por radiación y transmisión a través de puertas ventanas, vidrio, pared y techo.

La quinta categoría está relacionada con la mediciones; no existen indicadores de velocidad del viento, ya que es necesario establecer una velocidad adecuada para alcanzar condiciones de confort, así como mantener una humedad adecuada entre 50 y 60%; sobre todo la temperatura que es quizás el factor más importante para alcanzar condiciones de confort. La última categoría está relacionada con el método, dentro de este se permite aglomeración de personas en las entradas, impidiendo la renovación de aire, así como que en ocasiones se mantienen las puertas cerradas.

Figura 4. Diagrama de Causa y Efecto para la falta de *confort*



Fuente: elaboración propia.

Según el diagrama anterior se puede ver que la causa principal es la falta de un equipo de aire acondicionado, por lo que se trabajará para realizar los estudios pertinentes para establecer las especificaciones y costos del equipo, para alcanzar condiciones de *confort*.

2.1.2. Salida de masa de calor

Actualmente el *confort* del edificio Iglú funciona con el proceso de convección, el cual consiste en una circulación de aire entrante por puertas y ventanas y saliente en la parte superior del edificio; este proceso es arcaico y no cumple con las normas necesarias para *confort* de edificios actuales. Dentro del auditorium Iglú entra aire por las tres puertas y ventanas que tiene, el cual circula y luego procede a volverse viciado; se forman zonas donde existen fuentes de calor, como por ejemplo equipos electrónicos y seres humanos; entonces se forman masas de calor que se acumulan en la parte de arriba, en la cúspide de la semiesfera que tiene el edificio por techo.

La parte más alta se encuentra abierta, con el objetivo de evacuar todo el aire caliente procedente de las fuentes de calor que se encuentran dentro de la construcción; en conclusión, el aire fresco entra por las puertas y ventanas, y el aire viciado sale por la parte más alta del techo del Iglú.

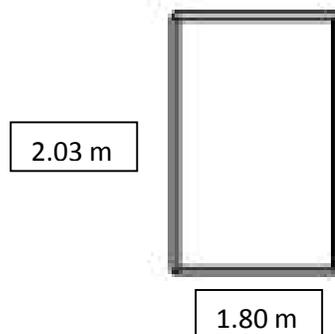
2.1.3. Colores determinantes para disipación de energía

Los colores más claros son determinantes para obtener las menores temperaturas dentro de un recinto, por ejemplo los paneles de absorción de energía solar son de color negro, ya que por ser un color oscuro, refleja muy poca cantidad de energía, lo que significa que retiene más energía de la que refleja. Dentro del Iglú prevalecen los colores oscuros, ya que las paredes están forradas de madera; pero es de menor importancia, ya que el reflejo de la luz del sol es lo que interesa: al contrario de la parte exterior del Iglú donde los rayos del sol se sienten demasiado fuertes, los colores que prevalecen son claros, por lo tanto se tiene un alto porcentaje de energía disipada en el ambiente.

2.1.4. Material y dimensionamiento de puertas

Las puertas del Iglú están construidas de madera y vidrio de color amarillo; se sabe que la madera es transmisora de calor pero no se compara con el vidrio, de manera que el vidrio se ve afectado por radiación y transmisión de calor; las puertas también son un factor a tomar en cuenta en el cálculo de infiltraciones de calor. Estos datos son necesarios para los cálculos del sistema de aire acondicionado, así como para realizar la comparación de las medidas que se poseen actualmente y las requeridas por la norma de reducción de desastres número dos -NRD2-. Esta actividad se realizó con la utilización de un metro, midiendo su altura y su ancho, el cual quedó establecido de la siguiente manera:

Figura 5. **Medidas de puertas del Iglú**



Fuente: elaboración propia.

Aparte de las medidas observadas existe 0.35 m a cada lado, que puede aumentarse en caso sea requerido por la -NRD2-, dando un total de 0.70 m para cada entrada adicional al tamaño actual.

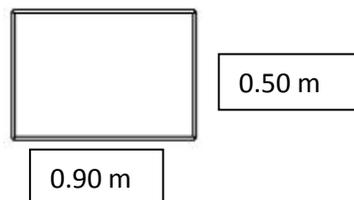
El cumplimiento de los estándares para salidas de edificios de la –NRD2- dependerá del número de personas que alberga el edificio.

Como se verá más adelante, según el número de asientos fijos con que cuenta el edificio, es la cantidad que se toma como factor importante para la determinación del ancho de la salida, que para el Iglú resulta ser menor de 1.80 m; lo cual indica que una sola salida es suficiente para cumplir con los estándares de emergencia de la -NRD2-, pero tomando en cuenta que el edificio tiene 3 salidas de 1.80 m, se tiene como resultado que el Iglú puede albergar como máximo la cantidad de 1080 personas.

2.1.5. Material y dimensionamiento de ventanas

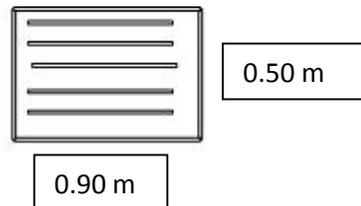
Las ventanas del Iglú están hechas de vidrio de 3/6 de pulgada, de color transparente, con marco de aluminio. La obtención de medidas de ventanas son datos necesarios para los cálculos del sistema de aire acondicionado; para esta actividad se utilizó un metro, midiendo la altura y ancho, el cual quedó establecido de la siguiente manera:

Figura 6. **Medidas de ventanas formadas por una sola pieza de vidrio**



Fuente: elaboración propia.

Figura 7. **Medidas de ventanas formadas por varias piezas en forma de regletas**



Fuente: elaboración propia.

Según los bosquejos anteriores, todas las ventanas tienen las mismas medidas, pero algunas son totalmente cerradas y otras están formadas por varias paletas rectangulares de vidrio. Idealmente para contribuir al buen funcionamiento del sistema de aire acondicionado, las ventanas totalmente cerradas son las adecuadas, pero las que son formadas por paletas traslapadas no tienen mayor inconveniente, ya que basta con mantenerlas cerradas durante el tiempo de funcionamiento del sistema de aire acondicionado.

Figura 8. **Fotografía de verificación de áreas de sombra en puertas y ventanas**



Fuente: Iglú, USAC.

Como se puede observar en la fotografía anterior, los rayos del sol no llegan hasta las ventanas, ya que el techo cubre exactamente en un ángulo correspondiente, de manera que el sol no contacta a las ventanas, así como tampoco a las puertas. El área de sombra en las ventanas es igual al área en las ventanas, la cual está dada por: $0,90 \times 0,50 = 0,45 \text{ m}^2$ para cada una de las ventanas. Este dato contribuye a la disminución de la carga de enfriamiento y será utilizado más adelante para el cálculo de ganancia de calor por radiación y transmisión.

2.1.6. Volumen de aire

El volumen de aire es determinante para conocer la cantidad de aire circulante en el recinto y así tener una aproximación de la capacidad del equipo a utilizar para el *comfort*. Según la ecuación de volumen: $V = R^2 \pi h$, donde:

V = Volumen del recinto

= Constante pi equivalente a 3,141593

R = Radio del Iglú equivalente a 46,67 pies

h = Altura del Iglú equivalente a 10,83 pies

$$\begin{aligned} \text{Volumen del recinto} &= R^2 \pi h \\ &= (3,141593)(46,67)^2(10,83) = 74106,11 \text{ pies}^3 \end{aligned}$$

Este dato corresponde a la cantidad de aire que el sistema de aire acondicionado tendrá que enfriar para mantener un temperatura confortable, y también será mezclado con aire puro procedente del exterior para reducir el porcentaje de aire viciado y aumentar el nivel de oxígeno.

2.1.7. Forma física del edificio

Los edificios tienen diferentes formas pero los que prevalecen son los paralelepípedos. El Iglú tiene en su techo forma esférica y en sus paredes forma cilíndrica, además de tener un plano inclinado que corta el cilindro, esto le da más estética, pero al mismo tiempo hace que aumente el grado de dificultad al momento de realizar gestiones de riesgo y acomodamientos de sistemas de aire acondicionado. Los edificios T-1, T-2 y M-2, cuentan con una estructura más común, por lo que se facilita el reconocimiento de la forma al momento de buscar orientación física cuando ocurre un siniestro y la realización de estudios de gestión de riesgo.

2.1.8. Influencia del nivel en la temperatura

En la mayor parte del mundo existen dos grandes fuentes de calor: la primera es el sol y la segunda la energía existente en el centro de la Tierra; de estas dos, la del sol es la más fuerte y se sabe que para que exista vida vegetal en la superficie de la Tierra se necesita una temperatura agradable; por esta razón es que los sótanos se sienten más frescos que las edificaciones a nivel de la superficie.

El Iglú tiene la forma de una esfera en la parte superior, pero en la parte inferior se encuentra establecida muy por debajo de la superficie normal, y por este motivo es que se mantiene ligeramente más fresco que en el exterior. Para la determinación de la temperatura exterior e interior se procedió a utilizar un termómetro a las 10:00 a.m., el cual dio como resultado 24 °C para la temperatura interior, 33 °C para la temperatura exterior y para la temperatura de bulbo húmedo, utilizando un material poroso para envolver el termómetro, dio como resultado 23 °C.

Estos datos se utilizarán más adelante en unidades Fahrenheit, por lo que se procede a realizar la conversión de la siguiente manera:

$$^{\circ}\text{F}=32+1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{exterior}}= 32+1,8 (33)=91,40=91^{\circ}\text{F}$$

$$T_{\text{interior}}= 32+1,8 (24)=75,20=75^{\circ}\text{F}$$

$$T_{\text{bulbo húmedo}}= 32+1,8 (23)=73,40=73^{\circ}\text{F}$$

2.1.9. Aparatos eléctricos generadores de calor

En el Iglú, por ser un auditorium, es necesario el uso de bocinas, lámparas para la iluminación, micrófonos, aparatos mezcladores, y demás instrumentos de sonido, por ejemplo para la presentación de un grupo musical.

Estos aparatos son generadores de calor, pero la mayoría están encendidos mientras se llevan a cabo los eventos, por lo que si se genera algún calor fuera de horario, tiende a ser cero. Para el cálculo de la energía de desperdicio en forma de calor de estos aparatos existen dos maneras de encontrarla: en la primera se utiliza el manual del fabricante, para determinar la potencia de desperdicio en forma de calor; en la segunda se utiliza la potencia disipada total y se le aplica el dato estadístico de 10% como regla general para encontrar el calor de desperdicio generado.

2.1.10. Variación del calor humano respecto de actividades realizadas

La mayor parte de las personas que permanecen en el Iglú son espectadores, ellos llegan y generalmente se sientan y permanecen en actividad sedentaria mientras el expositor hace la presentación del tema.

En otras ocasiones, el expositor pide al público que realice determinadas actividades físicas para despertar la atención; en estas actividades se ve involucrado esfuerzo físico y por lo tanto el cuerpo genera calor; lo que contribuye al aumento de la temperatura dentro del recinto.

Una fuente de calor adicional es la que ocurre cuando la temperatura permanece constante pero existe un incremento de calor; a este calor se le conoce como calor latente y también afecta el *comfort* de las personas y su concentración; no importando la actividad que se realice, siempre se genera esta clase de calor; es el calor que posee cualquier sustancia o ser con vida (vegetales, personas, animales, bacterias, etc.), es de un efecto apreciable en el *comfort* del recinto.

2.1.11. Condiciones actuales respecto de la gestión de riesgo en el edificio Iglú

El edificio Iglú no cuenta con un área de zona segura para establecer a las personas lejos de los peligros que conlleva un siniestro, las puertas se abren en dirección contraria al flujo de la ruta de evacuación por lo que puede ser un obstáculo para el desalojo del edificio; en las gradas no se cuenta con pasamanos necesarios para evitar cualquier accidente; tampoco se cuenta con extintores para sofocar incendios.

Las salidas carecen de rótulos señaladores con alumbrado independiente para orientar a las personas en el momento de falta de energía eléctrica; la diferencia entre un descanso y otro en los extremos de las gradas es de 3,90 metros, cuando lo recomendable es de 3,70 metros; por lo que habrá que hacer una nivelación de 20 centímetros al final de las gradas.

2.1.12. Condiciones actuales respecto de la gestión de riesgo en el edificio T-1

El edificio T-1 tiene tres niveles; en ninguno se cuenta con rótulos de señalización y extintores, las salidas de cada nivel carecen de rótulos iluminados con energía independiente, los pasamanos se encuentran en algunas gradas pero no en todas, por lo que habrá que completar dichas barandas en las gradas; en el primer nivel solo se cuenta con una salida y es necesario el establecimiento de una zona segura para resguardar a los ocupantes del edificio en caso de un siniestro.

2.1.13. Condiciones actuales respecto de la gestión de riesgo en el edificio T-2

El edificio T-2 no cuenta con rótulos de ruta de evacuación, ni tiene iluminadas las salidas de manera independiente en caso de falta de energía y ausencia de extintores; no cuenta con todos los pasamanos necesarios principalmente en los pasillos del primer nivel; en el sótano se encuentra una salida que debe ser modificada en su forma de apertura, ya que no contribuye a mejorar de manera eficiente la evacuación del edificio y para resguardar a las personas mientras ocurre un evento siniestro; es necesario el establecimiento de un zona segura.

2.1.14. Condiciones actuales respecto de la gestión de riesgo en el edificio M-2

El edificio M-2 tiene dos niveles, los rótulos de salida de emergencia, ruta de evacuación, salida a la derecha, cuidado al bajar las gradas y señalización de extintor, aún no han sido colocados.

Falta la instalación de alumbrado independiente en las salidas de emergencia; además, es necesaria la instalación de extintores e instalación de pasamanos. Actualmente solo se cuenta con una salida en el primer nivel, por lo habrá que evaluar si es necesaria una segunda salida y el establecimiento de una zona segura.

2.1.15. Mapa de riesgos

El mapa de riesgos es utilizado para organizar la información sobre los riesgos y visualizar su magnitud, con el fin de aplicar estrategias adecuadas para su manejo. A continuación se muestra la siguiente tabla que describe los riesgos posibles en los edificios Iglú, T-1, T-2 y M-2:

Tabla I. Mapeo de riesgo para el Iglú, T-1, T-2 y M-2

Nombre del riesgo	Consecuencia	Medida aplicada
Sin extintor al momento de incendio	Alta	Colocación de extintores
Desorientación por no existir señal de ruta de evacuación.	Media	Señalizar las rutas
Desubicación de las salidas de emergencia por falta de luz.	Media	Colocación de rótulos luminosos
Caída en gradas por falta de pasamanos.	Media	Colocación de pasamanos
Caída en gradas por falta de señalización.	Media	Rótulos de aviso de gradas
Aglomeración de personas en las salidas por apertura de puertas en contra al flujo de personas.	Media	Cambiar la dirección de apertura de puertas
Ignorancia de la ubicación de las zonas seguras.	Media	Rotular la ubicación de las zonas seguras
Intoxicación por humos generados por incendios.	Media	Eficientar la extinción del incendio

Fuente: elaboración propia.

Puede notarse que existen varios riesgos, como por ejemplo que en todos los edificios es necesario instalar pasamanos, colocación de extintores, rotulación de las rutas de evacuación, nuevas salidas de emergencia en los edificios T-1 y M-2, así como la determinación de las zonas seguras. Por lo que se trabajará con base en riesgos anteriores para poder alcanzar la gestión de riesgo.

2.2. Propuesta de mejora

Para la propuesta de mejora se hará un estudio de aire acondicionado del Iglú, se determinarán las ganancias de calor por radiación, transmisión e infiltraciones y luego se hará la sumatoria total y se procederá a buscar en el mercado local los equipos que cumplan con las especificaciones del diseño.

2.2.1. Sistema de aire acondicionado

Se evaluará qué forma de sistema de aire acondicionado es más factible; se puede instalar un sistema *minisplit* en cual no requiere de tubería; se mantiene fijo y únicamente se requiere un conjunto de mangueras que van a dar a la parte exterior de la edificación.

Puede instalarse también un sistema de ductos, el cual requiere de grandes tuberías que se pasean por todo el edificio en los lugares donde existen más fuentes de calor.

En otras palabras, este sistema es menos decoroso, contrario a lo que se busca en una edificación destinada a ser un auditorium.

2.2.2. Datos necesarios para el diseño del sistema de aire acondicionado

Los datos necesarios para el sistema de aire acondicionado con base en el método utilizado por una sociedad especialista en climatización (ASHRAE), son: las dimensiones de las puertas y ventanas, el color del material de las ventanas y el espesor puertas, tipo de material adicional que impida el paso de los rayos del sol directa o indirectamente, tanto interno como externo, el horario de uso del auditorium, la ubicación geográfica del Iglú, el número de personas que ocuparán el lugar, la potencia y número de lámparas que se encuentran dentro del edificio, y la potencia de cada uno de los aparatos como ordenadores, micrófonos, bocinas, ecualizadores, etc., que están involucrados en las exposiciones que se realizan en el Iglú.

2.2.3. Cálculo de la carga de calor por radiación del sol

La ganancia de calor debido a radiación se da donde existe vidrio; en el caso del Iglú es en las ventanas y las puertas; a continuación se presentan los cálculos correspondientes:

La ganancia de energía por radiación en puertas se da así:

- Ancho: $2,50 \text{ m} \times (3,2832 \text{ pies}/1 \text{ m}) = 8,208 \text{ pies}$
- Alto: $2,04 \text{ m} \times (3,2832 \text{ pies}/1 \text{ m}) = 6,6977 \text{ pies}$
- Área: $8,208 \times 6,6977 = 54,9747 \text{ pies}^2$
- Ganancia de energía por radiación: $QR_p = A$ (factor tabla II) (factor tabla III)

Como puede observarse, para encontrar el factor de la tabla II es necesario contar con los datos de latitud, hacia donde está dirigida la mirada y el horario en que se lleva a cabo la actividad; la latitud es de 15° pero no aparece en la tabla, la dirección de la mirada es hacia el norte y la hora es a las 3 p.m.; por lo que el único inconveniente es la latitud, pero se puede notar que para una latitud de 24° el factor es de 33; para 32° es de 32, para 40 es de 30, para 48° es de 28 y para 56°, es de 26.

Como puede notarse, al incrementarse la latitud en 8°, el factor cae en 1 o 2 unidades. Por lo que resulta factible asumir que para una latitud de 15° el factor sea de 34 BTU/h por pie². En el caso del factor de la tabla III, se tiene que es vidrio de color con sombra, entonces el factor correspondiente es de 0,57.

$$QR_p = (54,9747\text{pie}^2)(34\text{BTU/h-pie}^2)(0.57)$$

$$=1\ 065,4097\text{BTU/h}$$

Entonces para 3 puertas se tiene:

$$QR_p = 1\ 065,4097\text{BTU/h}\times 3$$

$$=3\ 196,2291\text{BTU/h}$$

Tabla II. **Ganancia de calor por radiación a través de vidrios**

Latitud	24°				32°				40°	
Hora est.	9 a.m.	Mediodía	3 p.m.	6 p.m.	9 a.m.	Mediodía	3 p.m.	6 p.m.	9 a.m.	Mediodía
(Mirando hacia)										
N (para sombra)	28	37	33	12	27	36	32	14	25	34
NE	135	47	32	9	118	41	31		101	36
E	202	7	32	9	202	70	31	9	199	68
SE	153	83	33	9	168	107	45	9	181	131
S	32	68	48	9	41	104	71	1	59	141
SO	26	50	147	65	25	64	163	98	24	84
O	26	39	171	10	25	38	168	115	24	36
NO	26	38	153	7	25	36	82	85	24	34
Horizontal	153	267	215	29	150	256	207	41	142	239

Continuación de la tabla II.

Latitud	40°		48°				56°			
Hora est.	3 p.m.	6 p.m.	9 a.m.	Mediodía	3 p.m.	6 p.m.	9 a.m.	Mediodía	3 p.m.	6 p.m.
(Mirando hacia)										
N (para sombra)	30	15	23	32	28	15	22	29	26	15
NE	30	10	145	3	28	11	69	30	26	11
E	30	10	195	65	28	11	188	61	26	11
SE	34	10	191	151	35	11	197	167	38	11
S	98	14	76	171	123	18	91	194	143	22
SO	187	90	23	98	200	100	22	112	210	108
O	165	129	23	33	161	139	21	30	154	145
NO	65	92	23	32	50	96	21	29	39	97
Horizontal	194	42	131	215	176	43	116	187	154	42

Fuente: ROLDÁN, Mario. Diseño de un sistema de aire acondicionado para la sección central del nivel # 3 del edificio general de administración de la ciudad universitaria, zona 12. p. 51.

Tabla III. **Factores de ganancia de calor por radiación solar a través de vidrios**

Tipo de vidrio	Sin sombra	Con sombra (persiana veneciana cerrada, cortinas forradas o cortinas de enrollar)
Vidrio plano de (1/8")	1,00	0,64
Vidrio plano de (1/4")	0,95	0,64
Vidrio que absorbe calor o con algún color (3/16")	0,72	0,57
Vidrio reflectivo (1/4")	0,30 – 0,60	0,25 – 0,50
Vidrio claro con película reflectiva aplicada por el lado interior	0,25 -0,45	0,21 – 0,35
Vidrios dobles		
Vidrios claros (1/8")	0,90	0,57
Vidrios claros (1/4")	0,83	0,57
Película que absorbe calor en el exterior, vidrio claro en el interior	0,36	0,39

Fuente: ROLDÁN, Mario. Diseño de un sistema de aire acondicionado para la sección central del nivel # 3 del edificio general de administración dela ciudad universitaria, zona 12. p. 52.

La ganancia de energía por radiación en ventanas grandes, se da de la siguiente manera:

- Ancho: $4,50 \text{ m} \times (3,2832 \text{ pies}/1 \text{ m}) = 14,7744 \text{ pies}$
- Alto: $2,80 \text{ m} \times (3,2832 \text{ pies}/1 \text{ m}) = 9,1930 \text{ pies}$
- Área: $14,7794 \times 9,1930 = 135,8210 \text{ pies}^2$
- Ganancia de energía por radiación: $QR_p = A$ (factor tabla II) (factor tabla III)

El factor de la tabla II correspondiente para una latitud de 15° a las 3 p.m. es de $34 \text{ BTU}/\text{h}\cdot\text{pie}^2$ (igual que en el análisis anterior) y el factor de la tabla III es de 0.64, para un vidrio plano de 1/8 con sombra:

$$= (135,8210 \text{ pie}^2)(34 \text{ BTU}/\text{h}\cdot\text{pie}^2)(0,64)$$

$$= 2955,4650 \text{ BTU}/\text{h}$$

$$\text{Entonces para 2 ventanas se tiene} = 2955,46 \text{ BTU}/\text{h} \times 2 = 5910,9299 \text{ BTU}/\text{h}$$

La ganancia de energía por radiación en ventanas pequeñas es la siguiente:

- Ancho: $4,50 \text{ m} \times (3,2832 \text{ pies} / 1 \text{ m}) = 14,7744 \text{ pies}$
- Alto: $0,50 \text{ m} \times (3,2832 \text{ pies} / 1 \text{ m}) = 1,6416 \text{ pies}$
- Área: $14,7794 \times 1,6416 = 24,2619 \text{ pies}^2$
- Ganancia de energía por radiación: $QR_v = A$ (factor tabla II) (factor tabla III)

El factor de la tabla II correspondiente para una latitud de 15° a las 3 P.M. es de 34 BTU/hpie² y el factor de la tabla III es de 0.64, para un vidrio plano de 1/8 con sombra.

$$= (24,2619 \text{ pie}^2)(34 \text{ BTU/h-pie}^2)(0,64)$$

$$= 527,94 \text{ BTU/h}$$

Entonces para 4 ventanas se tiene= 527,9389 BTU/h×4 = 2 111,7556BTU/h

A continuación se realizará la sumatoria para encontrar la ganancia por radiación total:

$$= 3 196,2291\text{BTU/h} + 5 910,9299\text{BTU/h} + 2 111,7556\text{BTU/h} = 11 218,91\text{BTU/h}$$

2.2.4. Cálculo de la carga de calor por transmisión

La ganancia de energía por transmisión en vidrios está dada por:

- °F=32+1,8(°C)
- T_{exterior}= 32+1,8 (33)=91,40=91°F
- T_{interior}= 32+1,8 (24)=75,20=75°F
- Área de 3 puertas = 54,9747 pies²
- Área de 2 ventanas grandes = 135,8210 pies²
- Área de 4 ventanas pequeñas = 24,2064 pies²
- QT= A (factor tabla IV) (T_{bulbo exterior} – T_{bulbo interior})

El factor de la tabla IV es de 0,81; este se encuentra introduciendo el dato de vidrio sencillo; la actividad se va a realizar en verano.

Las puertas o ventanas que tienen vidrio deben estar cubiertas por sombra al momento de la actividad de acondicionamiento del aire, con una temperatura exterior de 91 °F e interior de 75 °F. Para una puerta se tiene:

- $QT = 54,9747(0,81)(91-75) = 712,47 \text{ BTU/h};$
- Para 3 puertas es de $= 712,47 \text{ BTU/h} \times 3 = 2137,41 \text{ BTU/h};$
- Para una ventana grande es de: $QT = (135,8210)(0,81)(91-75) = 2\ 173,14 \text{ BTU/h};$
- Para 2 ventanas grandes es de $= 2\ 173,14 \text{ BTU/h} \times 2 = 4\ 346,28 \text{ BTU/h};$
- Para una ventana pequeña es de $QT = 24,2064(0,81)(91-75) = 387,28 \text{ BTU/h};$
- Para 4 ventanas pequeñas es de $= 387,28 \text{ BTU/h} \times 4 = 1\ 549,21 \text{ BTU/h};$
- Entonces el calor total por transmisión en vidrio es de:
 $2\ 137,41 + 4\ 346,28 + 1\ 549,21 = 8\ 032,90 \text{ BTU/h}.$

Tabla IV. Factores de transmisión de calor para vidrios

Tipo de vidrio	Valor de U		
	Verano		Invierno
	Sin sombra	Con sombra	
Vidrio sencillo	1,06	0,81	1,13
Vidrio doble (1/4" con espacio de aire)	0,61	0,52	0,65
Ventana corriente + ventana para tormentas	0,54	0,47	0,56

Fuente: ROLDÁN, Mario. Diseño de un sistema de aire acondicionado para la sección central del nivel # 3 del edificio general de administración de la ciudad universitaria, zona 12. p. 52.

En paredes, techo y piso: $Q=U \cdot A \cdot DT$

Donde:

U = Coeficiente de transmisión de calor

A = Área expuesta a la radiación solar

DT = Diferencia de temperaturas externa e interna con factor corregido de la tabla VI

Tabla V. **Coefficiente de transmisión de calor**

Ubicación	Material	Coefficiente ($U=BTU/h \cdot p^{2 \cdot \circ F}$)
Pared	Construcción liviana	0.09
Techo	Construcción liviana	0.23

Fuente: elaboración propia.

Transmisión de calor en pared:

- $A =$ área sin incluir ventanas y puertas. Entonces: $A =$ área total de pared menos el área total de ventanas y puertas.
- Área total de ventanas y puertas = $(3 \cdot 54,97 \text{ pies}^2) + (2 \cdot 135,82 \text{ pies}^2) + (4 \cdot 24,21 \text{ pies}^2) = 533,39 \text{ pies}^2$.
- Área total de pared = $2 \cdot r \cdot h$, Donde: $r =$ radio del Iglú vista planta, $h =$ altura de la pared.
- Área de pared = $2 \cdot 46,67 \text{ pies} \cdot 10,83 \text{ pies} = 3 \cdot 175,75 \text{ pies}^2$; $A = 3 \cdot 175,75 \text{ pies}^2 - 533,39 \text{ pies}^2 = 2 \cdot 642,43 \text{ pies}^2$.
- $91 \text{ }^\circ\text{F} - 75 \text{ }^\circ\text{F} = 16$ es diferencia de temperatura; este dato se debe corregir de la tabla VI, entonces se obtiene el factor de la siguiente manera: $DT = 20 - (20 - 16) = 16$. Con todos los datos se calcula la cantidad de calor $Q = 0,09 \cdot 2 \cdot 642,43 \cdot 16 = 3 \cdot 805,09 \text{ BTU/h}$.

Tabla VI. **Diferencias equivalentes de temperatura para paredes soleadas y sombreadas (°F)**

Construcción de la pared	Hora estándar	NE		E		SE		S	
		Osc.	Claro	Osc.	Claro	Osc.	Claro	Osc.	Claro
Construcción liviana	9 a.m.	28	17	35	20	29	17	16	10
	Mediodía	27	17	38	22	38	23	27	17
	3 p.m.	24	17	29	20	31	21	32	21
	6 p.m.	23	17	26	19	26	18	26	18
Construcción medio liviana	9 a.m.	12	8	14	9	11	7	6	4
	Mediodía	25	14	34	18	27	15	11	7
	3 p.m.	29	18	35	23	39	22	26	16
	6 p.m.	30	20	37	24	39	25	36	24
Construcción medio pesada	9 a.m.	14	11	17	13	16	12	14	11
	Mediodía	17	11	21	14	19	12	13	9
	3 p.m.	21	14	28	19	25	15	16	11
	6 p.m.	25	16	32	19	30	18	23	15
Construcción pesada	9 a.m.	20	14	26	16	23	15	20	14
	Mediodía	19	13	24	15	22	14	19	13
	3 p.m.	20	13	24	16	22	15	18	13
	6 p.m.	20	14	26	16	25	16	19	13

Fuente: ROLDÁN, Mario. Diseño de un sistema de aire acondicionado para la sección central del nivel # 3 del edificio general de administración de la ciudad universitaria, zona 12. p. 56.

Continuación de la tabla VI.

Construcción liviana	9 a.m.	18	12	18	12	15	10	14	9
	Mediodía	24	15	24	15	20	14	17	12
	3 p.m.	37	24	34	22	26	18	20	15
	6 p.m.	41	25	47	30	37	24	21	16
Construcción medio – liviana	9 a.m.	8	5	9	6	7	5	7	5
	Mediodía	9	7	9	6	9	4	10	6
	3 p.m.	21	16	18	12	15	11	16	11
	6 p.m.	41	24	38	25	29	20	22	17
Construcción medio – pesada	9 a.m.	18	12	20	16	17	11	12	10
	Mediodía	15	10	16	11	14	10	11	8
	3 p.m.	14	11	17	11	14	10	12	9
	6 p.m.	23	15	22	15	18	12	15	11
Construcción pesada	9 a.m.	24	16	26	17	21	15	15	11
	Mediodía	24	15	24	16	20	14	14	11
	3 p.m.	22	14	23	15	19	13	14	10
	6 p.m.	22	14	23	15	18	13	14	11

Fuente: ROLDÁN, Mario. Diseño de un sistema de aire acondicionado para la sección central del nivel # 3 del edificio general de administración de la ciudad universitaria, zona 12. p. 56.

Transmisión de calor en techo: donde: $U = 0,23 \text{ BTU/h} \cdot \text{p}^{2 \cdot \text{oF}}$; A = área del techo (se determina usando la proyección plana), $A = R^2$ y R = radio del Iglú. Se emplea la misma diferencia de temperatura, pero el factor a corregir es el de la tabla VII.

Tabla VII. **Diferencias de temperatura equivalentes para ganancias de calor a través de techos planos**

Construcción del techo	Hora estándar							
	a.m.				p.m.			
	9		12		3		6	
	Osc.	Claro	Osc.	Claro	Osc.	Claro	Osc.	Claro
Construcción liviana								
Cubierta de acero con aislamiento de 1 a 2"	34	14	81	42	90	50	56	34
Estructura de madera de 1" con aislamiento de 1 a 2"	19	6	65	32	88	48	70	40
Estructura de madera de 2.5" con aislamiento de 1 a 2"	7	-1	38	17	68	35	73	40
Construcción mediana								
Estructura de madera de 4" con aislamiento de 1 a 2"	8	1	21	8	44	19	60	32
Concreto liviano de 4" (sin aislamiento) o concreto pesado de 2" con 1 o 2" de aislamiento	8	1	40	17	70	36	75	41
Concreto liviano de 6 a 8" (sin aislamiento)	32	62	19	41	6	16	-1	4

Fuente: ROLDÁN, Mario. Diseño de un sistema de aire acondicionado para la sección central del nivel # 3 del edificio general de administración de la ciudad universitaria, zona 12. p. 57.

Continuación de la tabla VII.

Construcción pesada								
Concreto pesado de 4" con aislamiento de 1 a 2"	11	3	21	9	39	19	53	28
Concreto pesado de 6" con aislamiento de 1 o 2"	18	9	21	9	33	15	44	22
Techos bajo la sombra								
Livianos	3		11		18		17	
Medianos	2		7		15		17	
Pesados	3		5		11		15	

Fuente: ROLDÁN, Mario. Diseño de un sistema de aire acondicionado para la sección central del nivel # 3 del edificio general de administración de la ciudad universitaria zona 12. p. 57.

$$A = (43,67 \text{ pies})^2 = 6\,842,67 \text{ pies}^2; DT = 50 - (20 - 16) = 46$$

$$Q = 0.23 * 6842.67 * 46 = 72395.45 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$$

Transmisión de calor en piso: según la tabla VIII, para una losa de concreto contra el suelo en verano, el valor es cero.

Tabla VIII. Factores de transmisión de calor

Construcción	Valor de U	
	Verano	Invierno
Techo-cielo falso (techo plano, cielo falso terminado)		
Cubierta de concreto liviano de 6" sin aislamiento	0,10	0,11
Cubierta de concreto liviano de 8" sin aislamiento	0,08	0,09
Cubierta de concreto pesado de 2"		
Sin aislamiento	0,32	0,38
Con aislamiento de 1" (R-2.78)	0,17	0,19
Con aislamiento de 2" (R-5.56)	0,11	0,12
Cubierta de concreto pesado de 4"		
Sin aislamiento	0,30	0,36
Con aislamiento de 1" (R-2.78)	0,16	0,18
Con aislamiento de 2" (R-5.56)	0,11	0,12
Cubierta de concreto pesado de 6"		
Sin aislamiento	0,28	0,33
Con aislamiento de 1" (R-2.78)	0,16	0,17
Con aislamiento de 2" (R-5.56)	0,11	0,12
Techo-cielo falso (techo inclinado con estructura de madera, cielo falso terminado contra las vigas)		
Sin aislamiento	0,28	0,29
Con aislamiento R-19 (5 ¹ / ₄ - 6 ¹ / ₂)	0,05	0,05
Techo-ático-cielo falso (ático con ventilación natural)		
Sin aislamiento	0,15	0,29
Con aislamiento R-19 (5 ¹ / ₄ - 6 ¹ / ₂)	0,04	0,05

Fuente: ROLDÁN, Mario. Diseño de un sistema de aire acondicionado para la sección central del nivel # 3 del edificio general de administración de la ciudad universitaria, zona 12. p. 53.

Continuación de la tabla VIII.

Pisos		
Losa de concreto contra el suelo		
Sin aislamiento	0	50*
Con aislamiento de placas de poliestireno de 1" con 2 pies de profundidad o con 2" pies de ancho	0	30*
Piso sobre espacio no acondicionado, sin cielo falso		
Estructura de madera:		
Sin aislamiento	0,33	0,27
Con aislamiento R-7 (2 – 2 ³ / ₄)	0,09	0,08
Cubierta de concreto:		
Sin aislamiento	0,59	0,43
Con aislamiento R-7	0,10	0,09
Puertas		
Madera sólida:		
De 1" de espesor	0,61	0,64
De 1 ¹ / ₂ " de espesor	0,47	0,49
De 2" de espesor	0,42	0,43
Acero:		
De 1 ³ / ₄ de espesor con interior de fibra mineral	0,58	0,59
De 1 ³ / ₄ de espesor con interior de poliestireno	0,46	0,47
De 1" de espesor con interior de espuma de uretano	0,39	0,40
*Btu/h por pie lineal de borde expuesto		

Fuente: ROLDÁN, Mario. Diseño de un sistema de aire acondicionado para la sección central del nivel # 3 del edificio general de administración de la ciudad universitaria, zona 12. p. 53.

$$Q = 8032 + 3805 + 72395.45 = 84232.45 \text{ BTU/h}$$

2.2.5. Cálculo de la carga de calor interna

Según la tabla de ganancia de calor por persona, de la tabla IX, con un grado de actividad que implique estar sentadas descansando y una aplicación típica de salón de clase es de:

Tabla IX. Ganancia de calor por persona

Grado de actividad	Aplicación típica	Calor total Btu/h	Calor sensible Btu/h	Calor latente Btu/h
Sentadas, descansando	Teatro/matinée/salón de clase/escuela	330	220	110
Sentadas, descansando	Teatro/tarde	350	245	105
Sentadas, trabajo liviano	Oficina, hotel, salón de clase/secundaria	400	245	155
Trabajo oficina modernamente activo	Oficina, hotel, salón de clase/universidad	450	250	200
De pie trabajo liviano camina lentamente	Droguería, banco	500	250	250
Trabajo sedentario	Restaurante	550	275	275
Trabajo banco liviano	Factoría	750	275	475
Baile moderado	Pista de baile	850	305	545
Caminando a 3 mph trabajo moderadamente pesado	Factoría	1 000	375	625
Bolos trabajo pesado	Pista de bolos, factoría	1 450	580	870

Fuente: JENNINGS, Burgess. Aire acondicionado y refrigeración. p. 393.

- Calor sensible: 245 BTU/h
- Calor latente: 105 BTU/h

Entonces el calor sensible para 327 personas = $245 \times 327 = 80\,115$ BTU/h y el calor latente para la misma cantidad = $105 \times 327 = 34\,335$ BTU/h.

Para que exista una iluminación adecuada se deben generar 3 watts/pie² desde las lámparas fluorescentes. Entonces; $Q = (\text{watts/pie}^2)(\text{Área de piso})$ (4,1 BTU/h).

$$Q = (3 \text{ watts/pie}^2)(\text{Área de piso}) (4,1 \text{ BTU/h})$$

$$= (3)(6\,842,67)(4,1) = 84\,165 \text{ BTU/h}$$

Calor generado por equipo eléctrico: este se explica más adelante, pero en total es de: 883,87 BTU/H

2.2.6. Cálculo de la carga de calor por infiltración

El cambio de aire por ventanas se encuentra de la siguiente manera:

$$\frac{P^3}{min} = \frac{\text{volumen del recinto} * AC}{60}$$

Donde: AC = 0,60 factor obtenido de la tabla X, con protección ordinaria y ventana con un lado expuesto.

Tabla X. **Infiltración**

Clase de área o de edificio	Cambios de aire por hora			
	Verano		Invierno	
	Protección ordinaria	Sellamiento impermeable o marcos de tormenta	Protección ordinaria	Sellamiento impermeable o marcos de tormenta
Sin ventanas o puertas exteriores	0,30	0,15	0,50	0,25
Salones de entrada	1,20 a 1,80	0,60 a 0,90	2,00 a 3,00	1,00 a 1,50
Salones de recepción	1,20 1,20	0,60	2,00	1,00
Baños	0,60	0,60	2,00	1,00
Infiltración a través de ventanas:				
Pieza con 1 lado expuesto	0,90	0,30	1,00	0,50
Pieza con 2 lados expuestos	0,90	0,45	1,50	0,75
Pieza con 3 lados expuestos	1,20	0,60	2,00	1,00
Pieza con 4 lados expuestos	1,20	0,60	2,00	1,00

Fuente: ROLDÁN, Mario. Diseño de un sistema de aire acondicionado para la sección central del nivel # 3 del edificio general de administración de la ciudad universitaria zona 12. p. 57.

$$\text{Volumen del recinto} = R^2 \cdot h$$

Donde: R= radio= 43,67 pies; h=altura=10,83 pies
 = 6 842,67 pies²* 10,83 pies = 74 106,11 pies³

$$\frac{P^3}{\text{min}} = \frac{74106.11 * 0.6}{60} = 741.06 \text{ CFM}$$

Para encontrar la infiltración por puerta se debe determinar el tráfico por persona con la siguiente fórmula:

$$TR = \frac{\# \text{ personas}}{\# \text{ horas} * \# \text{ puertas}} = \frac{327 \text{ personas}}{8 \text{ horas} * 3 \text{ puertas} * 2} = 6.81 < 10$$

Este valor se aproxima a 10; en la ecuación se tiene que son 3 puertas dobles, por lo que se coloca un 2 incluido en el factor de la cantidad de puertas. De la tabla XI infiltración por puertas y un DT = 16 °F se tiene una infiltración de 8 CFM. Entonces: CFM = 741,06 + 8 = 749,06 CFM

Tabla XI. **Infiltración por puertas**

Diferencia de temperatura (DT) (grados F) ↓	Tráfico de personas Tráfico = No. de personas/h para cada puerta								
	DT →	10	20	40	60	80	100	200	400
10	4	8	16	24	32	40	80	160	320
20	8	16	32	48	64	80	160	320	640
40	16	32	64	96	128	160	320	640	1280
60	24	48	96	144	192	240	480	960	1920
80	32	64	128	192	256	320	640	1280	2560
100	40	80	160	240	320	400	800	1600	3200

Fuente: ROLDÁN, Mario. Diseño de un sistema de aire acondicionado para la sección central del nivel # 3 del edificio general de administración de la ciudad universitaria, zona 12. p. 58.

De la tabla XII se tiene que la aplicación es auditorio; entonces la ventilación es de 5 CFM/persona; de manera que a continuación se presentan los requisitos.

Tabla XII. **Requisitos para ventilación**

Aplicación	Pies³/min por persona	Aplicación	Pies³/min por persona
Banco (zona público)	7	Laboratorio	15
Peluquería	7	Oficina general	15
Salón de belleza	25	Salón de conferencias	25
Canchas de bolos	15	Sala de espera	10
		Salón de billar	20
Coctelería, bar	30	Restaurante	
Almacén de departamentos		Comedor	10
Área de público	7	Cocina	30
Bodega	5	Cafetería, órdenes para llevar, <i>drive-in</i>	30
Droguería			
Sala de trabajo del farmacéuta	20		
Área del público	7		
Factoría	10-35		
Garage-taller		Colegio	
Parqueadero	1,5	Salón de clases	10
Área de reparaciones	1,5	Laboratorio	10
Hospital		Tienda	10
Pieza sencilla o doble	10	Auditorio	5
Guardería	10	Gimnasio	20
Corredor	20	Biblioteca	7
Sala de operación	20	Oficina	7
Centro de preparación de alimentos	35	Baños-duchas	15
		Salón de lockers	30
		Comedor	10
		Corredor	15
		Dormitorios y alcobas	7
Hotel		Teatro	
Pieza	7	Recibidor	20
Sala de suite	10	Auditorio	
Baño	20	Zona de fumadores	10
Corredor	5	Zona de no fumadores	5
Salón principal	7	baños	15
Salón de conferencias (pequeño)	20		
Salón de conferencias (grande)	15		
Baños públicos	15		

Fuente: JENNINGS, Burgess. Aire acondicionado y refrigeración. p. 399.

(5 CFM/personas) * (327 personas) = 1 635 CFM. Entonces el CFM a escoger es el mayor de entre el CFM de infiltración y ventilación; en este caso predomina el de ventilación 1 635 CFM. Las siguientes ecuaciones sirven para calcular el calor sensible y latente, e involucran a la tabla XIII.

Tabla XIII. **Deshumidificación**

Temperatura exterior de bulbo seco (grados F)	Temperatura exterior de bulbo húmedo (grados F)											
	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	
105												73
104												189
103												300
102												411
101										15		
100										126		573
99										242		639
98										353		750
97									63	465		862
96									179	576		973
95									790	687		1 089
94								24	402	803		1 200
93								136	518	915		1 312
92								247	629	1 026		1 423
91								358	741	1 137		1 539
90							92	469	857	1 249		1 650
89							203	581	968	1 365		1 762
88							315	692	1 079	1 476		1 873
87						44	426	803	1 195	1 588		1 989
86						155	537	915	1 307	1 699		2 101
85							261	653	1 031	1 418	1 810	2 212
84					53	373	765	1 142	1 529	1 926		2 323
83					169	484	876	1 254	1 646	2 038		2 435
82					290	590	987	1 365	1 759	2 149		2 551
81					411	702	1 099	1 481	1 868	2 260		2 662
80				111	528	813						
79				223	644	924						
78				334	765	1 031	1 215	1 592	1 980			
77			87	450	886	1 142						
76			198	561	1 002	1 254						
75												
74		92	310	673	1 118							
73		203	421	789	1 239	1 360						
72		315	532	900	1 360	1 471						
71	92	426	644	1 012	1 476							
	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	

Fuente: ROLDÁN, Mario. Diseño de un sistema de aire acondicionado para la sección central del nivel # 3 del edificio general de administración de la ciudad universitaria, zona 12. p. 58.

$$Q_s = 1,1 * CFM * DT = 1,1 * 1\ 635 * 16 = 28\ 776 \text{ BTU/h}$$

$$Q_L = CFM * \text{factor de la tabla XIII} = 1\ 635 * 1\ 137/100 = 18\ 589,95 \text{ BTU/h.}$$

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las ganancias de calor.

Tabla XIV. **Resumen de ganancias de calor**

Tipo de calor	Ganancia de calor
Radiación	11 218,91 BTU/h
Transmisión	84 232,45 BTU/h
Calor interno por persona (sensible)	34 335 BTU/h
Calor interno por persona (latente)	80 115 BTU/h
Calor Interno por Iluminación	84 165 BTU/h
Ventilación (sensible)	28 776 BTU/h
Ventilación (latente)	18 589,95 BTU/h
Calor interno por equipo eléctrico	883,87 BTU/H

Fuente: elaboración propia.

2.2.7. Cálculo de la carga de calor generado por equipo eléctrico

A continuación se presenta la tabla XV donde aparecen todos los aparatos eléctricos que se ven involucrados en el sistema de audio de Iglú, y como tales, tienen desperdicios de energía en forma de calor

Tabla XV. **Aparatos eléctricos utilizados en el sistema de sonido del Iglú**

CANT	DESCRIPCIÓN	MODELO
8	Micrófono shure	PGX4/PG58
1	Micrófono shure	PG4/PG1/PG185
1	Micrófono shure	PG4/PG1/PG185
1	<i>Drive rack</i>	DBX260V
1	Bocina JBL	Control-28T60
1	Bocina JBL	Control-28T60
1	Bocina JBL	Control-28T60 WH
1	Bocina JBL	Control-28T60 WH
1	Bocina JBL	Control-28T60
1	Bocina JBL	Control-28T60
1	Ecuador de 31	DBX231S
1	Consola Yamaha	MG206C-USB
1	Monitor PYLE PRO	STUDIO6
1	Poder CROWN	CDI1000

Fuente: elaboración propia.

A pesar de que la resistencia eléctrica presentada por conductores eléctricos, interruptores y otros equipos eléctricos es considerablemente

pequeña, tiene influencia en el confort percibido en el recinto. En consecuencia, todo flujo de corriente a través de ellos genera calor.

El índice de generación de pérdida de calor de cualquier accesorio eléctrico es una función directa de la ley de Joules:

$$W = I^2 \times R$$

Donde:

W = es la potencia

En el sistema inglés esta ganancia de calor toma las unidades de BTU/hr (Watts x 3,413)

3,413 es un factor para pasar de Watts a BTU/h.

I es la corriente eléctrica y R es la resistencia eléctrica

La ley de Joule afirma que: el calor que produce una corriente eléctrica al circular por un conductor, es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad de la corriente, a la resistencia y al tiempo que dura circulando la corriente. Matemáticamente se expresa:

$$Q = I^2 R$$

Donde:

- Q = cantidad de calor
- I = intensidad de corriente
- R = resistencia del aparato

Se tiene que según la ley de Ohm:

- $V = I \times R$
- $v = \text{voltage}$

Un BTU equivale aproximadamente a = 252 calorías = 1 055,056 julios y
12 000 BTU/h = 1 tonelada de refrigeración = 3 000 frigorías/h.

También se sabe que en promedio, los aparatos eléctricos aprovechan el 90% de la energía suministrada y desechan aproximadamente un 10% en forma de calor.

Se cuenta con 10 micrófonos *shure* de: alimentación 12-18 Vdc a 150 mA.
Entonces $R = V/I = 18/0,15 = 120$ y $Q = 3,413 I^2 R = 3,413 (0,15)^2 (120) = 9,22$ BTU/h.

Esto es equivalente al 90 % de la energía aprovechable, por lo que se hará el cálculo para encontrar el 10 % equivalente al desperdicio en forma de calor:

$$(9,22/90) \times 10 = 1,02 \text{ BTU/h}$$

Para 10 unidades se tiene un desperdicio de:

$$(1,02 \text{ BTU/H}) \times 10 = 10,2 \text{ BTU/h}$$

Para el *drive rack* se tiene que la potencia según el manual del fabricante es de 25 watts, entonces $25 \times 3,413 = 85,33$ BTU/h y esto es equivalente al 90 % de la energía; ahora se calculará el 10 %. $Q = (85,33/90) \times 10 = 9,48$ BTU/h.

Para la bocina 28t60 y 28t60 wh, se tiene que según el manual del fabricante, la potencia es de 175 watts, por lo que el calor generado es de $Q=175 \times 3.413=597,27$ Btu/h; entonces $(597,27/90) \times 10=66,36$ BTU/h y son 6 en total, entonces el calor para estas bocinas es de: $(66,36 \text{ BTU/h}) \times 6=398,16$ BTU/h

Para el ecualizador de 31 bandas se tiene que según especificaciones técnicas, la potencia es de 15 watts, por lo que el calor generado es de:

$$Q=15 \times 3,413=51,195 \text{ BTU/h}$$

Ahora se obtiene el 10% de la siguiente manera:

$$(51,195/90) \times 10=5,69 \text{ BTU/h}$$

Para la consola *Yamaha* se tiene que según especificaciones técnicas, una potencia de 40 watts es equivalente al 90 % de la potencia suministrada; de manera que a continuación se calculará el calor generado: $(40/90) \times 10=4,44$ watts; ahora se convierte este dato a BTU/h de la siguiente forma: $4,44 \times 3,413=15,15$ BTU/h.

Para el monitor *pyle pro* se tiene la siguiente especificación: *dynamic power= 175 watts RMS / 350 Peak*120.

Entonces la potencia es de 175 watts; luego se determina el calor de la siguiente manera: $(175/90) \times 10=19,44$ watts. Ahora se convierte a BTU/h $19,44 \times 3,413=66,35$ BTU/h.

Para el poder Crown cdi1000, según manual del fabricante, es de 1 000 watts la potencia; es equivalente a la potencia de salida o el 90% de la energía suministrada; entonces se tiene que: $(1000/90) \times 10 = 111$ watts, ahora se convierte a BTU/h; $111 \times 3,413 = 378.84$ BTU/h.

A continuación se presenta una tabla resumen de los aparatos eléctricos.

Tabla XVI. **Calor generado por aparatos eléctricos utilizados en el sistema de sonido del Iglú**

Aparato eléctrico	Número de unidades	Calor generado por unidad	Calor generado por todas las unidades
Micrófono shure	10	1,02BTU/H	10,2BTU/H
<i>Drive rack</i>	1	9,48BTU/H	9,48BTU/H
Bocina JBL	6	66,36BTU/H	398,16BTU/H
Ecuualizador de 31 banda	1	5,69BTU/H	5,69BTU/H
Consola Yamaha	1	15,15BTU/H	15,15BTU/H
Monitor PYLE PRO	1	66,35BTU/H	66,35BTU/H
Poder CROWN	1	378,84BTU/H	378,84BTU/H
Total de calor generado por equipo eléctrico			883,87BTU/H

Fuente: elaboración propia.

2.2.8. Cálculo de la carga de calor generado por personas

A mayor número de personas en un recinto, mayor será el calor generado; a continuación se presentan los cálculos que determinan el calor generado por las personas.

Según la tabla de ganancia de calor por persona es de:

- Calor sensible: 245BTU/h
- Calor latente: 105BTU/h

El calor sensible está relacionado con las sustancias cuando no se producen cambios de fase, es decir el calor generado por los procesos internos del cuerpo humano necesarios para su correcto funcionamiento.

El calor latente está relacionado con el grado de actividad física que se esté llevando a cabo, cuando existe un cambio de fase de una sustancia, es decir el calor generado por el movimiento de todo (o una parte) del cuerpo.

Entonces el calor latente para 327 personas = $105 \times 327 = 34335$ BTU/h y el calor sensible para la misma cantidad equivalente a: $245 \times 327 = 80115$ BTU/h.

2.2.9. Cálculo de la energía necesaria para alcanzar condiciones de *comfort*

A continuación se presenta la energía necesaria para alcanzar las condiciones de *comfort* expresadas en forma de calor sensible y latente y un factor de seguridad de 20%.

Tabla XVII. **Resumen de calor total generado incluyendo factor de seguridad**

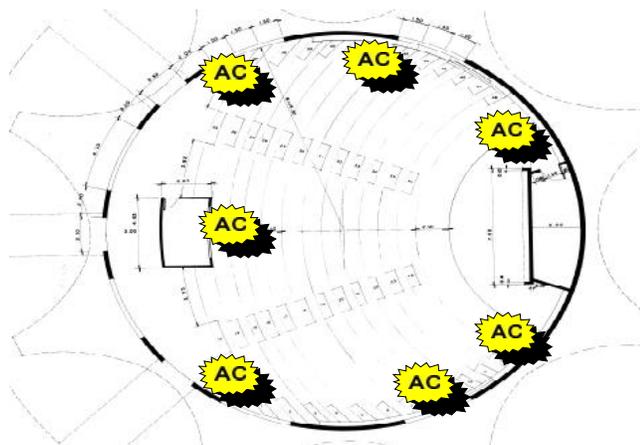
	Calor sensible	Calor latente
Ganancia de calor	289 391,23 BTU/h	52 924,95 BTU/h
Suma total	342 316,18 BTU/h	
F.S. 20%	410 779,42 BTU/h	
Capacidad (1T.R. = 12000 BTU/h)	34,23 T.R.	

Fuente: elaboración propia.

2.2.10. Determinación del equipo a utilizar

A continuación se presentan, ubicados en un plano, los equipos de aire acondicionado a utilizar.

Figura 9. **Plano de ubicación de los aparatos de aire acondicionado**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

2.2.11. Diseño de ductería

Debido a que se utilizará un sistema *minisplit* no será necesaria la instalación de tuberías por todo el techo del Iglú; es mejor utilizar sistemas *minisplit* debido a que es más estético y su instalación está de acuerdo con el convenio nacional de que la USAC fue declarada patrimonio nacional de Guatemala, ya que al momento de instalar dicha tubería, se tendría que perforar el techo para mantener la tubería en suspensión.

2.2.12. Costos asociados al sistema de aire acondicionado

Para la determinación del costo del aire acondicionado se realizó una cotización en la empresa Granada, en la zona 9 de ciudad capital; el costo de un aire acondicionado *minisplit*, es de Q10 400,00 con 60 000 BTU y una vida útil de 10 años; cada equipo cuesta Q3 500,00; de manera que como se necesita 34,23T.R. y se tiene que 1T.R. = 12 000 BTU/h, entonces 60,000 BTU/h = 5T.R. y 34,23T.R.= 6,84 equipos de 60000 BTU/h, lo que es aproximadamente equivalente a 7 equipos, ya que no es posible disponer de fracciones de equipo.

Como son 7 equipos, se tiene que: $Q. 10\ 400,00 \times 7 = Q. 72\ 800,00$ costo de adquisición, $Q. 3\ 500 \times 7 = Q. 24\ 500,00$ costo de instalación para cada equipo. Y al sumar estas dos cantidades $Q. 72800,00 + Q. 24500,00$ da un total de: $Q. 93\ 700,00$

2.3. Gestión de riesgo

Para realizar la gestión de riesgo en los edificios Iglú, M-2, T-1 y T-2, se aplicará la norma para la reducción de desastres número 2 -NRD2-.

2.3.1. Norma para la reducción de desastres –NRD2-

Los desastres han aumentado en los últimos tiempos, por lo que se hace necesaria la creación de estándares a seguir para disminuir el riesgo en instalaciones de uso público.

La norma para la reducción de desastre número dos, fue creada por parte del gobierno para disminuir el riesgo por desastre dentro de los edificios públicos; dentro de estos se encuentran plantas de producción, escuelas, hospitales, universidades, oficinas de atención al cliente, etc., es de manera obligatoria la aplicación de la norma a todas las edificaciones mencionadas anteriormente y ha sido elaborada tomando en cuenta estándares internacionales de seguridad en edificios públicos.

La rendición de informe para el cumplimiento de la NRD2 señala al MINEDUC a través de la subdirección de planificación de Infraestructura, y el responsable será la USAC a través de la División de Servicios Generales.

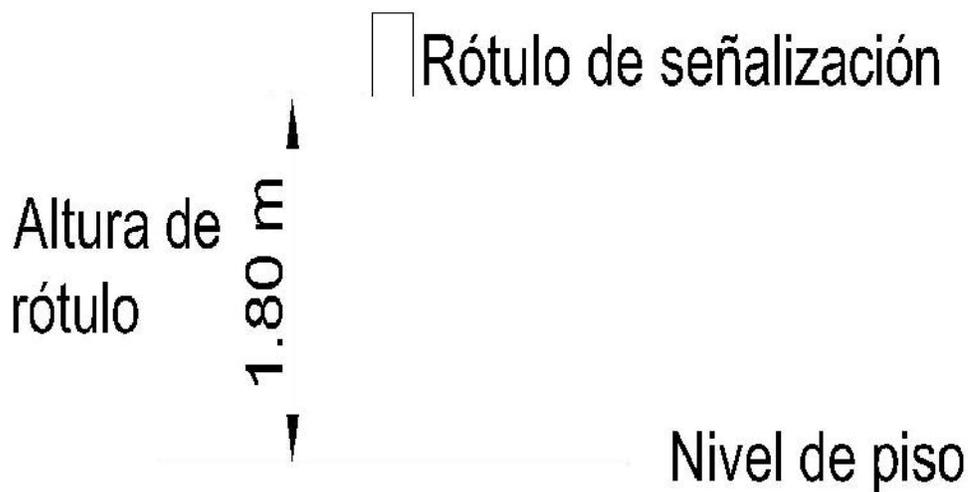
Se deberá evaluar el contenido de la norma para verificar en qué aspectos el edificio cumple con la norma y en cuáles no.

El informe se rendirá al MINEDUC dentro de los doce meses siguientes a las vigencias de la norma; es decir a más tardar el 23 de marzo de 2012 y a partir de aquí se tiene hasta el 23 de marzo de 2013 para realizar las modificaciones físicas; a excepción de la señalización que deberá ser implementada a más tardar el 23 de septiembre del año 2011.

2.3.2. Iluminación de rótulos de salidas de emergencia

Los rótulos de las salidas de emergencia deberán estar iluminados con fuentes de energía alternas para que cuando ocurra un siniestro, las salidas estén claramente visibles. A continuación se muestran las propuestas correspondientes a cada edificio y la altura correspondiente de todos los rótulos de señalización que se instalarán en los 4 edificios.

Figura 10. **Altura de rótulos de señalización**



Fuente: elaboración propia.

- Iglú: se deberá señalar en las tres puertas, como salidas de emergencia; los rótulos se colocarán en la parte de arriba y serán iluminados por lámparas de emergencia, para que puedan alumbrar al momento de faltar la energía eléctrica. A continuación se muestra el bosquejo de dichos rótulos.

Figura 11. **Salida de emergencia**



Fuente: CONRED. NRD-2. p. 30.

- T-1 tercer nivel, rutas de evacuación: se deberá señalar en cada una de las 2 gradas como salidas de emergencia; el rótulo se colocará en la parte adyacente; los rótulos luminosos deberán estar conectados a UPS, para que puedan utilizarse al momento de faltar la energía eléctrica. En las figuras 12 y 13 se muestran los bosquejos de dichos rótulos:

Figura 12. **Salida de emergencia para gradas a la derecha**



Fuente: CONRED. NRD-2. p. 29.

Figura 13. **Salida de emergencia para gradas a la izquierda**



Fuente: CONRED. NRD-2. p. 29.

- T-1 segundo nivel, rutas de evacuación: se deberá señalar en cada una de las 2 gradas como salidas de emergencia, el rótulo se colocará en la parte adyacente; los rótulos luminosos serán conectados a UPS, para que puedan iluminar al momento de faltar la energía eléctrica. En las figuras 12 y 13 se muestran los bosquejos de dichos rótulos.
- T-1 primer nivel, rutas de evacuación: se deberá señalar en cada una de las 2 gradas como salidas de emergencia; el rótulo se colocará en la parte adyacente; los rótulos luminosos serán conectados a UPS, para que puedan iluminar al momento de faltar la energía eléctrica. En la figura 11 se muestra el bosquejo de dichos rótulos.
- T-2 segundo nivel, rutas de evacuación: se deberá señalar en cada una de las 2 gradas como salidas de emergencia; el rótulo se colocará en la parte adyacente; los rótulos luminosos serán conectados a UPS, para que puedan iluminar al momento de faltar la energía eléctrica. En las figuras 12 y 13 se muestran los bosquejos de dichos rótulos.

- T-2 primer nivel, rutas de evacuación: se deberá señalar en la grada como salidas de emergencia y en las 2 salidas de horizontales, respectivamente; los rótulos se colocarán en la parte adyacente y los luminosos serán conectados a UPS, para que puedan iluminar al momento de faltar la energía eléctrica. En las figuras 11, 12 y 13 se muestran los bosquejos de dichos rótulos.
- M-2 segundo nivel, rutas de evacuación: se deberá señalar en cada una de las 2 gradas como salidas de emergencia; el rótulo se colocará en la parte adyacente y los rótulos luminosos serán conectados a UPS, para que puedan iluminar al momento de faltar la energía eléctrica. En las figuras 12 y 13 se muestran los bosquejos de dichos rótulos.
- M-2 primer nivel, rutas de evacuación: se deberá señalar en la salida del primer nivel; los rótulos se colocarán en la parte adyacente y los rótulos luminosos serán conectados a UPS para que puedan iluminar al momento de faltar la energía eléctrica. En la figura 11 se muestra el bosquejo de dicho rótulo.

2.3.3. Colocación de extinguidores

Los extinguidores son necesarios al momento de surgir un incendio, por tal motivo se colocarán los correspondientes en cada edificio. A continuación se muestra el tipo de extintores utilizados en cada edificio.

Tabla XVIII. **Extinguidores**

Edificio	Nivel	Número de extinguidores	Tipo	Especificaciones
Iglú		4	Polvo químico seco	Incendios que implican madera, tejidos, goma, papel, algunos tipos de plástico y equipos energizados eléctricamente.
T-1	Tercero	4	Polvo químico seco	Incendios que implican madera, tejidos, goma, papel, algunos tipos de plástico y equipos energizados eléctricamente.
T-1	Segundo	4	Polvo químico seco	Incendios que implican madera, tejidos, goma, papel, algunos tipos de plástico y equipos energizados eléctricamente.
T-1	Primero	4	Polvo químico seco	Incendios que implican madera, tejidos, goma, papel, algunos tipos de plástico y equipos energizados eléctricamente.
T-2	Segundo	4	Polvo químico seco	Incendios que implican madera, tejidos, goma, papel, algunos tipos de plástico y equipos energizados eléctricamente.
T-2	Primero	4	Polvo químico seco	Incendios que implican madera, tejidos, goma, papel, algunos tipos de plástico y equipos energizados eléctricamente.

Fuente: elaboración propia.

Continuación de la tabla XVIII.

M-2	Segundo	4	Polvo químico seco	Incendios que implican madera, tejidos, goma, papel, algunos tipos de plástico y equipos energizados eléctricamente.
M-2	Primero	4	Polvo químico seco	Incendios que implican madera, tejidos, goma, papel, algunos tipos de plástico y equipos energizados eléctricamente.

Fuente: elaboración propia.

Los extintores serán proporcionados por la empresa F. Mansilla y compañía S.A.; son de polvo químico seco, con garantía de 3 años y mantenimiento cada año o cada vez que se haga uso, con un costo de rellenado de Q100.00.

- Iglú: señalización sobre localización del extintor: se colocan 4 extintores, dos a la mitad de camino de las gradas extremas (las que se encuentran adyacentes a la pared) fijados en dicha pared y dos en la parte de abajo (al final de las gradas en la parte más baja); tendrá la siguiente señal colocada directamente arriba de estos:

Figura 14. **Señal de localización del extinguidor**



Fuente: CONRED. NRD-2. p. 32.

- T-1 tercer nivel: señalización sobre localización del extinguidor: se colocarán 4 extintores, uno en cada corredor (norte, sur, este y oeste) fijados en la pared adyacente, inmediatamente abajo del rótulo de extinguidor; tendrá la señal de la figura 14, colocada directamente arriba de estos.
- T-1 segundo nivel: señalización sobre localización del extinguidor: se colocarán 4 extintores, uno en cada corredor (norte, sur, este y oeste) fijados en la pared adyacente, inmediatamente abajo del rótulo de extinguidor; tendrá la señal de la figura 14 colocada directamente arriba de estos.
- T-1 primer nivel: señalización sobre localización del extinguidor: se colocarán 4 extintores, uno en cada corredor (norte, sur, este y oeste) fijados en la pared adyacente, inmediatamente abajo del rótulo de extinguidor, tendrá la señal de la figura 14, colocada directamente arriba de estos.
- T-2 segundo nivel: señalización sobre localización del extinguidor: se colocarán 4 extintores, uno en cada corredor (norte, sur, este y oeste) fijados en la pared adyacente, inmediatamente abajo del rótulo de extinguidor; tendrá la señal de la figura 14 colocada directamente arriba de estos.

- T-2 primer nivel: señalización sobre localización del extintor: se colocarán 4 extintores, uno en cada corredor (norte, sur, este y oeste) fijados en la pared adyacente, inmediatamente abajo del rótulo de extintor; tendrá la señal de la figura 14 colocada directamente arriba de estos.
- M-2 segundo nivel: señalización sobre localización del extintor: se colocarán 4 extintores, uno en cada corredor (norte, sur, este y oeste) fijados en la pared adyacente, inmediatamente abajo del rótulo de extintor; tendrá la señal de la figura 14, colocada directamente arriba de estos.
- M-2 primer nivel: señalización sobre localización del extintor: se colocarán 4 extintores, uno en cada corredor (norte, sur, este y oeste) fijados en la pared adyacente, inmediatamente abajo del rótulo de extintor; tendrá la señal de la figura 14 colocada directamente arriba de estos.

2.3.4. Señalización de rutas de evacuación

- Iglú: se señalizará la capacidad máxima a un lado de la salida que se encuentra en el centro; dicho rótulo tendrá la forma que se presenta en la figura 15:

Figura 15. Rotulación de la carga de ocupación máxima



Fuente: CONRED. NRD-2. p. 35.

A continuación se presentan los datos demandados por el rótulo:

- El número de carga máxima de ocupación es de 1080 personas.
- Logotipo del responsable de la señalización, en este caso la USAC, el cual aparece en la figura 16.

Figura 16. **Logotipo de la USAC**

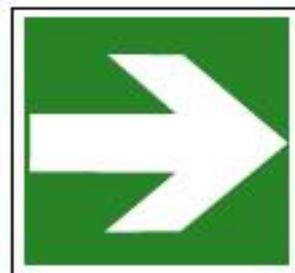


Fuente: CABRERA, Jafeth. Manual de Organización de la División de Servicios Generales. p. 1.

- Número de autorización: se refiere al número proporcionado por el Ministerio de Educación, después de haber sido aprobada la señalización.
- Espacio para nombre de la autoridad competente: MINEDUC.

La señalización de vía de evacuación derecha se colocará en las gradas que se encuentran a mano derecha, viendo hacia el escenario desde arriba; deberá ser colocada en la parte de arriba y tendrá la forma presentada en la figura 17.

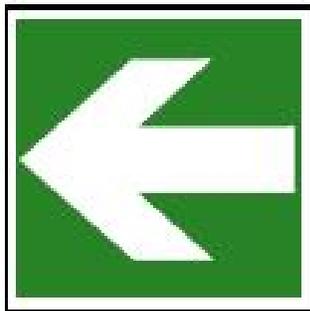
Figura 17. **Señal de ruta de evacuación derecha**



Fuente: CONRED. NRD-2. p. 28.

La señalización de vía de evacuación izquierda se colocará en las gradas que se encuentran a mano izquierda, viendo hacia el escenario desde arriba; deberá ser colocada en la parte de arriba; la figura 18 muestra su forma.

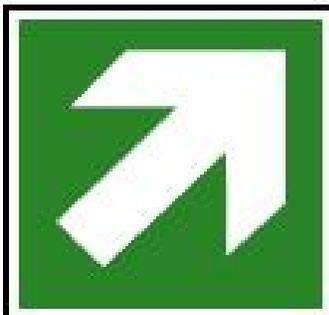
Figura 18. **Señal de ruta de evacuación izquierda**



Fuente: CONRED. NRD-2. p. 28.

La señalización de salida hacia arriba se debe colocar en las gradas que se encuentran a mano derecha, viendo hacia el escenario desde arriba; deberá ser colocada en la parte de abajo:

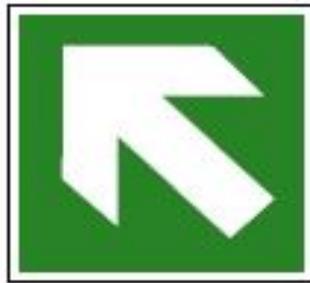
Figura 19. **Señal de ruta de evacuación hacia arriba a la derecha**



Fuente: CONRED. NRD-2. p. 28.

Así también se debe colocar esta señal en las gradas que se encuentran a mano izquierda, viendo hacia el escenario desde arriba, deberá ser colocada en la parte de abajo:

Figura 20. **Señal de ruta de evacuación hacia arriba a la izquierda**



Fuente: CONRED. NRD-2. p. 28.

La señalización de zona segura se deberá colocar en la parte de atrás del Iglú:

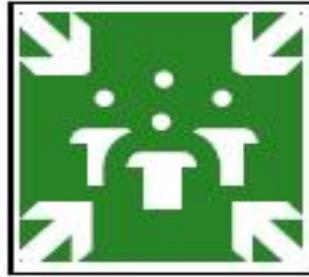
Figura 21. **Señalización de zona segura**



Fuente: CONRED. NRD-2. p. 30.

Se establecerán 4 puntos de reunión en la parte de atrás del Iglú.

Figura 22. **Señalización de punto de reunión**



Fuente: CONRED. NRD-2. p. 31.

Habrán dos rótulos de “cuidado al bajar” en la parte de arriba de las gradas que se encuentran adyacentes a la pared.

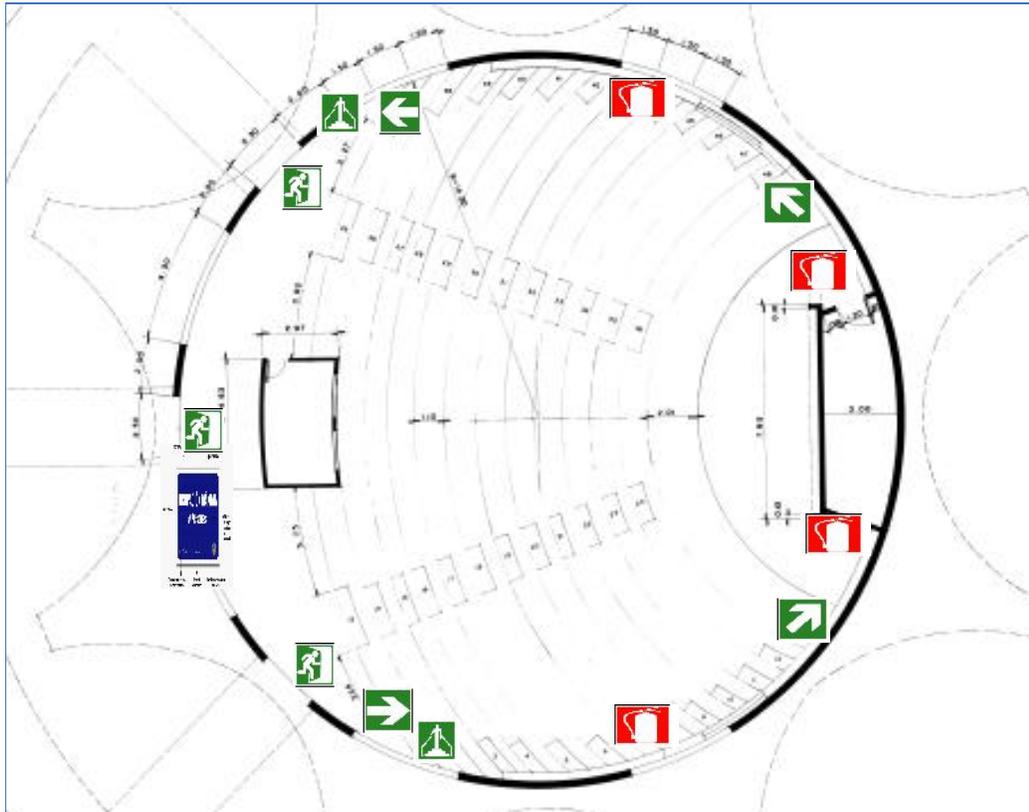
Figura 23. **Señalización de cuidado al bajar**



Fuente: CONRED. NRD-2. p. 31.

A continuación se presenta la ubicación dentro de un plano de los rótulos que se utilizarán en la señalización del Iglú.

Figura 24. **Plano de ubicación de los rótulos de señalización para el Iglú**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2005.

- En el T-1, tercer nivel, se señalizará la capacidad máxima del nivel a un lado de una de las salidas de las gradas; dicho rótulo tendrá la forma que se presenta en la figura 15.

A continuación se presentan los datos demandados por el rótulo:

- Número de cargas máximas de ocupación, que corresponde a 644 personas.

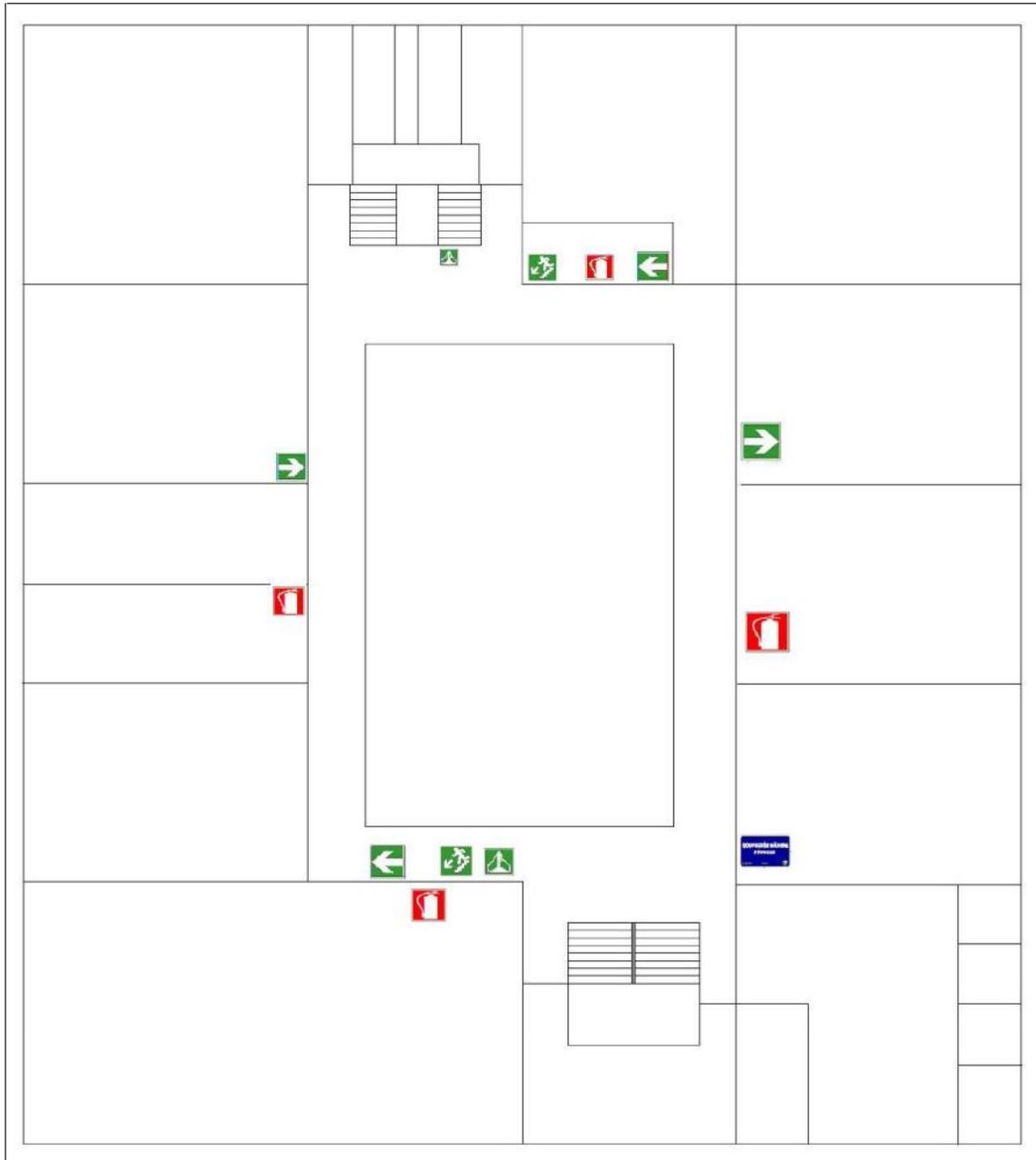
- Logotipo del responsable de la señalización: en este caso la USAC; el cual aparece en la figura 16.
- Número de autorización: se refiere al número proporcionado por el Ministerio de Educación, después de haber sido aprobada la señalización.
- Espacio para nombre de la autoridad competente: MINEDUC.

Se debe colocar la señalización de vía de evacuación derecha en los pasillos en la parte de arriba; una en el corredor sur y otra en el corredor norte, pasando en la mitad del edificio más cercana a las gradas de evacuación, tendrá la forma que se presenta en la figura 17.

Se debe colocar la señalización de vía de evacuación izquierda en los pasillos; en la parte de arriba; se colocará una en el corredor este y otra en el corredor oeste, pasando en la mitad del edificio, más cercana a las gradas de evacuación; la figura 18 muestra su forma.

Para la señalización de cuidado al bajar, se establecerán dos rótulos en la parte de arriba de las gradas que se encuentran adyacentes a la pared, a un costado de los rótulos de rutas de evacuación; tendrán la forma de la figura 23.

Figura 25. **Plano de ubicación de los rótulos de señalización para el tercer nivel del T-1**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

- En el T-1, segundo nivel, se señalará la capacidad máxima del nivel a un lado de la salida de una las gradas del este; dicho rótulo tendrá la forma que se presenta en la figura 15.

A continuación se presentan los datos requeridos por el rótulo:

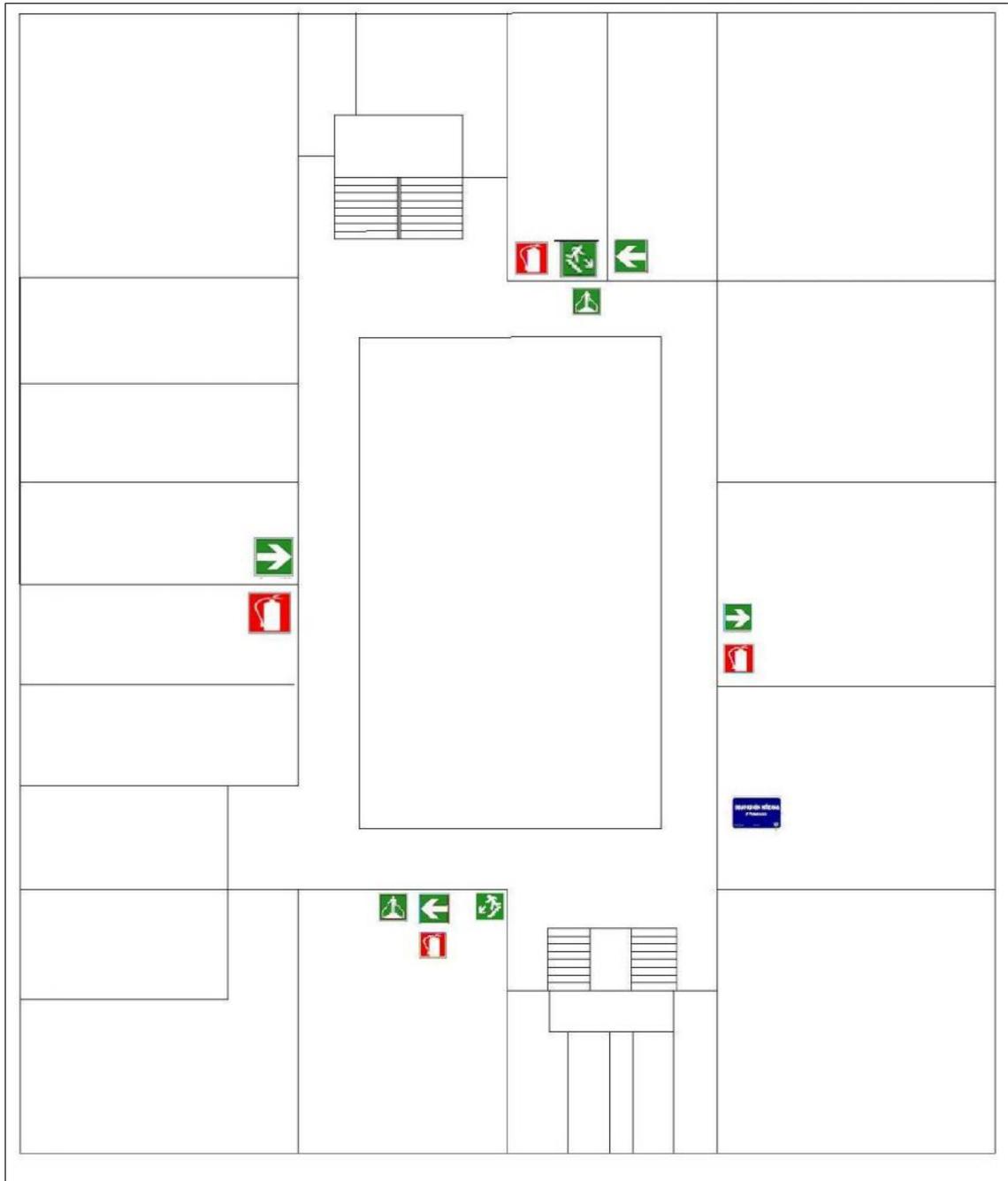
- Número de cargas máximas de ocupación corresponde a 539 personas.
- Logotipo del responsable de la señalización; en este caso la USAC, el cual aparece en la figura 16.
- Número de autorización: se refiere al número proporcionado por el Ministerio de Educación, después de haber sido aprobada la señalización.
- Espacio para nombre de la autoridad competente: MINEDUC.

Se debe colocar la señalización de vía de evacuación derecha en los pasillos en la parte de arriba; se colocará una en el corredor sur y otra en el corredor norte, pasando en la mitad del edificio más cercana a las gradas de evacuación; tendrá la forma de la figura 17.

Se debe colocar la señalización de vía de evacuación izquierda en los pasillos, en la parte de arriba; se colocará una en el corredor este y otra en el corredor oeste, pasando en la mitad del edificio más cercana a las gradas de evacuación, la figura 18 muestra su forma.

Se establecerán dos rótulos de señalización de cuidado al bajar en la parte de arriba de las gradas que se encuentran adyacentes a la pared, a la par de los rótulos de rutas de evacuación, tendrán la forma de la figura 23.

Figura 26. **Plano de ubicación de los rótulos de señalización para el segundo nivel del T-1**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

- En relación con el T-1, primer nivel, se señalará la capacidad máxima del nivel a un lado de las salidas, en la única entrada existente actualmente y otro cerca de los sanitarios donde será abierta la nueva salida de emergencia; dicho rótulo tendrá la forma de la figura 15.

A continuación se presentan los datos demandados por el rótulo:

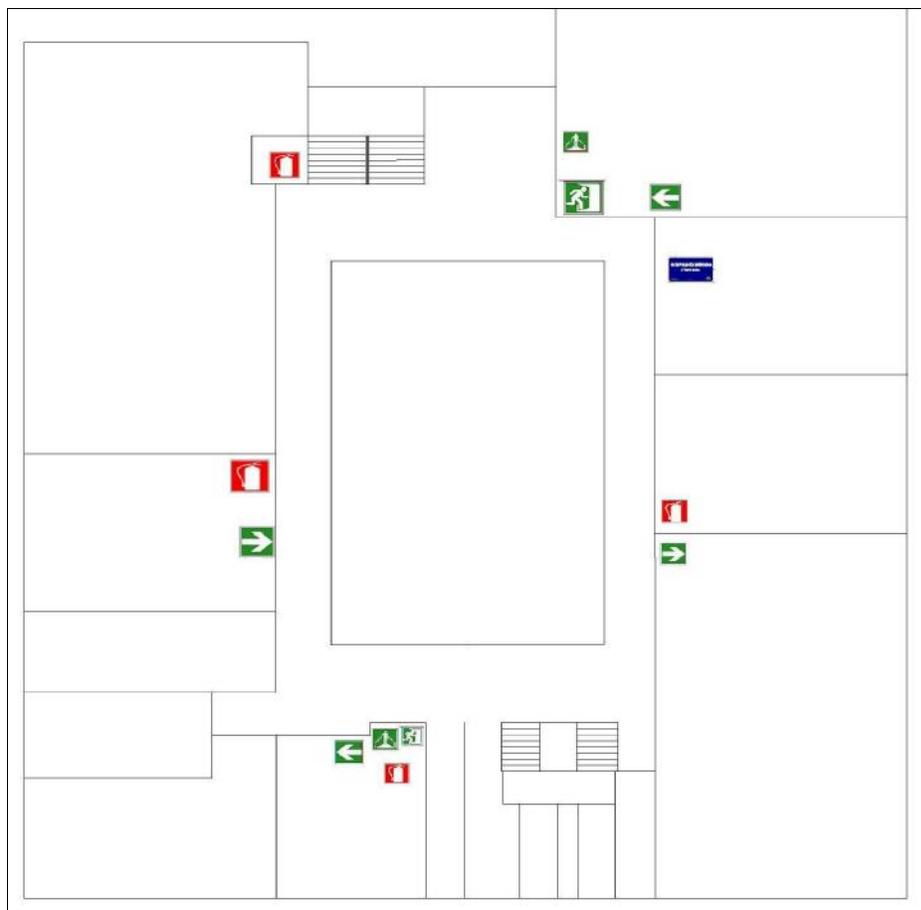
- El número de cargas máximas de ocupación es de 1020 personas.
- Logotipo del responsable de la señalización, en este caso la USAC, el cual aparece en la figura 16.
- Número de autorización: se refiere al número proporcionado por el Ministerio de Educación, después de haber sido aprobada la señalización.
- Espacio para nombre de la autoridad competente: MINEDUC.

Se debe colocar la señalización de vía de evacuación derecha en los pasillos, en la parte de arriba; se colocará una en el corredor sur y otra en el corredor norte, pasando en la mitad del edificio, más cercana a las gradas de evacuación; tendrá la forma de la figura 17.

Se debe colocar la señalización de vía de evacuación izquierda en los pasillos, en la parte de arriba, se colocará una en el corredor este y otra en el corredor oeste, pasando en la mitad del edificio más cercana a las gradas de evacuación; la figura 18 muestra su forma.

Se establecerán dos rótulos de señalización de cuidado al bajar en las entradas principales, ya que en la entrada principal existe una grada y posiblemente se coloque otra en la otra entrada (de la que se ha propuesto su realización), en el ala oeste, tendrán la forma de la figura 23. Se establecerán 4 puntos de reunión en los parqueos, tendrán la forma que aparece en la figura 22.

Figura 27. **Plano de ubicación de los rótulos de señalización para el primer nivel del T-1**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

- En relación con el T-2, segundo nivel, se señalará la capacidad máxima del mismo a un lado de las salidas de cada una de las gradas; dicho rótulo tendrá la forma de la figura 15.

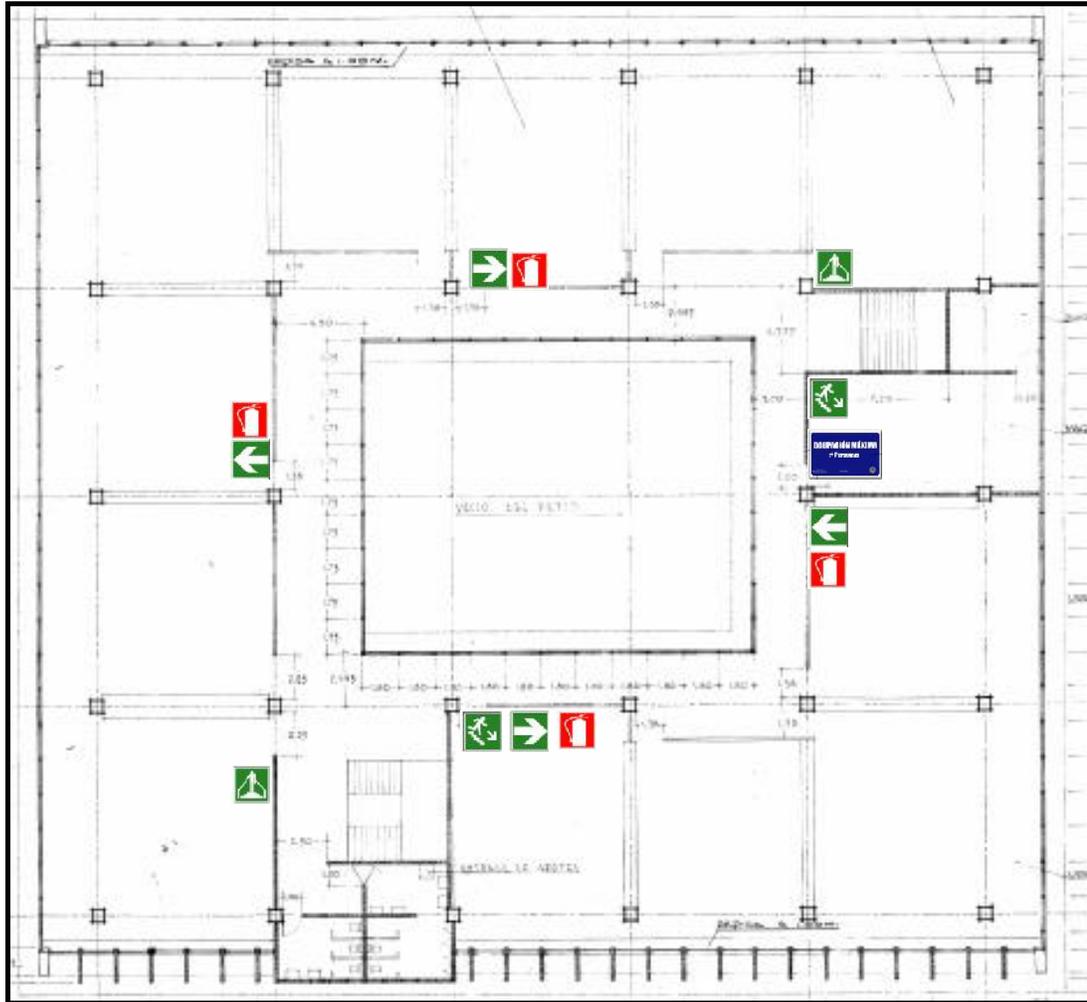
A continuación se presentan los datos demandados por el rótulo:

- Número de cargas máximas de ocupación, que es de 518 personas.
- Logotipo del responsable de la señalización, en este caso la USAC; el cual aparece en la figura 16.
- Número de autorización: se refiere al número proporcionado por el Ministerio de Educación después de haber sido aprobada la señalización.
- Espacio para nombre de la autoridad competente: MINEDUC.

Se debe colocar la señalización de vía de evacuación derecha en los pasillos, en la parte de arriba; se colocará una en el corredor sur y otra en el corredor norte, pasando en la mitad del edificio más cercana a las gradas de evacuación; tendrá la forma de la figura 17.

Se debe colocar la señalización de vía de evacuación izquierda en los pasillos, en la parte de arriba; se colocará una en el corredor este y otra en el corredor oeste, pasando en la mitad del edificio más cercana a las gradas de evacuación; la figura 18 muestra su forma. Al colocar la señalización de cuidado al bajar; se establecerán dos rótulos en la parte de arriba de las gradas que se encuentran adyacentes a la pared, a un costado de los rótulos de rutas de evacuación; tendrán la forma de la figura 23.

Figura 28. **Plano de ubicación de los rótulos de señalización para el segundo nivel del T-2**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

- En el primer nivel del T-2, se señalizará la capacidad máxima del nivel a un lado de las salidas, en la única entrada existente actualmente y otro cerca de los baños, donde será abierta la nueva salida de emergencia; dicho rótulo tendrá la forma presentada en la figura 15.

A continuación se presentan los datos demandados por el rótulo:

- El número de cargas máximas de ocupación que corresponde a 990 personas.
- Logotipo del responsable de la señalización, en este caso la USAC, el cual aparece en la figura 16.
- Número de autorización: se refiere al número proporcionado por el Ministerio de Educación, después de haber sido aprobada la señalización.
- Espacio para nombre de la autoridad competente: MINEDUC.

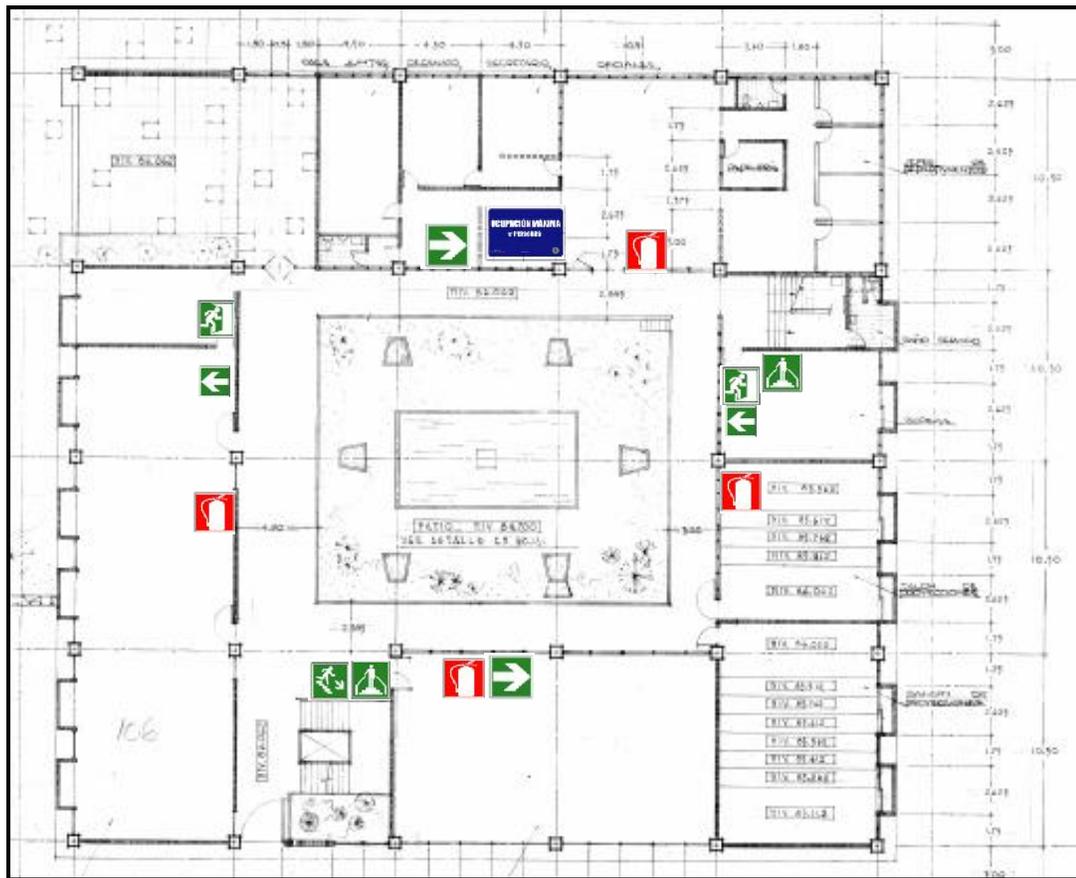
Se debe colocar la señalización de vía de evacuación derecha en los pasillos, en la parte de arriba; se colocará una en el corredor sur y otra en el corredor norte, pasando en la mitad del edificio más cercana a las gradas de evacuación; tendrá la forma presentada en la figura 17.

Se debe colocar la señalización de vía de evacuación izquierda en los pasillos, en la parte de arriba; se colocará una en el corredor este y otra en el corredor oeste, pasando en la mitad del edificio más cercana a las gradas de evacuación; la figura 18 muestra su forma.

Se establecerán dos rótulos de señalización de cuidado al bajar en las entradas principales, ya que en la entrada principal existe una grada y posiblemente se coloque otro en la otra entrada (la cual se ha propuesto), en el ala oeste; tendrán la forma presentada en la figura 23.

Se establecerán 4 puntos de reunión en los parques, tendrán la forma de la figura 22.

Figura 29. **Plano de ubicación de los rótulos de señalización para el primer nivel del T-2**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

- En el M-2, segundo nivel, se señalizará la capacidad máxima del nivel a un lado de las salidas de cada una de las gradas; dicho rótulo tendrá la forma presentada en la figura 15.

A continuación se presentan los datos demandados por el rótulo:

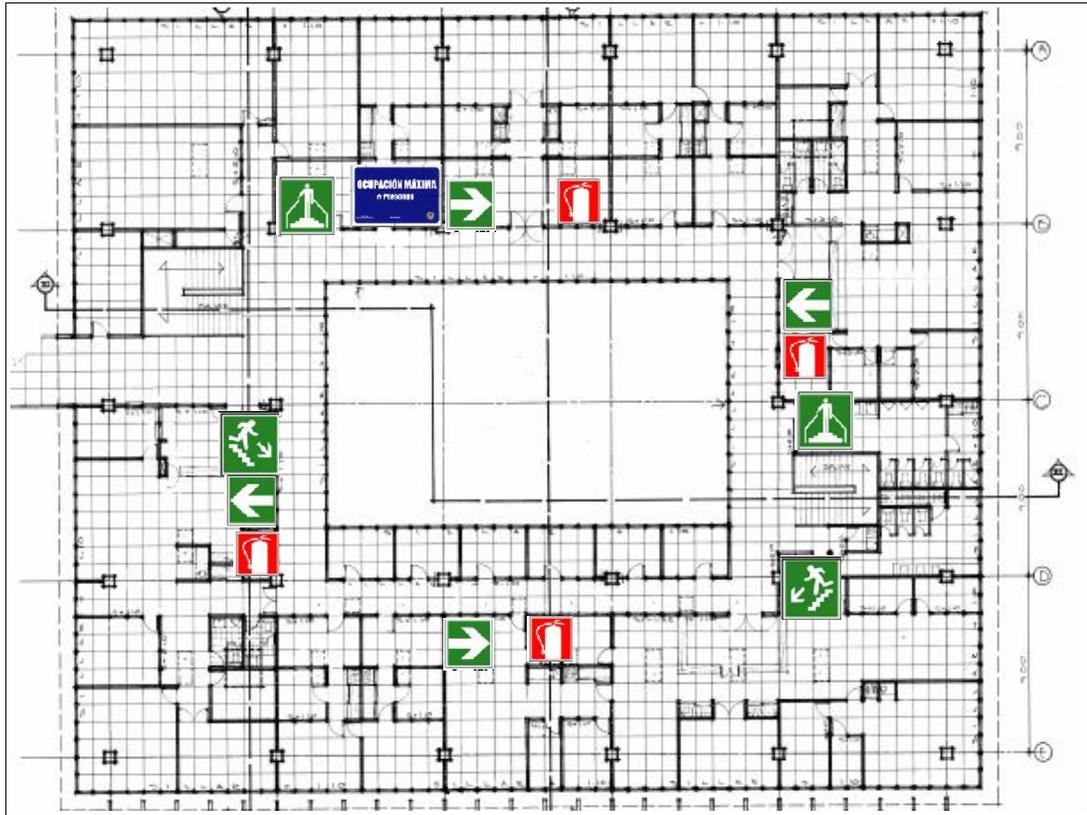
- Número de cargas máximas de ocupación, el cual es de 497 personas.
- Logotipo del responsable de la señalización, en este caso la USAC, el cual aparece en la figura 16.
- Número de autorización: se refiere al número proporcionado por el Ministerio de Educación, después de haber sido aprobada la señalización.
- Espacio para nombre de la autoridad competente: MINEDUC.

Se debe colocar la señalización de vía de evacuación derecha en los pasillos, en la parte de arriba; se colocará una en el corredor sur y otra en el corredor norte, pasando en la mitad del edificio más cercana a las gradas de evacuación; tendrá la forma presentada en la figura 17.

Se debe colocar la señalización de vía de evacuación izquierda en los pasillos, en la parte de arriba; se colocará una en el corredor este y otra en el corredor oeste, pasando en la mitad del edificio más cercana a las gradas de evacuación; la figura 18 muestra su forma.

Se establecerán dos rótulos de señalización de cuidado al bajar en la parte de arriba de las gradas que se encuentran adyacentes a la pared, a la par de los rótulos de rutas de evacuación; tendrán la forma de la figura 23.

Figura 30. **Plano de ubicación de los rótulos de señalización para el segundo nivel del M-2**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

En el M-2 primer nivel, se señalará la capacidad máxima del nivel a un lado de la salida; dicho rótulo tendrá la forma de la figura 15.

A continuación se presentan los datos demandados por el rótulo:

- Número de cargas máximas de ocupación el cual es de 540 personas.
- Logotipo del responsable de la señalización, en este caso la USAC, el cual aparece en la figura 16.

- Número de autorización: se refiere al número proporcionado por el Ministerio de Educación después de haber sido aprobada la señalización.
- Espacio para nombre de la autoridad competente: MINEDUC.

Se debe colocar la señalización de vía de evacuación derecha en los pasillos, en la parte de arriba; se colocará una en el corredor sur, otra en el corredor este y otra en el corredor oeste; tendrá la forma de la figura 17.

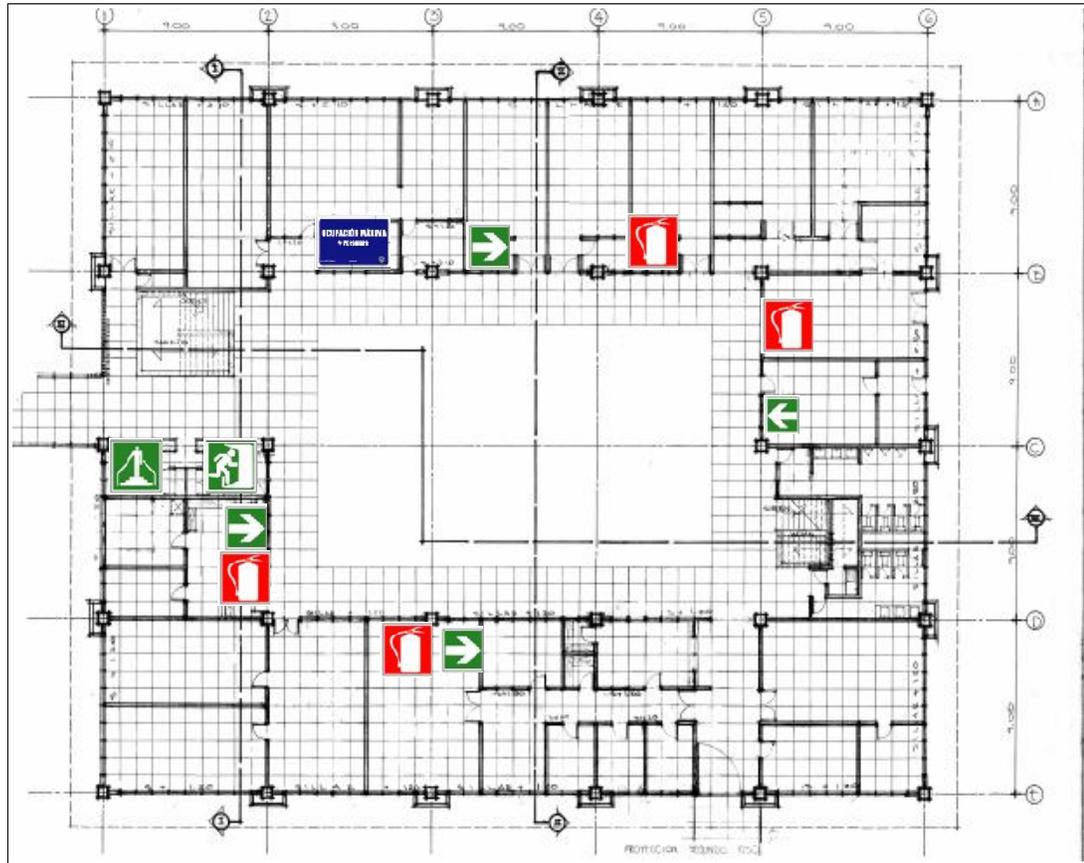
Se debe colocar la señalización de vía de evacuación izquierda en los pasillos, en la parte de arriba; se colocará uno en el corredor norte, la figura 18 muestra su forma.

Se establecerá un rótulo de señalización de cuidado al bajar en la entrada principal, ya que en esta área existe una grada; tendrán la forma que se presenta en la figura 23.

Se establecerán 4 puntos de reunión en los parqueos; estos tendrán la forma de la figura 22.

A continuación se presenta un plano donde aparecen ubicados los rótulos utilizados en la señalización del primer nivel del M-2.

Figura 31. **Plano de ubicación de los rótulos de señalización para el primer nivel del M-2**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

2.3.5. Ancho de las salidas de emergencia

El ancho de las salidas de emergencia dependerá de la cantidad de personas que se requiera albergar en el edificio; según sea el número de personas así serán las medidas del ancho de las puertas; a mayor número de personas se requiere un mayor ancho.

En el Iglú se debe tomar en cuenta la carga de ocupación. Esta se refiere al número de personas que puede albergar el edificio; actualmente existen 312 butacas, pero también hay algunos espacios vacíos en donde anteriormente había una butaca, entonces el total de espacios sin butacas es de 15, lo que da un total de 327 asientos fijos.

Las salidas de emergencias dependen de la carga de ocupación; en este caso se tiene un total de 327 personas y de un factor dado en el artículo 14 de la -NRD2-, el cual es de 0.5; entonces se tiene que: $327 \times 0.50 = 163.5$ cm. Pero en el iglú se tienen 3 salidas que hacen un total de $180 \text{ cm} \times 3 = 540$ cm, lo cual es notablemente superior a los 163.5 cm que la ley demanda. Sabiendo esto, se puede percibir que las salidas de emergencia que actualmente se tienen en el Iglú, tienen capacidad para evacuar a un número mayor de personas que 327, por lo que a continuación se presenta el cálculo correspondiente:

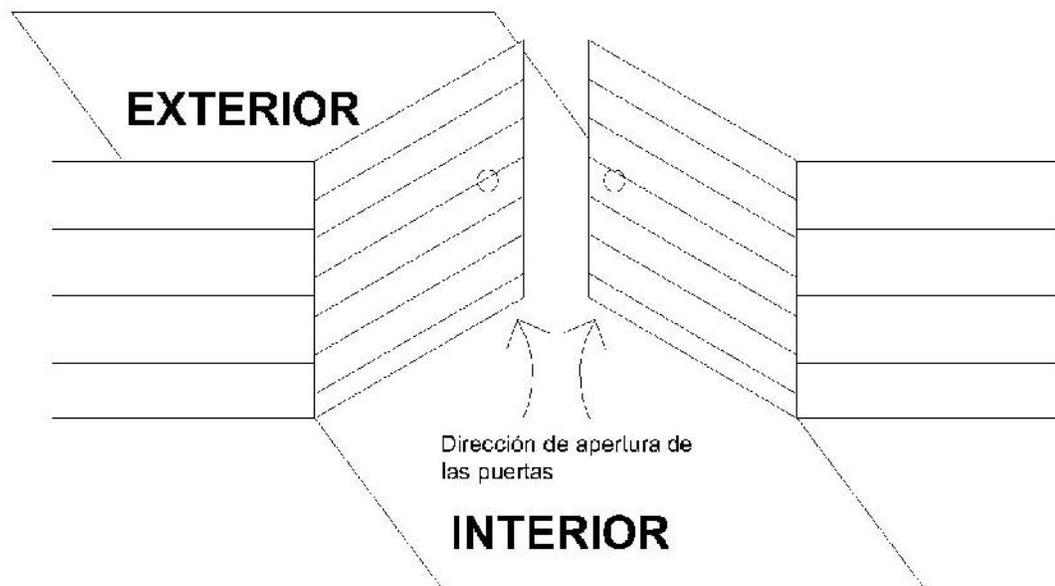
Capacidad máxima de carga= $540 \text{ cm}/0.5= 1080$ personas.

Este número significa el número máximo de personas que puede permanecer en el aula magna pero no de manera cómoda; si el edificio se encuentra soportando una carga mayor a 1080 personas deberá ser evacuado inmediatamente. Otro aspecto importante es la distancia que debe existir entre las puertas más alejadas, la cual tendrá que ser de por lo menos 14.225 m; para el iglú se tiene que la distancia más alejada entre las puertas es de 22.20 m, con lo cual se verifica que sí cumple con la ley. La distancia máxima a recorrer en un edificio como el Iglú no deber ser mayor a 45 m; en el caso del Iglú se tiene que el diámetro es de $14.225 \times 2 = 28.45$ m.

Actualmente las puertas se abren en dirección contraria al flujo de personas, por lo que todas las puertas (6 en total) de las 3 entradas deberán ser modificadas para que se abran en la dirección del flujo de personas.

A continuación se presente un bosquejo donde se indica la dirección en que se abre la puerta:

Figura 32. **Bosquejo que muestra la dirección en que se abren las puertas del Iglú**

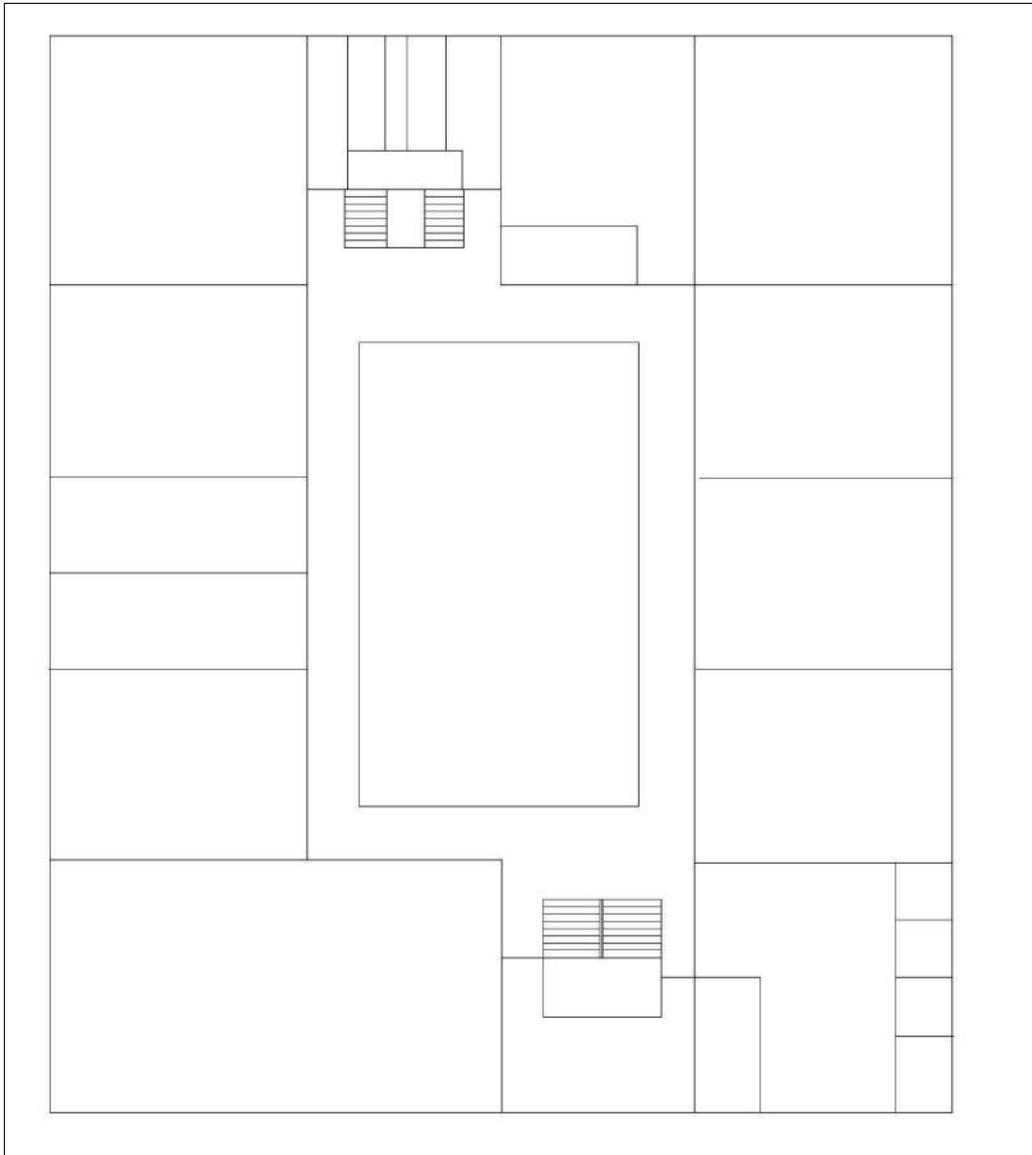


Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2005.

La carga de ocupación en el T-1 tercer nivel se refiere al número de personas que puede albergar el edificio; el edificio T-1 cuenta con 3 niveles, por lo tanto se analizará nivel por nivel, empezando por el tercer nivel, ya que es el que se encuentra más alejado de las salidas.

A continuación se calculará el área ocupada por salones de clase, tal como lo muestra la siguiente figura:

Figura 33. **Área ocupada por salones de clases del tercer nivel del T-1**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

Área disponible:

$$\begin{aligned} &= [(9+9+2.5) \times (9+2.5)] + [(9+9+9+9+2.5) \times (9+2.5)] + [(5+2.5) \times (9)] + [(9+9+2.5) \times (9+2.5)] \\ &+ [(9+9+9+9+2.5) \times (9+2.5)] + [(5+2.5) \times (9)] \\ &= (20.50 \times 11.50) + (38.50 \times 11.50) + (7.50 \times 9) + (20.50 \times 11.50) + (38.50 \times 11.50) + (7.50 \times 9) \\ &= 235.75 + 442.75 + 67.5 + 235.75 + 442.75 + 67.50 = 1,492 \text{ m}^2 . \end{aligned}$$

Ahora se tiene el área total, pero dentro de toda esta área existen 3 ambientes destinados a salones de clases, siendo estos L-III-6, L-III-7 y L-III-8; entonces el área correspondiente para dichos salones es de:

$$= [(9+4) \times (9+2.50)] + [(9+9+2.5) \times (9+2.5)] = 149.50 + 235.75 = 385.25 \text{ m}^2$$

De manera que la diferencia de áreas dará la cantidad de espacio destinado a otras actividades que no son aulas:

$$= 1,492 - 385.25 = 1106.75 \text{ m}^2.$$

Teniendo el área en metros cuadrados tal como la pide la -NRD2-, se puede calcular la carga de ocupación y según la tabla de factor de carga de ocupación de dicha norma se debe usar un factor igual a 1.85 para el área de 385.25 m² y para el resto, de 9.30. Entonces la carga de ocupación es: $385.25/1.85 + 1106.75/9.30 = 208.24 + 119.00 = 327.24$, aproximadamente igual a 327 personas para el tercer nivel.

Tabla XIX. **Factor de carga de ocupación**

Uso	Mínimo de dos salidas de emergencia, sin contar elevadores, se requieren cuando el número de ocupantes es por lo menos	Factor de carga de ocupación (metros cuadrados)
Hangares de aviación (sin área para reparaciones)	10	45
Salones para subastas	30	0.65
Auditorios, iglesias, capillas, pistas de baile, estadios, graderíos	50	0.65
Salones para reuniones y conferencias, comedores, restaurantes, bares, salones de exhibiciones, gimnasios, escenarios	50	1.39
Orfanatos y hogares de ancianos	6	7.43
Áreas de espera	50	0.30
Aulas	50	1.85
Juzgados	50	3.70
Dormitorios	10	4.5
Complejos habitacionales	10	28
Salones para hacer ejercicios	50	4.5
Estacionamientos	30	18.5
Hospitales, sanatorios, centros de salud	10	7.43
Hoteles y apartamentos	10	18.5
Cocinas comerciales	30	18.5
Salas de lectura en bibliotecas	50	4.5
Fábricas	30	18.5
Centros comerciales	50	2.8
Guarderías	7	3.25
Oficinas	30	9.30
Talleres en colegios e institutos vocacionales	50	4.5
Pistas de patinaje	50	4.5 en la pista y 1.4 en otras áreas
Salones para almacenar útiles	30	2.88
Tiendas y salas de ventas	50	2.78
Piscinas	50	4.5 para la piscina y 1.4 en las otras áreas
Bodegas	30	45
Todos los demás	50	9.30

Fuente: CONRED. Norma para la reducción de desastres número 2, p. 24.

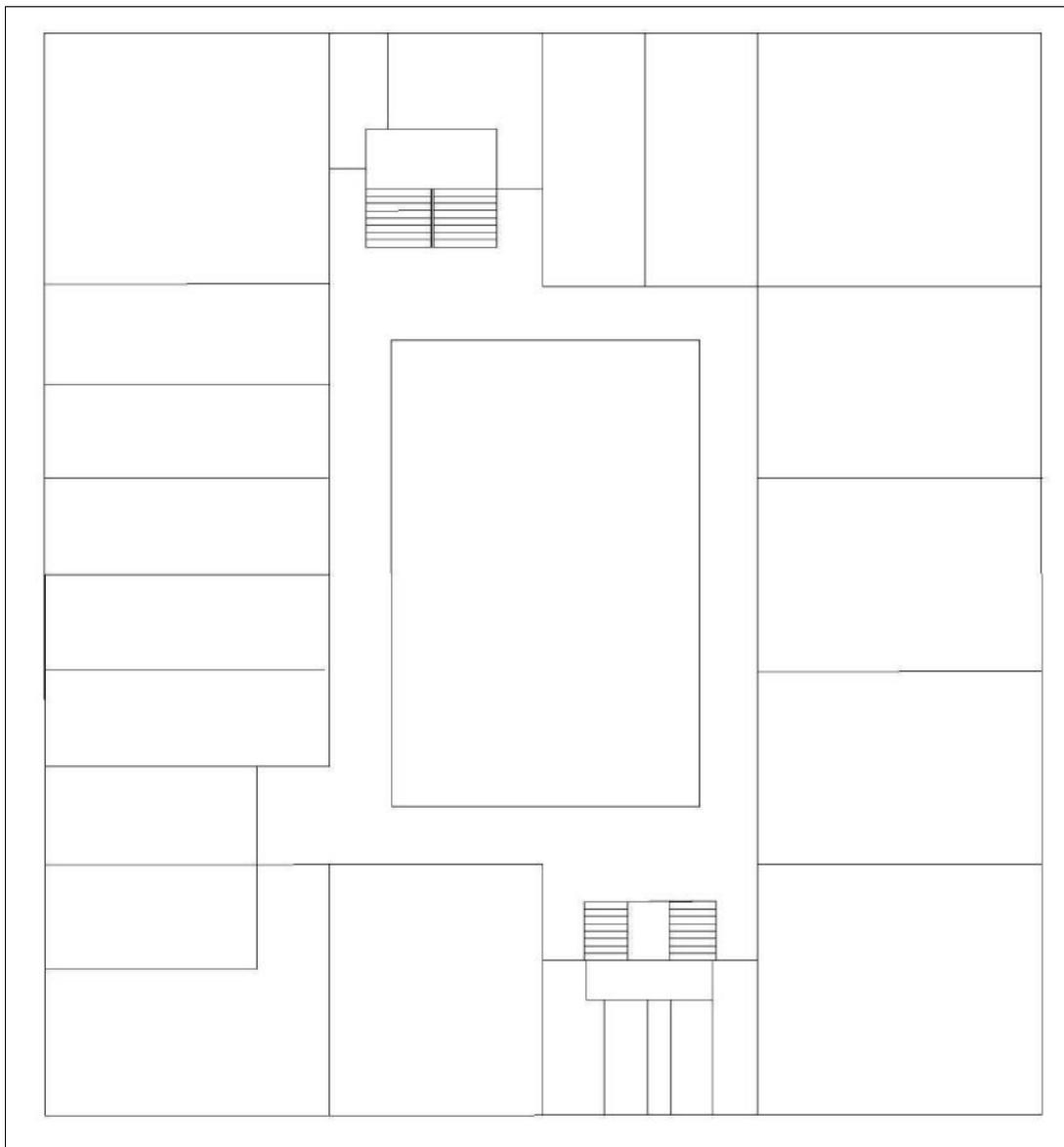
Las salidas de emergencias dependen de la carga de ocupación; en este caso se tiene un total de 327 personas, entonces: $327 \times 0.76 = 248.52$ cm. Para el tercer nivel del T-1 se tienen 2 gradas de salidas, cada una con un ancho de 260 cm con barandas y sin incluir la baranda es de 245 cm; entonces en total son: $245 + 245 = 490$ cm.

Sabiendo esto se puede percibir que las salidas de emergencia que actualmente hay en el T-1, tienen capacidad para evacuar a un número mayor de personas que 327, por lo que a continuación se presenta el cálculo correspondiente: capacidad máxima de carga = $490 \text{ cm} / 0.76 = 644.74 = 644$ personas. El factor 0.76 es proporcionado por el artículo 14 de la -NRD2-. Este número significa el máximo de personas que pueden permanecer en el tercer nivel pero no de manera cómoda; si el tercer nivel se encuentra soportando una carga mayor a 644 personas, deberá ser evacuado inmediatamente.

Otro aspecto importante es la distancia que debe existir entre las salidas más alejadas, la cual deberá ser de por lo menos $(((41)^2+(50)^2))/2=64.66/2=32.33$ m; para el tercer nivel del T-1, se tiene que la distancia más alejada entre las puertas es de $50/2+18=43$ m, con lo cual se verifica que sí cumple con la norma. La distancia máxima a recorrer en una planta de edificio no deber ser mayor a 45 m; en el caso del tercer nivel, se tiene que es de $9 \times 4 = 36$ m.

- T-1 segundo nivel: a continuación se calculará el área ocupada por salones de clase y edificios, tal como lo muestra la siguiente figura:

Figura 34. **Área ocupada por salones de clases del segundo nivel del T-1**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

$$\begin{aligned}
 \text{Área disponible: } &= [(9 \times 10.8)] + [(11.70) \times (50.40)] + [(9) \times (5.40)] + [(1.80) \times (3.60)] \\
 &+ [(20.70) \times (11.70)] + [(4.50) \times (9)] + [(11.70) \times (34.2)] + [(7.2) \times (4.50)] + [(1.80) \times (3.60)] \\
 &= 97.20 + 589.68 + 48.60 + 6.48 + 242.19 + 40.5 + 400.14 + 32.40 + 6.48 \\
 &= 1463.67 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Este dato corresponde al área total del segundo nivel, sin incluir los pasillos; ahora se procederá a encontrar la carga de ocupación; el uso principal que se le da a este nivel es para laboratorios, como por ejemplo física, electrónica, comunicaciones, etc.; entonces de acuerdo con la tabla de la -NRD2- de factores de carga de ocupación, se utilizará un factor de 4.5 que corresponde a salas de lectura de bibliotecas y que también coincide con el de talleres en colegios e institutos vocacionales: carga de ocupación = $1463.67/4.5 = 325.26$, que es aproximadamente igual a 325 personas.

Las salidas de emergencias dependen de la carga de ocupación; en este caso se tiene un total de 325 personas, entonces: $325 \times 0.76 = 247 \text{ cm}$. Para el segundo nivel del T-1 se tienen 2 gradas de salidas, una con un ancho de 255 cm con barandas y sin incluir la baranda, es de 245 cm; la otra grada de salida es de 180 cm con barandas y sin incluir baranda, es de 165 cm; entonces en total $245 + 165 = 410 \text{ cm}$; este ancho de la salida de emergencia es superior al que debería tener para el número de personas que alberga el segundo nivel.

Sabiendo esto, se puede percibir que las salidas de emergencia que actualmente se tienen en el T-1 tienen capacidad para evacuar a un número mayor de personas que 325, por lo que a continuación se presenta el cálculo correspondiente: capacidad máxima de carga = $410 \text{ cm}/0.76 = 539.47 = 539$ personas.

Este número significa la cantidad máxima de personas que pueden permanecer en el segundo nivel, pero no de manera cómoda; si el segundo nivel se encuentra soportando una carga mayor a 539 personas, deberá ser evacuado inmediatamente.

Otro aspecto importante es la distancia que debe existir entre las salidas más alejadas, la cual deberá ser de por lo menos:

$$\left(\frac{(41.4)^2 + (50.4)^2}{2} \right)^{1/2} = 65.22/2 = 32.61 \text{ m}$$

Para el segundo nivel del T-1 se tiene que la distancia más alejada entre las salidas es de:

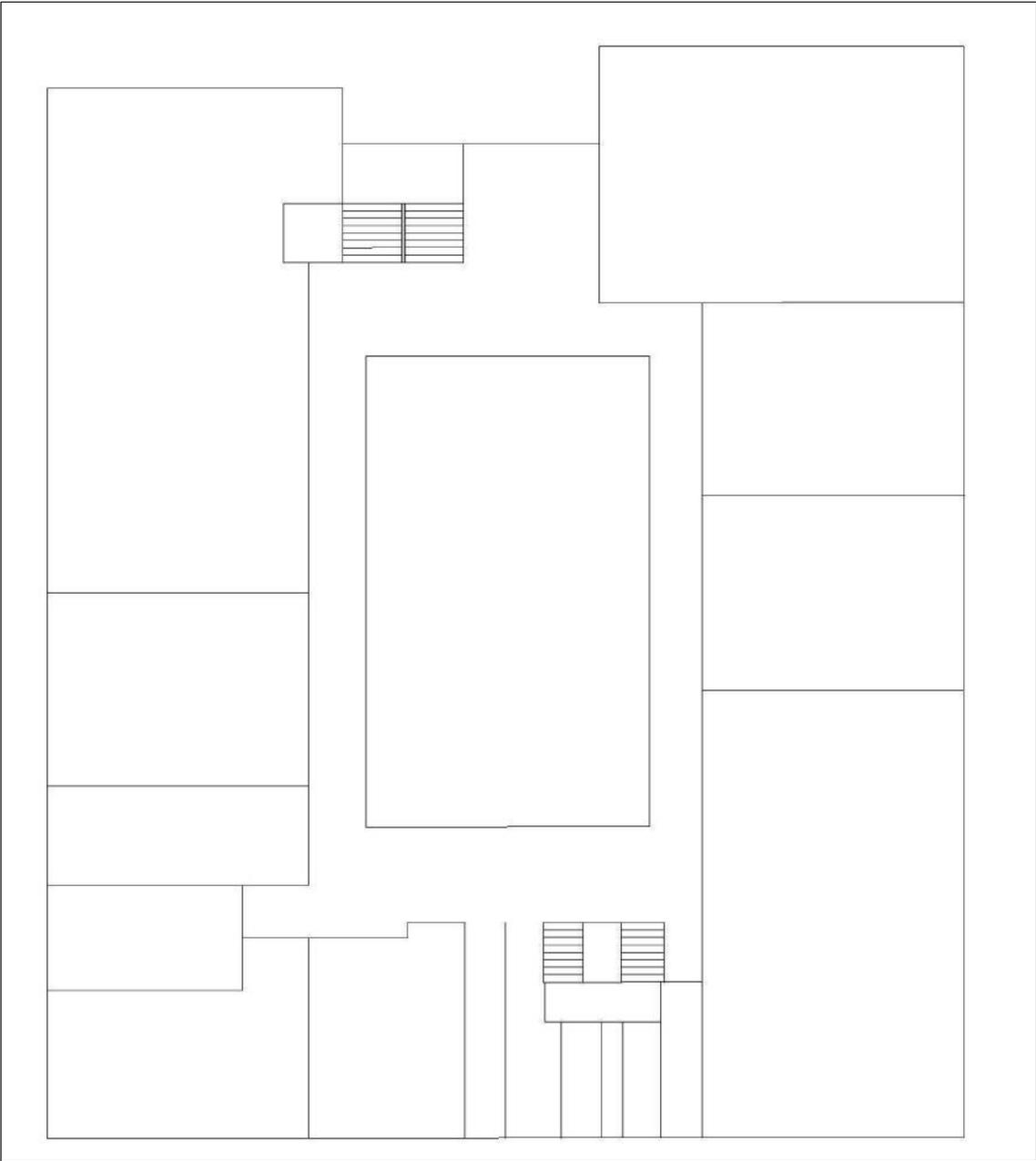
$$[27 + 0.9 \times 2 + 0.9 \times 2]^2 + [9 + 0.5 \times 0.9]^2 = 32.02 \text{ m}$$

Con lo cual se verifica que sí cumple con la norma. La distancia máxima a recorrer en una planta de edificio no debe ser mayor a 45 m; en el caso del segundo nivel se tiene que es de:

$$9 \times 4 + 0.9 \times 4 = 39.6 \text{ m.}$$

- A continuación se calculará el área ocupada por salones de clase en el primer nivel del T-1 tal como lo muestra la siguiente figura:

Figura 35. **Área ocupada por salones de clases del primer nivel del T-1**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

El área disponible es: $[(16.20) \times (10.80)] + [(9) \times (36)] + [(9) \times (2.70)] + [(3.60) \times (3.60)] + [(3.60) \times (7.20)] + [(2.70) \times (6.30)] + [(1.80) \times (6.30)] + [(7.20) \times (4.50)] + [(4.50) \times (7.2)] + [(9) \times (36)] + [(1.80) \times (7.20)]$

$= 174.96 + 324 + 24.3 + 12.96 + 25.92 + 17.01 + 11.34 + 32.40 + 32.40 + 324 + 12.96$

$= 992.29 \text{ m}^2$.

Este dato corresponde al área total del segundo nivel sin incluir los pasillos; ahora se procederá a encontrar la carga de ocupación; el uso principal que se le da a este nivel es para clases de la Facultad de Arquitectura, entonces de acuerdo con la tabla de la -NRD2- de factores de carga de ocupación, se utilizará un factor de 4.5 que corresponde a salas de lectura de bibliotecas: carga de ocupación $= 992.29 / 4.5 = 220.51$ que es aproximadamente igual a 221 personas.

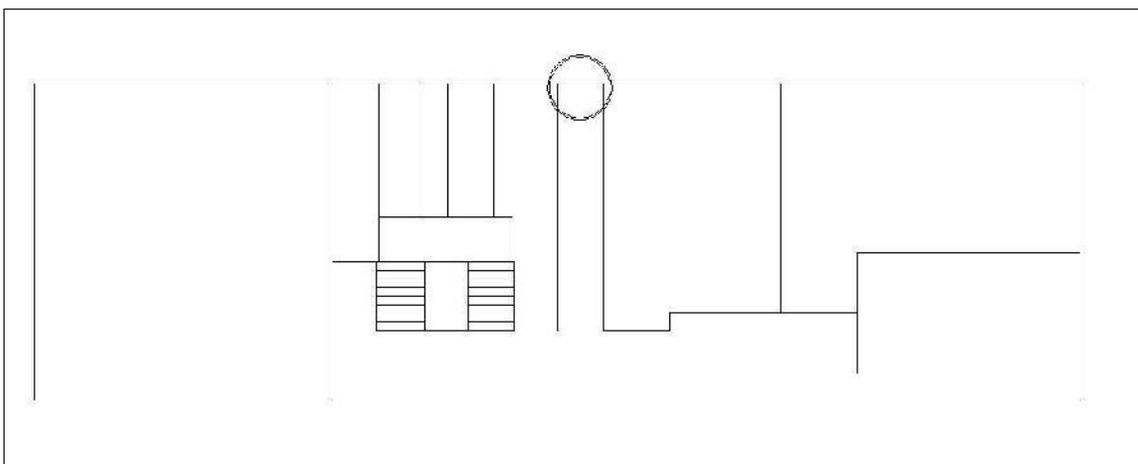
Ancho de las salidas de emergencia: las salidas de emergencias dependen de la carga de ocupación; en este caso se tiene un total de 221 personas, entonces: $221 \times 0.50 = 110.50 \text{ cm}$. Para el primer nivel del T-1 se tienen únicamente, con un ancho de $5.40 - 0.15 \times 2 = 5.10 \text{ m} = 510 \text{ cm}$; este ancho de la salida de emergencia es superior al que debería tener para el número de personas que alberga el primer nivel.

Sabiendo esto se puede percibir que las salidas de emergencia que actualmente existen en el primer nivel del T-1, tienen capacidad para evacuar a un número mayor de personas que 221, por lo que a continuación se presenta el cálculo correspondiente. La capacidad máxima de carga es de $510 \text{ cm} / 0.50 = 1020$ personas.

Este número significa la cantidad máxima de personas que pueden permanecer en el primer nivel pero no de manera cómoda; si el primer nivel se encuentra soportando una carga mayor a 1020 personas, deberá ser evacuado inmediatamente. Otro aspecto importante es la distancia que debe existir entre las salidas más alejadas, la cual deberá ser de por lo menos $(((41.4)^2+(50.4)^2))/2=65.22/2=32.61$ m. Para el primer nivel del T-1 se tiene que solo existe una salida de emergencia, de grandes dimensiones, pero al final es solo una, con lo cual se verifica que no cumple con la norma. La distancia máxima a recorrer en una planta de edificio no deber ser mayor a 45 m; en el caso del primer nivel se tiene que es de $9 \times 6 = 54$ m.

Modificación física a la salida de emergencia, solamente se cuenta con una salida de emergencia por lo que se deberá habilitar otra; la propuesta consiste en abrir una nueva salida opuesta a la que ya existe, a la par de los baños de caballeros, tal como se muestra en la siguiente figura:

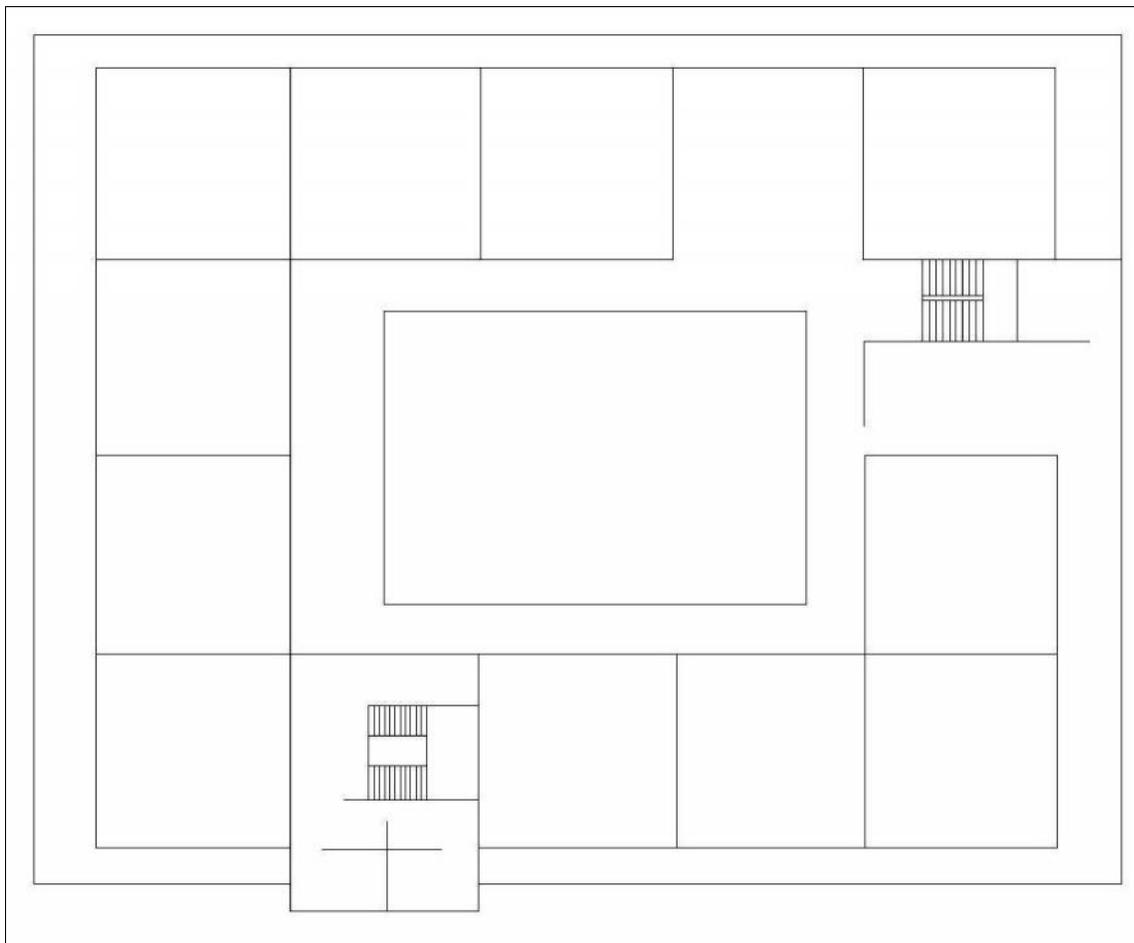
Figura 36. **Propuesta de nueva salida de emergencia para el T-1**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

- En el segundo nivel del T-2, la carga de ocupación se refiere al número de personas que puede albergar el edificio; el edificio T-2 cuenta con 2 niveles, por lo tanto se analizará nivel por nivel, empezando por el segundo, ya que es el que se encuentra más alejado de las salidas; a continuación se calculará el área ocupada por salones de clase y edificios, tal como lo muestra la siguiente figura:

Figura 37. **Área ocupada por salones de clases del segundo nivel del T-2**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

Área disponible: $=[(9+3) \times (1.75+10.50+10.50+10.50+10.50+1.75)] + [(1.75+10.50) \times (9+9+9+9+3)] + [(4.375) \times (4.80)] + [(12) \times (6.125)] + [(12) \times (10.50+10.50+1.75)] + [(9+9) \times (10.50+1.75)] + [(9) \times (3)] = [12 \times 45.50] + [12.25 \times 39] + [4.375 \times 4.80] + [12 \times 6.125] + [12 \times 22.75] + [18 \times 12.25] + [9 \times 3] = (546) + (477.75) + (21) + (73.50) + (273) + (220.50) + (27) = 1638.75 \text{ m}^2$.

Este dato corresponde al área total del segundo nivel, sin incluir los pasillos; ahora se procederá a encontrar la carga de ocupación; el uso principal que se le da a este nivel es para clases, en las que se incluye mesas de dibujo; entonces de acuerdo con la tabla de factores de carga de ocupación, se utilizará un factor de 4.5 que corresponde a salas de lectura en bibliotecas y que también coincide con el de talleres en colegios e institutos vocacionales: carga de ocupación = $1638.75/4.5 = 364.17$, que es aproximadamente igual a 364 personas.

Las salidas de emergencias dependen de la carga de ocupación; en este caso se tiene un total de 364 personas, entonces: $364 \times 0.76 = 277 \text{ cm}$. Para el segundo nivel del T-2 se tienen 2 gradas de salidas, una con un ancho de 175 cm, la otra grada de salida es de 219 cm; entonces en total se tiene $175 + 219 = 394 \text{ cm}$; este ancho de la salida de emergencia es superior al que debería tener para el número de personas que alberga el segundo nivel.

Sabiendo esto, se puede percibir que las salidas de emergencia que actualmente existen en el T-2, tienen capacidad para evacuar a un número mayor de personas que 364; por lo que a continuación se presenta el cálculo correspondiente: capacidad máxima de carga = $394 \text{ cm}/0.76 = 518.42 = 518$ personas.

Este número significa la cantidad que corresponde al máximo de personas que pueden permanecer en el segundo nivel, pero no de manera cómoda; si el segundo nivel se encuentra soportando una carga mayor a 519 personas, deberá ser evacuado inmediatamente. Otro aspecto importante es la distancia que debe existir entre las salidas más alejadas, la cual deberá ser de por lo menos:

$$\left(\frac{((51)^2 + (46.75)^2)}{2} \right)^{1/2} = 69.18/2$$
$$= 34.59 \text{ m}$$

En el segundo nivel del T-2 se tiene que la distancia más alejada entre las salidas es de:

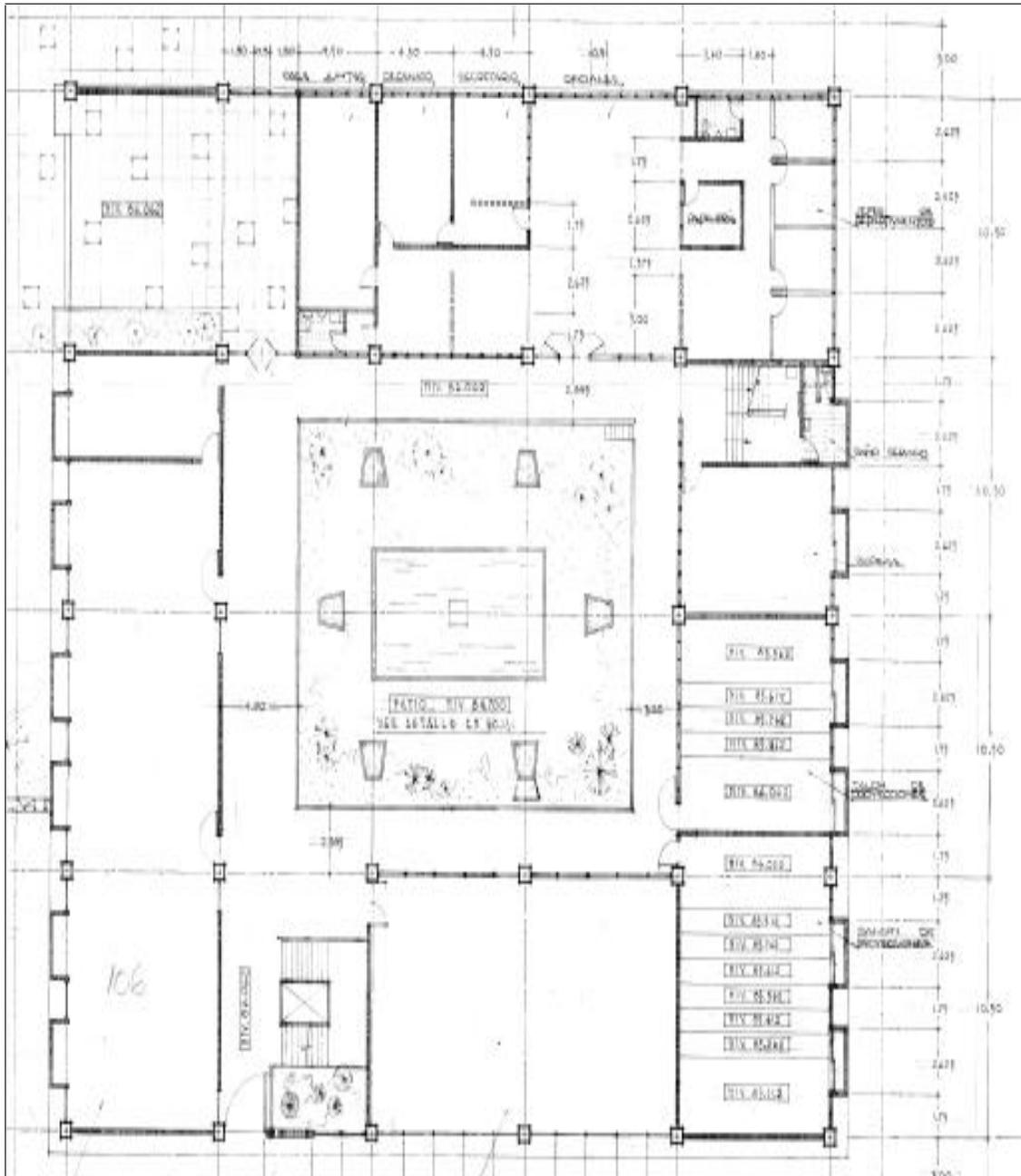
$$[18+5+3]^2 + [10.50+6.125]^2$$
$$= 30.86 \text{ m}$$

Con lo cual se verifica que sí cumple con la norma. La distancia máxima a recorrer en una planta de edificio no deber ser mayor a 45 m; en el caso del segundo nivel se tiene que es de:

$$2.63 + 9 \times 2 + 10.50 + 6.13 = 37.26 \text{ m.}$$

- A continuación se calculará el área ocupada por salones de clase del primer nivel del T-2, tal como lo muestra la siguiente figura:

Figura 38. Área ocupada por salones de clases del primer nivel del T-2



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

$$\begin{aligned} \text{Área disponible:} &= [(9) \times (10.50 \times 4 + 3)] + [(10.50) \times (9 + 9 + 9 + 4.5)] + [(4.40) \times \\ &(2)] + [(9) \times (6.125)] + [(9) \times (10.50)] + [(10.50) \times (9)] + [(10.50) \times (18)] \\ &= 405 + 330.75 + 8.8 + 55.125 + 94.50 + 94.50 + 189 \\ &= 1177.68 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Este dato corresponde al área total del primer nivel sin incluir los pasillos; ahora se procederá a encontrar la carga de ocupación; el uso principal que se le da a este nivel es para clases de la Facultad de Arquitectura y algunas oficinas; entonces de acuerdo con la tabla de la -NRD2- de factores de carga de ocupación, se utilizará un factor de 4.5 que corresponde a salas de lectura en bibliotecas: carga de ocupación = $1177.68 / 4.5 = 261.71$; que es aproximadamente igual a 261 personas.

Las salidas de emergencia dependen de la carga de ocupación; en este caso se tiene un total de 261 personas, entonces: $261 \times 0.50 = 130.50$ cm. Para el primer nivel del T-2 se tienen dos salidas por superficies planas y una a través de gradas. En las salidas planas se tiene un ancho total de $1.40 \text{ m} + 2.40 \text{ m} = 3.80 \text{ m}$; de manera que esto es suficiente para cubrir el ancho exigido por la norma. El ancho de la salida de emergencia a través de las gradas es igual a: 175 cm.

Sabiendo esto, se puede percibir que las salidas de emergencia que actualmente existen en el primer nivel del T-1, tienen capacidad para evacuar a un número mayor de personas que 221; por lo que a continuación se presenta el cálculo correspondiente: capacidad máxima de carga:

$$= 380 \text{ cm} / 0.50 + 175 \text{ cm} / 0.76 = 760 + 230.26 = 990.26 = 990 \text{ personas}$$

Este número significa la cantidad máxima de personas que pueden permanecer en el primer nivel, pero no de manera cómoda; si el primer nivel se encuentra soportando una carga mayor a 990 personas, deberá ser evacuado inmediatamente.

Otro aspecto importante es la distancia que debe existir entre las salidas más alejadas, la cual deberá ser de por lo menos $(\frac{((45)^2+(42)^2)}{2})=61.55/2=30.78$ m; esta distancia corresponde a la que ya existe entre las salidas por las gradas hacia la cafetería y la salida con descanso horizontal que da hacia el edificio de rectoría, y es de aproximadamente:

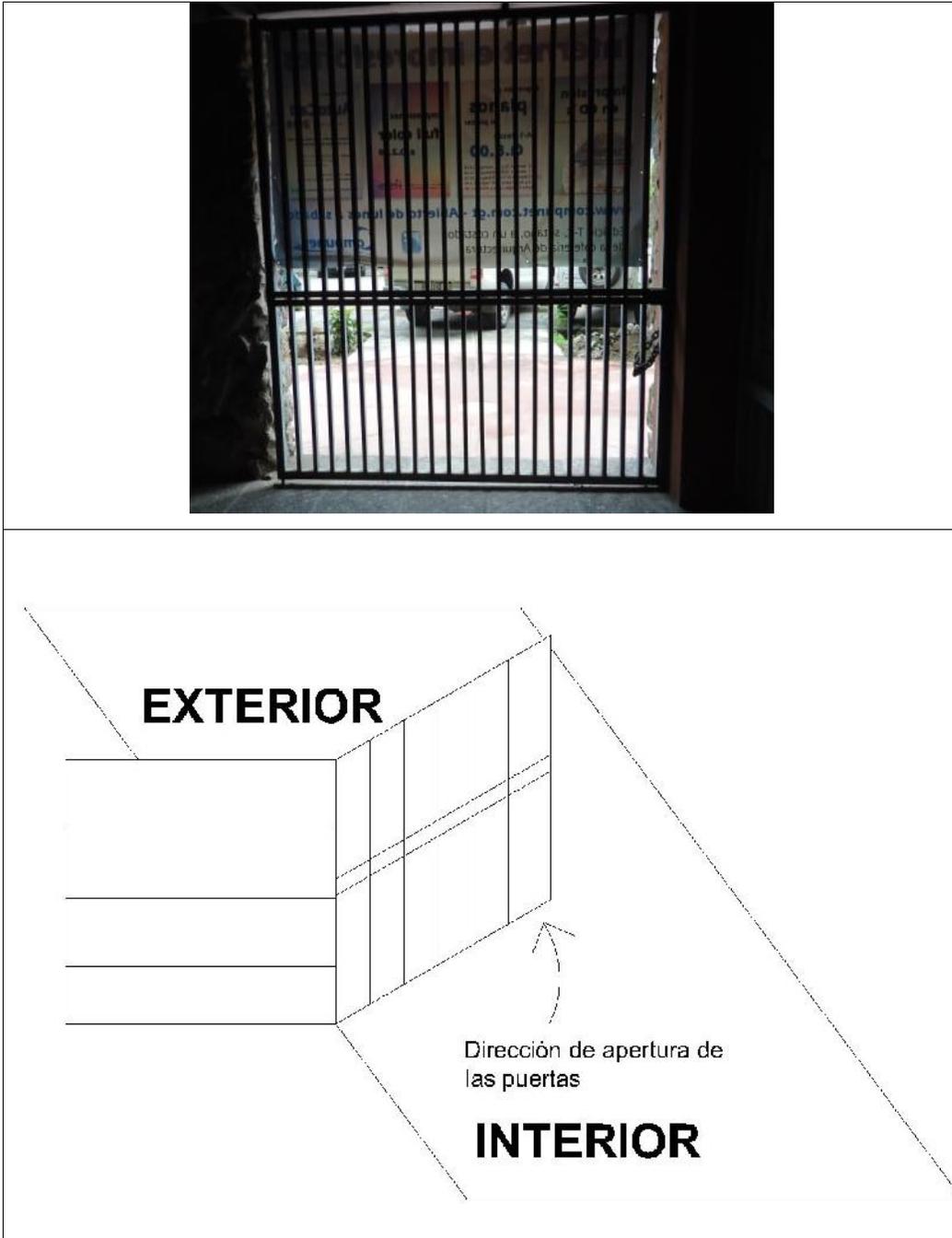
$$(9+2.7)^2+(10.5\times 2+1.75\times 2)^2 = 27.15$$

Con lo cual se verifica que no cumple con la norma. La distancia máxima a recorrer en una planta de edificio no deber ser mayor a 45 m; en el caso del primer nivel se tiene que es de:

$$9+9 = 18 \text{ m.}$$

La salida a través del sótano se encuentra cerrada; a pesar de que es considerablemente grande no contribuye en nada a la seguridad, ya que tiene un candado; de manera que solo el encargado de llaves del edificio puede abrir; por lo que es necesario girar instrucciones con el fin de que permanezca abierta y realizar una modificación, ya que se abre hacia adentro y no hacia afuera como lo indica la norma.

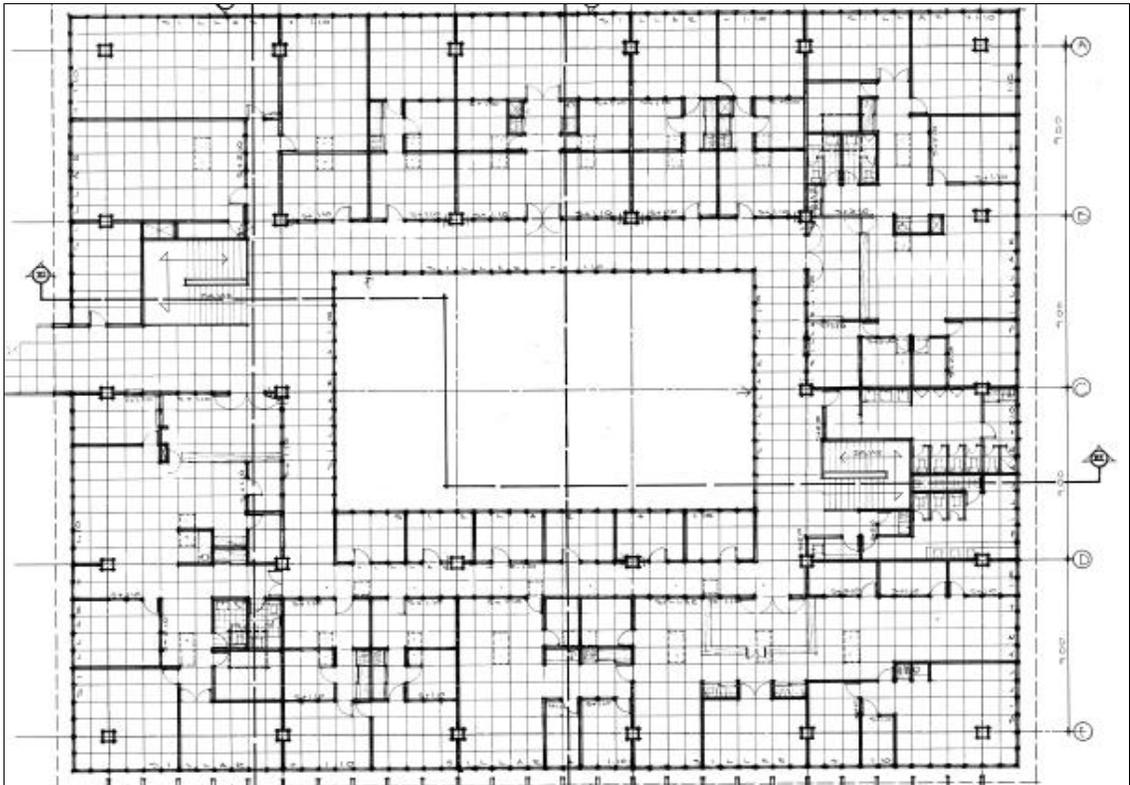
Figura 39. Una de las salidas del T-2



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

- En el segundo nivel del M-2, la carga de ocupación se refiere al número de personas que puede albergar el edificio; el edificio M-2 cuenta con 2 niveles, por lo tanto se analizará nivel por nivel, empezando por el segundo, ya que es el que se encuentra más alejado de las salidas. A continuación se calculará el área ocupada por salones de clase, tal como lo muestra la siguiente figura:

Figura 40. **Área ocupada por salones de clases del segundo nivel del M-2**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

$$\begin{aligned}
\text{Área disponible} &= [(9+1.8)\times(18+1.8)]+[(3.6)\times(4.5)]+[(9)\times(9+1.8)]+[(1.8)\times(9+1.8)] \\
&+[(9+1.8)\times(36+1.8)]+[(9+1.8)\times(9)]+[(2.7)\times(9.8)]+[(5.4)\times(6.3)] + [(9+1.8)\times(9+1.8)] \\
&+[(9)\times(27)]+[(2.7)\times(21.6)] \\
&= (213.84)+(16.2)+(97.2)+(19.44)+(408.24)+(97.2)+(26.46)+(34.02)+(116.64) + \\
&\quad (243) +(58.32) \\
&= 1330.56 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Este dato corresponde al área total del segundo nivel sin incluir los pasillos; ahora se procederá a encontrar la carga de ocupación; el uso principal que se le da a este nivel es para oficinas, entre las que se encuentran estudio de televisión, hemeroteca, biblioteca etc.; entonces de acuerdo con la tabla de la –NRD2- de factores de carga de ocupación, se utilizará un factor de 9.30 que corresponde a salas de lectura de bibliotecas:

Carga de ocupación = $1330.56/9.30 = 143.07$, que es aproximadamente igual a 143 personas.

Las salidas de emergencias dependen de la carga de ocupación; en este caso se tiene un total de 143 personas, por tanto: $143 \times 0.76 = 108.68 \text{ cm} = 108 \text{ cm}$. Para el segundo nivel del M-2 se tienen 2 gradas de salidas, una con un ancho de 203 cm y la otra, con 175 cm; entonces en total se tiene $175 + 203 = 378 \text{ cm}$; este ancho de la salida de emergencia es superior al que debería tener para el número de personas que alberga el segundo nivel. Sabiendo esto, se puede percibir que las salidas de emergencia que actualmente tiene el M-2, poseen capacidad para evacuar a un número mayor de personas que 143, por lo que a continuación se presenta el cálculo correspondiente: capacidad máxima de carga:

$$= 378 \text{ cm}/0.76= 497.36=497 \text{ personas}$$

Este número significa el máximo de personas que puede permanecer en el segundo nivel, pero no de manera cómoda; si el segundo nivel se encuentra soportando una carga mayor a 519 personas, deberá ser evacuado inmediatamente.

Otro aspecto importante es la distancia que debe existir entre las salidas más alejadas, la cual deberá ser de por lo menos:

$$\left(\frac{((39.60)^2 + (48.60)^2)}{2} \right)^{1/2} = 62.69/2 = 31.34 \text{ m};$$

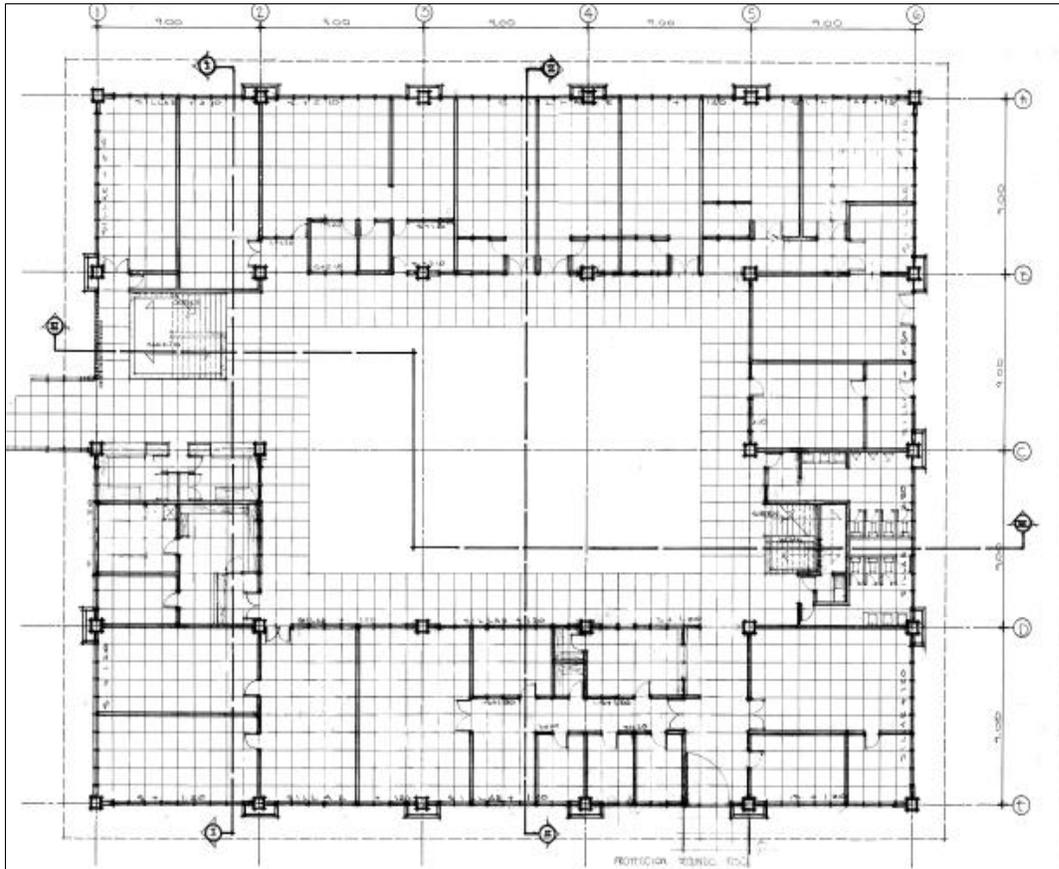
Para el segundo nivel del M-2 se tiene que la distancia más alejada entre las salidas es de:

$$[4.50+9]^2 + [30]^2 = 32.90 \text{ m},$$

Con lo cual se verifica que sí cumple con la norma. La distancia máxima a recorrer en una planta de edificio no deber ser mayor a 45 m; en el caso del segundo nivel se tiene que es de $27 + 9 + 4.5 = 40.50 \text{ m}$.

A continuación se calculará el área ocupada por salones de clase del primer nivel del edificio M-2, tal como lo muestra la siguiente figura:

Figura 41. **Área ocupada por salones de clases del primer nivel del M-2**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

$$\text{Área disponible:} = [(9) \times (18)] + [(9) \times (45)] + [(9) \times (9)] + [(9) \times (4.5)] + [(9) \times (36)]$$

$$= 162 + 405 + 81 + 40.5 + 324$$

$$= 1012.50 \text{ m}^2.$$

Este dato corresponde al área total del primer nivel sin incluir los pasillos; ahora se procederá a encontrar la carga de ocupación, el uso principal que se le da a este nivel es para clases de Ciencias de la Comunicación.

De acuerdo con la tabla de la –NRD2- de factores de carga de ocupación, se utilizará un factor de 1.85 que corresponde a aulas: carga de ocupación = $1012.50/1.85 = 547.30$, que es aproximadamente igual a 547 personas.

Las salidas de emergencias dependen de la carga de ocupación, en este caso se tiene un total de 547 personas, entonces:

$$547 \times 0.50 = 273.50 \text{ cm.}$$

Para el primer nivel del M-2 se tiene una salida por superficies planas, cuyo ancho total es de 2.70×2.90 metros cuadrados, insertada en esta se encuentra una más pequeña de 1.03×2.12 metros cuadrados y es la que se mantiene abierta en la mayoría de las veces, mientras que la más grande permanece cerrada.

Sabiendo esto, se puede percibir que al usar la salida de mayor dimensión que actualmente se tiene en el primer nivel del M-1, habría capacidad para evacuar a un número mayor de personas que 547; por lo que a continuación se presenta el cálculo correspondiente: capacidad máxima de carga = $270 \text{ cm}/0.50 = 540$ personas. Pero todavía existe una diferencia de 7 para que se pueda evacuar a todas las personas y según la norma siempre que el edificio pase de 500 personas, es necesario poseer 2 salidas adicionales; por lo que se propondrá abrir una salida en el ala este y otra en el ala sur.

Este número significa la cantidad máxima de personas que pueden permanecer en el primer nivel pero no de manera cómoda.

Si el primer nivel se encuentra soportando una carga mayor a 547 personas, deberá ser evacuado inmediatamente. Otro aspecto importante es la distancia que debe existir entre las salidas más alejadas, la cual deberá ser de por lo menos:

$$\left(\frac{(45)^2 + (36)^2}{2} \right)^{1/2} = 57.63/2 = 28.81 \text{ m}$$

Pero puesto que en el M-2 solo existe una salida, no aplica este cálculo hasta que se habiliten las nuevas salidas. La distancia máxima a recorrer en una planta de edificio no deber ser mayor a 45 m; en el caso del primer nivel se tiene que es de $45+36=81$ m.

Modificación física respecto de las puertas: actualmente para el primer nivel del M-2 solo existe una salida, por lo que será necesario implementar otras 2; una en el ala este, cerca de los baños y otra en el ala sur posiblemente a través de algún salón de clases o por el salón de conferencias.

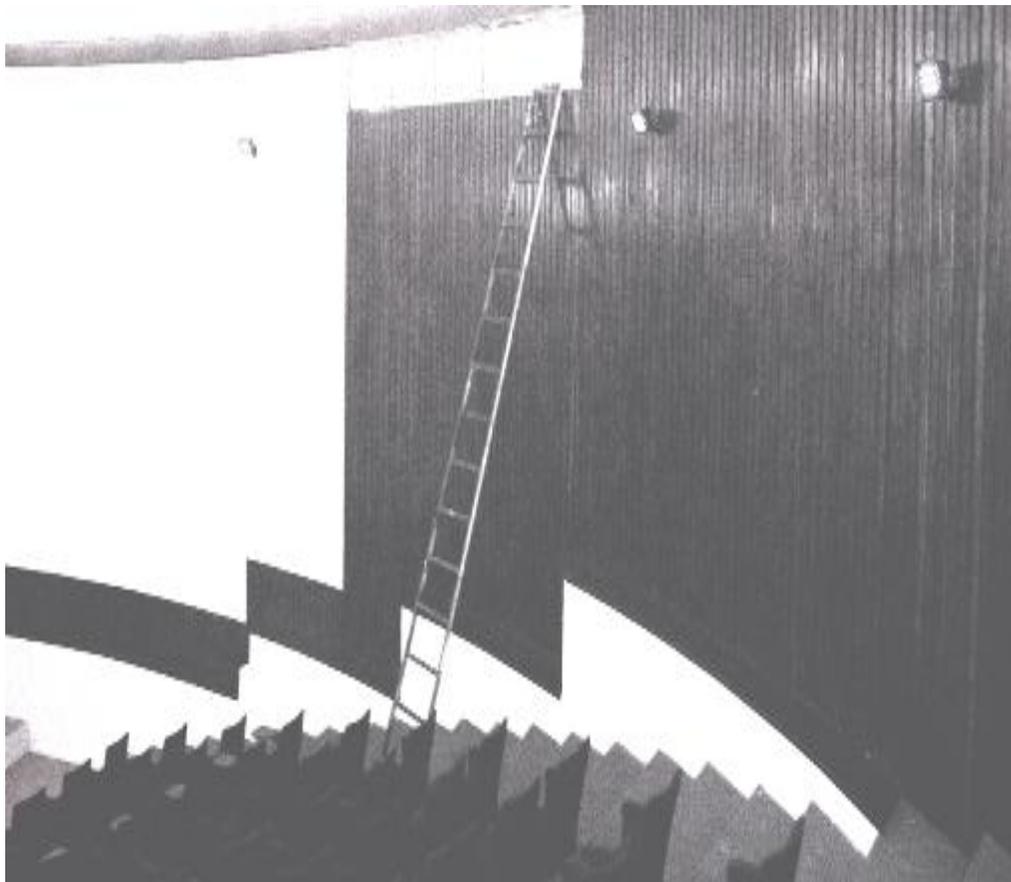
2.3.6. Establecimiento de pasamanos

Los pasamanos serán instalados en las gradas y se extenderán 30 cm al llegar a las superficies planas; en gradas demasiado anchas se establecerán pasamanos dobles a cada 225 cm.

- Modificación física respecto de los pasamanos: las gradas del Iglú no cuentan con pasamanos, por lo que será necesario implementar uno en cada una de las gradas adyacentes a sus paredes (en total son dos),

teniendo cuidado que el ancho de la grada no sea mayor a 225 cm y en las dos gradas centrales, será necesario implementar pasamanos centrales exactamente a la mitad del ancho de las gradas y cada uno de los pasamanos deberá ser continuo y extenderse por lo menos 30 cm en cada extremo de las gradas y tener terminaciones curvas o terminar en postes. A continuación se muestra una de las gradas adyacentes a la pared:

Figura 42. **Gradas laterales del ala este del Iglú**



Fuente: instalaciones del Iglú.

A continuación se una de las extensiones actuales de los pasamanos:

Figura 43. **Extensiones de los pasamanos del Iglú**



Fuente: instalaciones del Iglú.

Acá se puede apreciar que la extensión sí cumple con que sea de aproximadamente 30 cm, pero no termina en poste y tampoco tiene una forma curva.

- T-1 tercer nivel, modificación física respecto de los pasamanos: las gradas del T-1 no cuentan con todos los pasamanos que exige la norma, por lo que será necesario implementar otros en las gradas que van del tercer al segundo; actualmente solo se cuenta con un pasamanos, por lo que debe

implementarse otro en el otro extremo de las gradas, de manera opuesta al que ya existe y se colocará uno en el centro de las gradas. La medida de los pasamanos será de:

$$\sqrt{((1.8)^2+(2.7)^2)}=3.24 \text{ m}$$

Del tercer nivel, al descanso y la misma distancia del descanso al segundo nivel.

- T-1 segundo nivel, modificación física respecto de los pasamanos: las gradas del T-1 no cuentan con todos los pasamanos que exige la norma, por lo que será necesario implementar otros en las gradas que van del segundo al primer nivel en el ala este; al descender del segundo al primer nivel se observa que existe un pasamanos en cada extremo hasta llegar al descanso, por lo que se implementará un pasamanos en el centro. Para llegar del descanso al primer nivel, actualmente, solo se cuenta con un pasamanos, por lo que deber implementarse otro en el extremo de las gradas, de manera opuesta al que ya existe y se colocará uno en el centro de las gradas. La medida de los pasamanos será de:

$$\sqrt{((1.8)^2+(2.7)^2)}=3.24 \text{ m};$$

Del segundo nivel al descanso, y la misma distancia del descanso al primer nivel.

En el ala oeste se tiene que del segundo nivel al descanso solo existe un pasamanos por lo que solo se implementará uno en el otro extremo de la grada, y en el recorrido que va del descanso al primer nivel; únicamente existe un pasamanos, por lo que será necesario implementar uno en el

otro extremo de la grada. A diferencia del ala este, en el ala oeste no es necesario pasamanos en el centro, debido a que la norma no lo exige (porque se utiliza únicamente cuando el ancho de la grada es mayor a 225 cm). En total serán 9.72 m de pasamano en el ala este y 6.48 m en el ala oeste. Los pasamanos centrales serán de 6.48 m y 9.72 m en los extremos.

- T-2 segundo nivel, modificación física respecto del pasamanos: las gradas del segundo nivel del T-2 cuentan con todos los pasamanos que exige la norma; en las gradas que van del segundo al primer nivel en el ala oeste, al descender del segundo al primer nivel se encuentra que ya hay un pasamano en cada extremo, de manera que existe suficiente cantidad de pasamanos. En el ala este se tiene que del segundo nivel al descanso solo existe un pasamano, por lo que solo se implementará uno en el otro extremo de la grada; en el recorrido que va del descanso al primer nivel, únicamente existe un pasamano, por lo que será necesario implementar un pasamano en el otro extremo de la grada.

En el ala oeste existe pasamanos, pero la presencia de este es exclusiva para un margen, siendo necesario implementar uno en el otro margen, para cumplir con las normas de seguridad de la norma; la longitud de este será de aproximadamente:

$$\sqrt{((2.70)^2+(1.90)^2)}= 3.30 \text{ m}$$

Desde el segundo nivel hasta el descanso y la misma medida desde el descanso hasta el primer nivel, en total 6.60 m.

- M-2 segundo nivel, modificación física respecto de los pasamanos; las gradas del segundo nivel del M-2 no cuentan con todos los pasamanos que exige la norma, en las gradas que van del segundo al primer nivel en el ala este; al descender del segundo al primer nivel se encuentra que existe un pasamano, tal como se muestra en la imagen anterior, de manera que es necesario implementar uno en las proximidades de la pared, cuya longitud será de aproximadamente:

$$\sqrt{((3)^2+(1.9)^2)}=3.55 \text{ metros}$$

Desde el segundo nivel hasta el descanso y la misma distancia es desde el descanso hasta el primer nivel, por lo que en total es de:

$$3.55 \times 2 = 7.10 \text{ metros de pasamanos.}$$

En el ala oeste se tiene que del segundo nivel al descanso solo existe un pasamanos, por lo que se implementarán otros en las proximidades de la pared, de la misma longitud que en el ala este, o sea de 7.10 metros.

2.3.7. Distancia vertical entre descansos

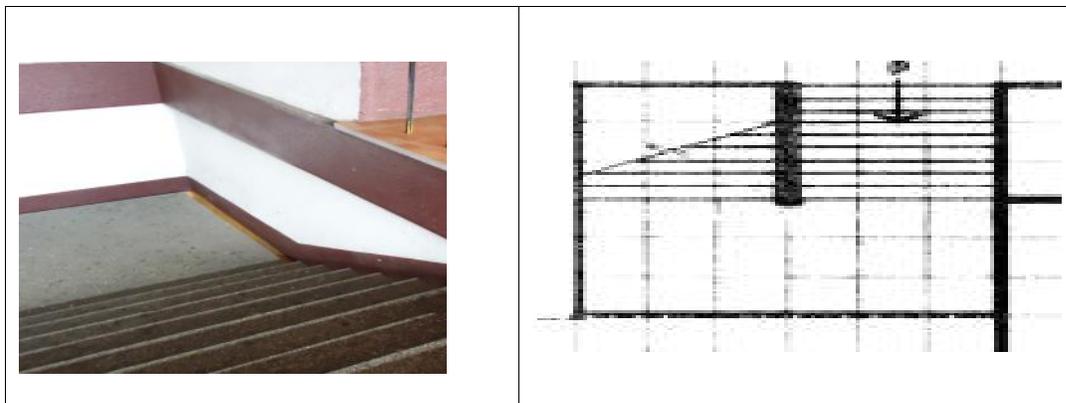
La distancia máxima que se tolerará entre descansos será de 3.70 m; en el Iglú la distancia entre descansos es de 3.90 m, por lo que se hará un relleno de 20 cm. Los descansos se refieren al piso que existe debajo de las puertas y a la parte plana a la que se llega después de subir o bajar gradas; para las puertas en consideración se puede apreciar que inmediatamente termina el piso; al salir del Iglú, hay un cambio de nivel de aproximadamente 1 cm; también existe un sistema de drenaje.

Habrá que considerar el mejoramiento de este, con el fin de evitar que obstaculice el paso peatonal a la hora de una emergencia.

Respecto de las gradas, según la norma, la distancia vertical máxima entre descansos es de 370 cm y en el Iglú se tiene 390 cm; por lo que no cumple con la norma. Modificaciones físicas en el descanso: el piso que se encuentra al final de las gradas en la dirección descendiente se encuentra a 390 cm, verticalmente hablando, del piso que se encuentra al final de las gradas en la dirección ascendente, por lo que habrá que hacer un relleno, con el fin de cubrir esos 20 cm que est n sobrando.

A continuación se presentan los descansos que van del tercer al segundo nivel del T-1.

Figura 44. **Fotografía y bosquejo del descanso del tercer al segundo nivel del T-1**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

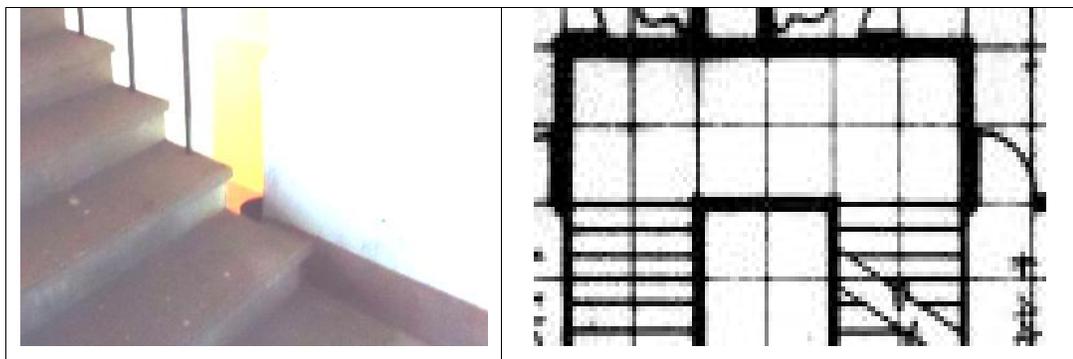
Los descansos se refieren al piso que existe debajo de las puertas y a la parte plana a la que se llega después de subir o bajar gradas; para las salidas del tercer nivel se puede apreciar que no existen puertas, es decir que se pueden utilizar las gradas en cualquier momento, sin probabilidad de que se encuentre cerrada, pero para llegar al segundo nivel puede verse que existe un descanso, que es de:

$$(0.9 \times 3 - 0.15) \times (0.9 \times 6 - 0.15 \times 2) = (2.7 - 0.15) \times (5.4 - 0.3) = 2.55 \times 5.1 = 13.01 \text{ m}^2;$$

Este descanso se encuentra a una distancia vertical respecto del tercer nivel de $3.6/2 = 1.8 \text{ m}$; el mismo resultado corresponde a la distancia vertical respecto del segundo nivel y según la norma, la máxima distancia vertical ha de ser de 370 cm; por lo que se encuentra dentro de los límites de la norma.

A continuación se presentan los descansos que van del segundo al primer nivel del T-1.

Figura 45. **Fotografía y bosquejo del descanso del segundo al primer nivel del T-1**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

Los descansos se refieren al piso que existe debajo de las puertas y a la parte plana a la que se llega después de subir o bajar gradas; para las salidas del segundo nivel se puede apreciar que no existen puertas, es decir que se puede utilizar las gradas en cualquier momento, sin probabilidad de que se encuentren cerrada, pero para llegar al primer nivel puede verse que existen un descanso que es de:

$$(0.9 \times 2 - 0.15) \times (0.9 \times 6 - 0.15 \times 2) = (1.80 - 0.15) \times (5.4 - 0.3) = 1.65 \times 5.1 = 8.42 \text{ m}^2;$$

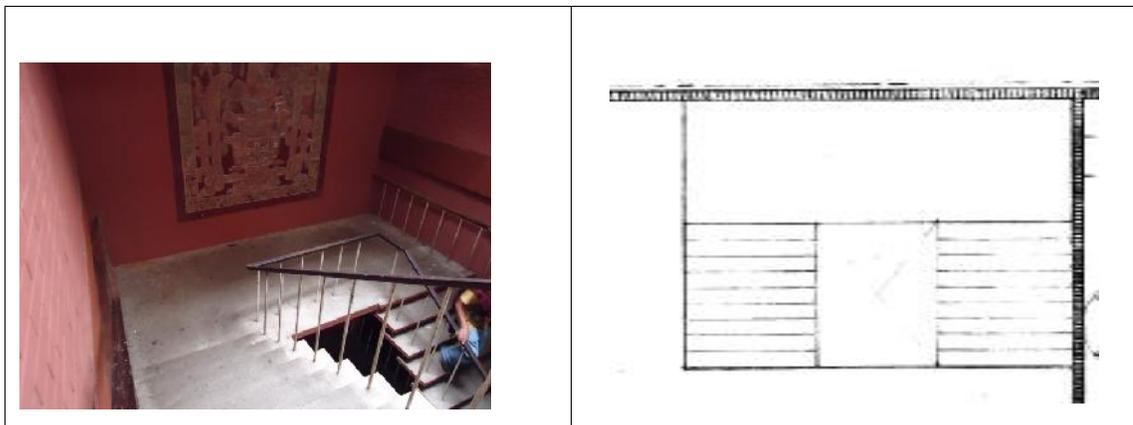
Este se encuentra a una distancia vertical respecto del segundo nivel de $3.6/2 = 1.8 \text{ m}$; el mismo resultado corresponde a la distancia vertical respecto del primer nivel y según la norma, la máxima distancia vertical ha de ser de 370 cm, por lo que se encuentra dentro de los límites de la norma.

- T-1 primer nivel: los descansos se refieren al piso que existe en debajo de las puertas y a la parte plana a la que se llega después de subir o bajar gradas; para la salida del primer nivel se puede apreciar que después de salir solo hay una grada de aproximadamente 15 cm, y luego existe una horizontalidad en el suelo.
- T-2 segundo nivel: los descansos se refieren al piso que existe debajo de las puertas y a la parte plana a la que se llega después de subir o bajar gradas; para las salidas del segundo nivel se puede apreciar que no existen puertas, es decir que se pueden utilizar las gradas en cualquier momento, sin probabilidad de que se encuentren cerradas; para llegar al primer nivel puede verse que existe un descanso, que es de:

$$(2.70) \times (5.25) = 14.18 \text{ m}^2$$

Este se encuentra a una distancia vertical respecto del segundo nivel de 1.9 m; el mismo resultado corresponde a la distancia vertical respecto del primer nivel y según la norma, la máxima distancia vertical ha de ser de 370 cm; por lo que se encuentra dentro de los límites de la norma.

Figura 46. **Fotografía y bosquejo del descanso del segundo al primer nivel del T-2**



Fuente: instalaciones del edificio T-2.

- T-2 primer nivel: los descansos se refieren al piso que existe debajo de las puertas y a la parte plana a la que se llega después de subir o bajar gradas; para la salida del primer nivel se puede apreciar que existen 2 salidas en las cuales se tiene horizontalidad, pero también existen unas gradas que van a dar a la cafetería; el descanso es de 2.40 m X 5.10 m. Este se encuentra a una distancia 1.80 m desde el primer nivel hasta el descanso y es la misma medida desde el descanso hasta el sótano. Respecto de los pasamanos, en el primer nivel del T-2 se observa que no existen los mismos al margen del pasillo, siendo esto una situación de

riesgo; a continuación se muestra un conjunto de fotos donde se considera necesario que se implemente un pasamano para evitar caídas:

Figura 47. **Fotografías que muestran la necesidad de instalar pasamanos en el primer nivel del T-2**



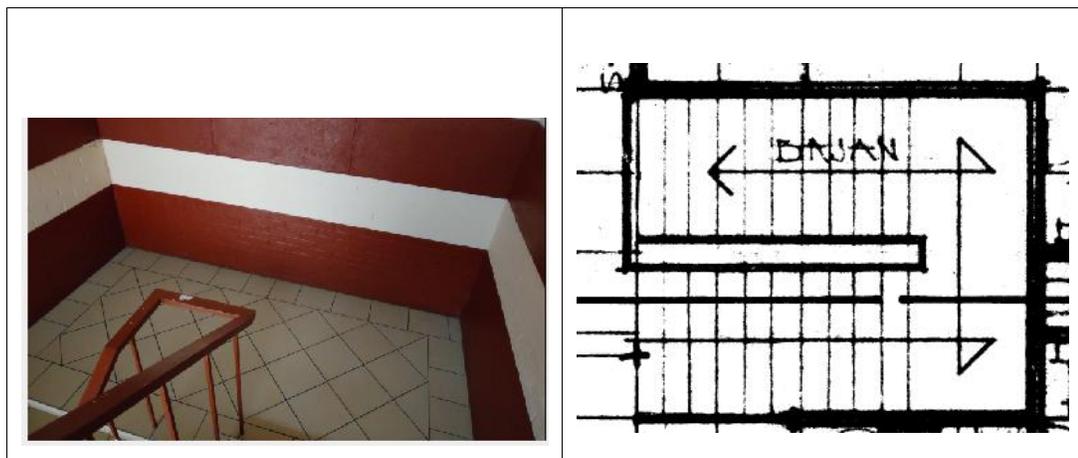
Fuente: instalaciones del T-2.

- M-2 segundo nivel: los descansos se refieren al piso que existe en debajo de las puertas y a la parte plana a la que se llega después de subir o bajar gradas; para las salidas del segundo nivel en el ala este se puede apreciar que no existen puertas; es decir que se pueden utilizar las gradas en cualquier momento, sin probabilidad de que se encuentren cerradas; para llegar al primer nivel puede verse que existe un descanso que es de:

$$(1.50) \times (3.60) = 5.40 \text{ m}^2$$

Este descanso se encuentra a una distancia vertical respecto del segundo nivel de 1.9 m; el mismo resultado corresponde a la distancia vertical respecto del primer nivel y según la norma, la máxima distancia vertical ha de ser de 370 cm; por lo que se encuentra dentro de los límites de la norma.

Figura 48. **Fotografía y bosquejo del descanso del segundo al primer nivel del M-2**



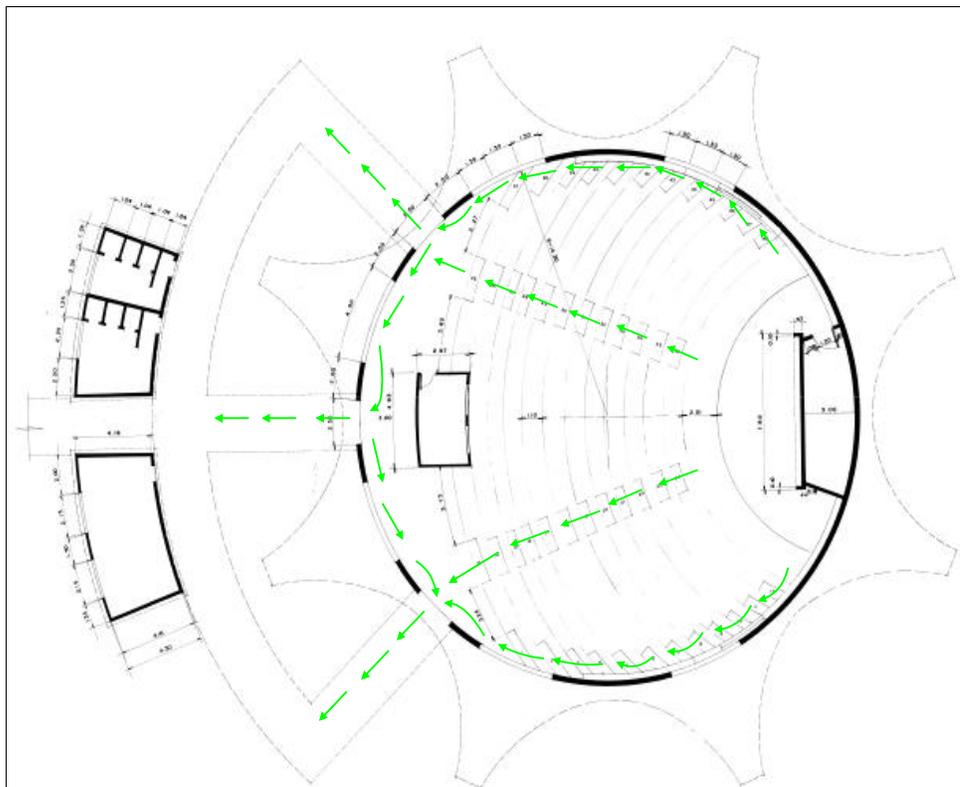
Fuente: instalaciones M-2.

2.3.8. Establecimiento de puntos de reunión

Los puntos de reunión se establecerán dentro de las zonas seguras; en las afueras de los edificios; servirán para que las personas se establezcan en estos lugares y se protejan; de esta manera no tendrá que evaluar en el momento del siniestro, en qué lugar refugiarse. Se harán mapas donde se marcarán las rutas de evacuación, hasta la salida del edificio y otro donde se indique la ruta a seguir de la salida del edificio hasta las zonas seguras.

- Iglú: plano de ruta de evacuación.

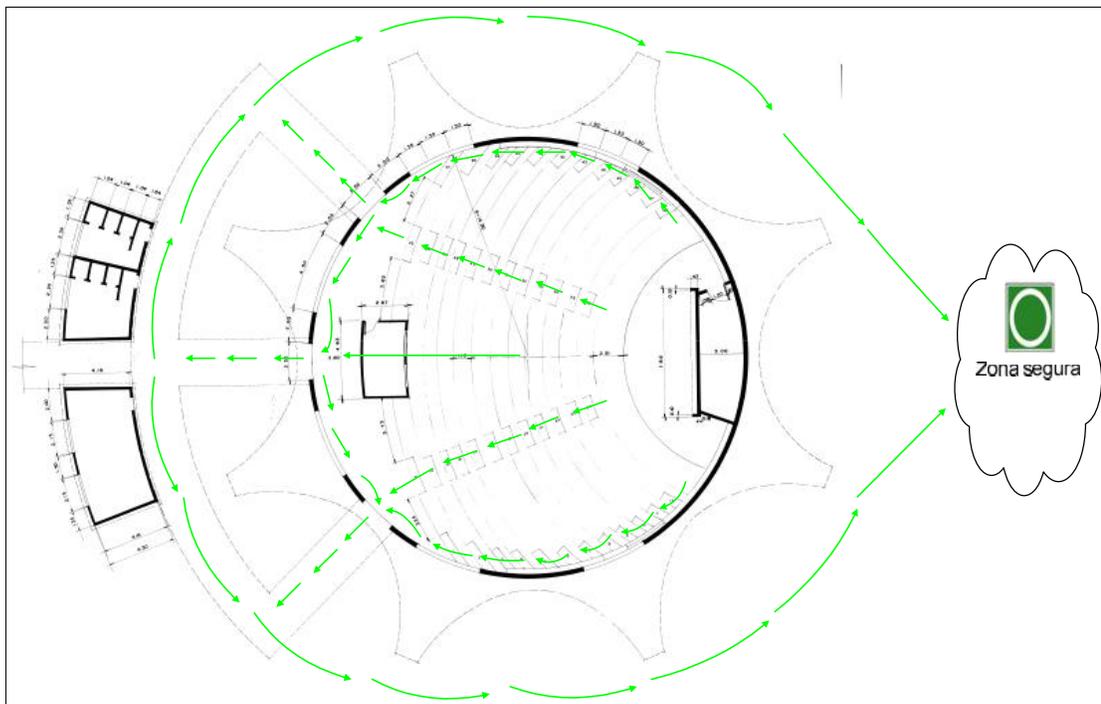
Figura 49. Plano de ruta de evacuación del Iglú



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

A continuación se muestra la zona segura, la cual es el destino final después de realizar la evacuación.

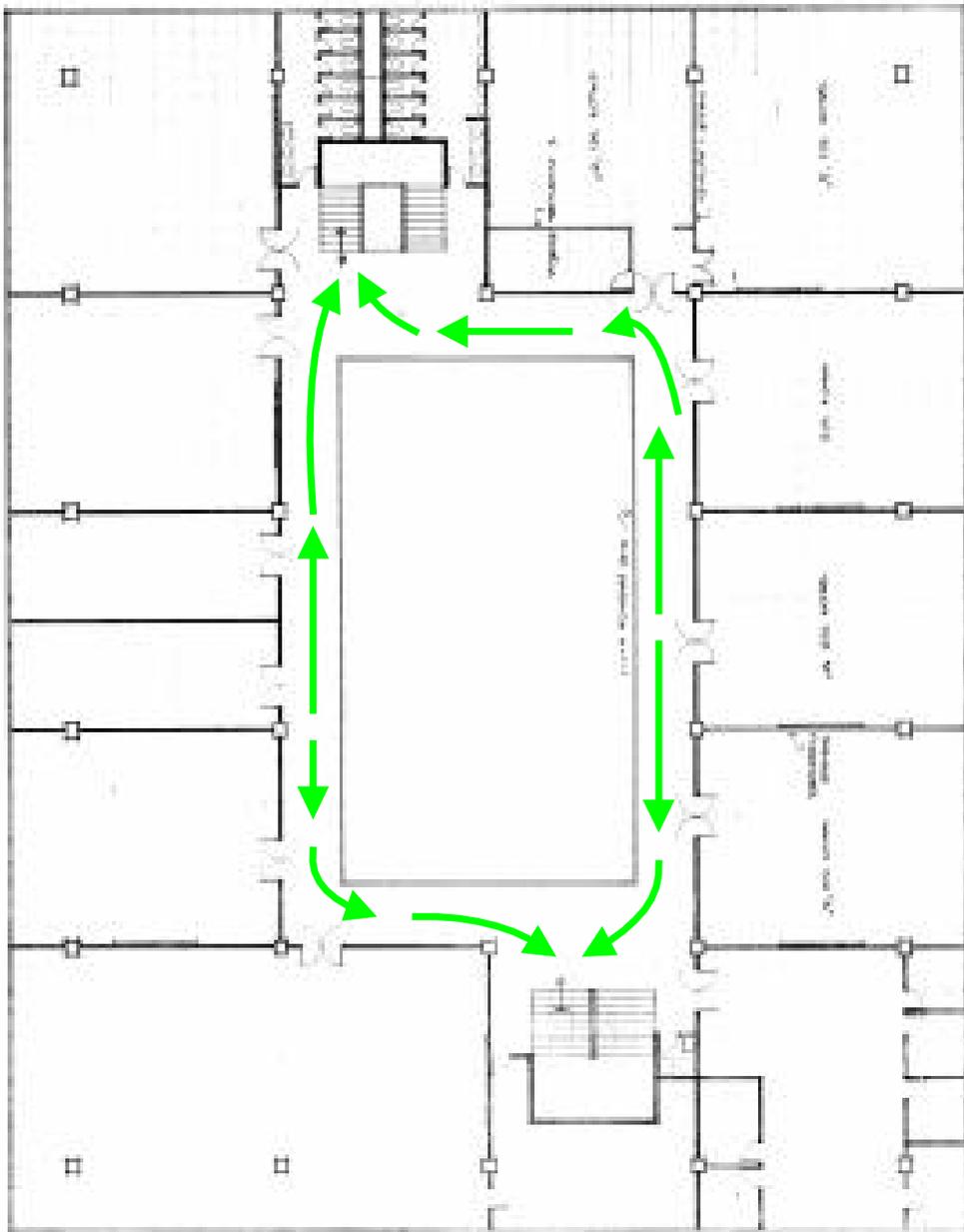
Figura 50. **Plano de ruta de evacuación y zona segura del Iglú**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

- T-1 tercer nivel: ruta de evacuación del tercer nivel del T-1.

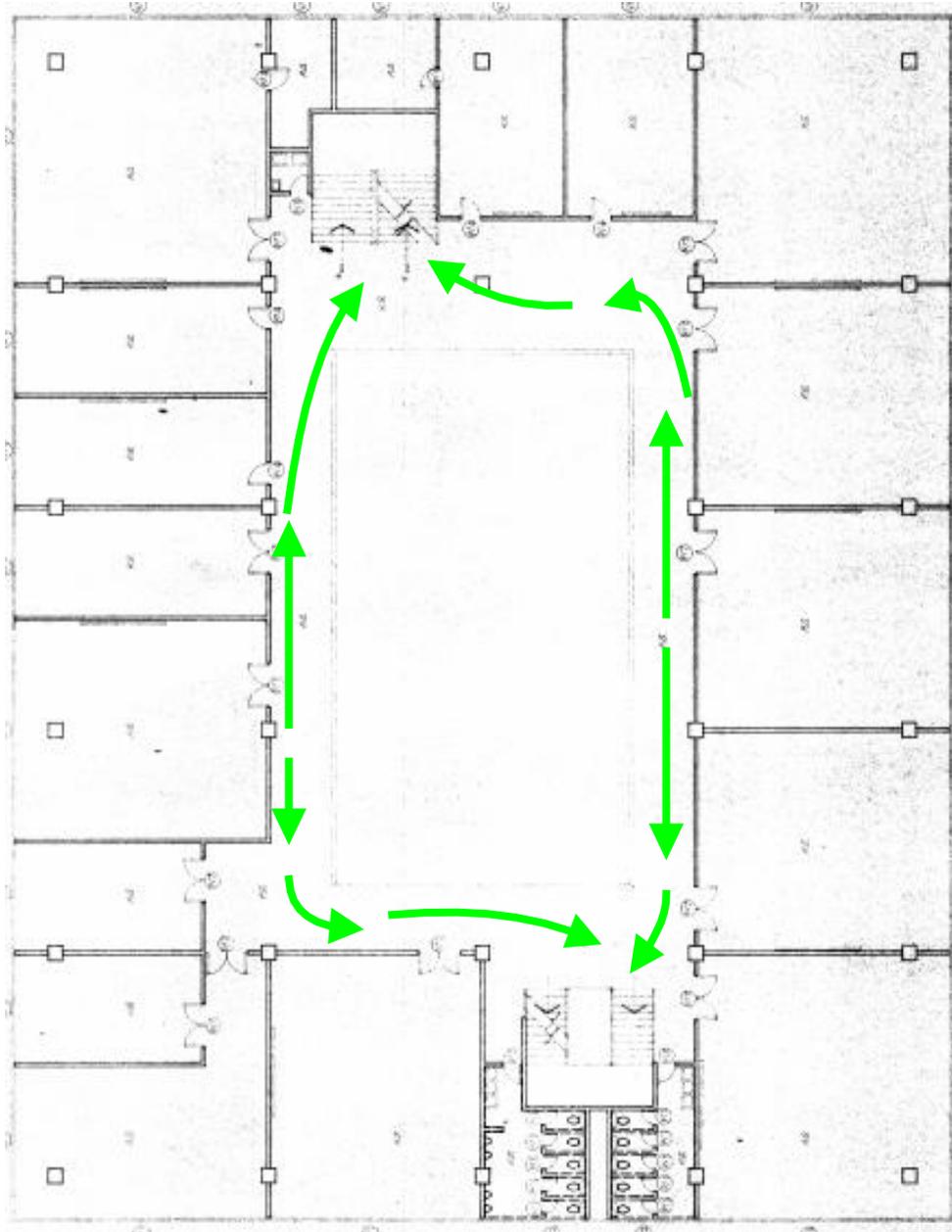
Figura 51. **Plano de ruta de evacuación del tercer nivel del T-1**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

- T-1 segundo nivel: ruta de evacuación del segundo nivel del T-1.

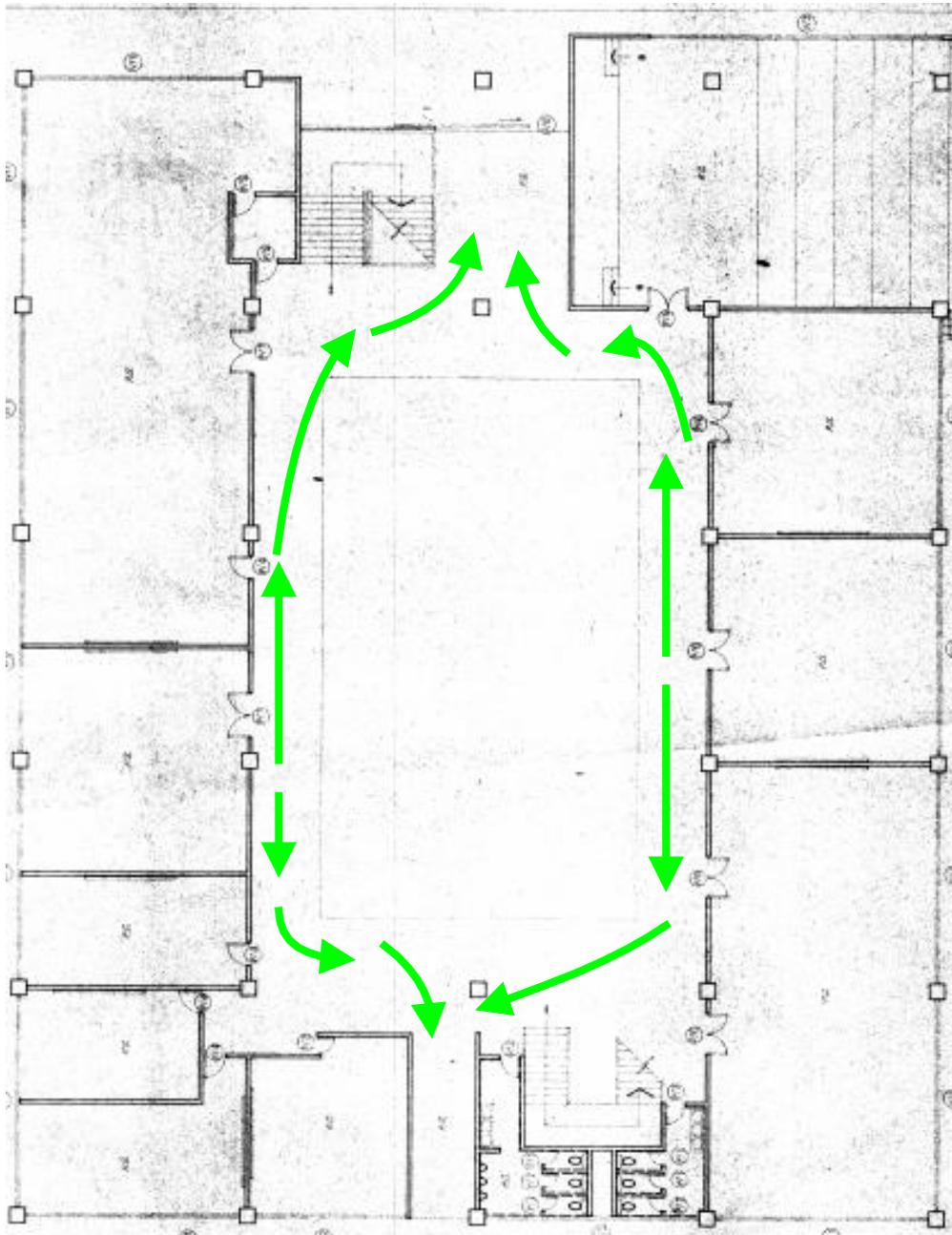
Figura 52. **Plano de ruta de evacuación del segundo nivel del T-1**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

- T-1 primer nivel: plano de ruta de evacuación del primer nivel del T-1.

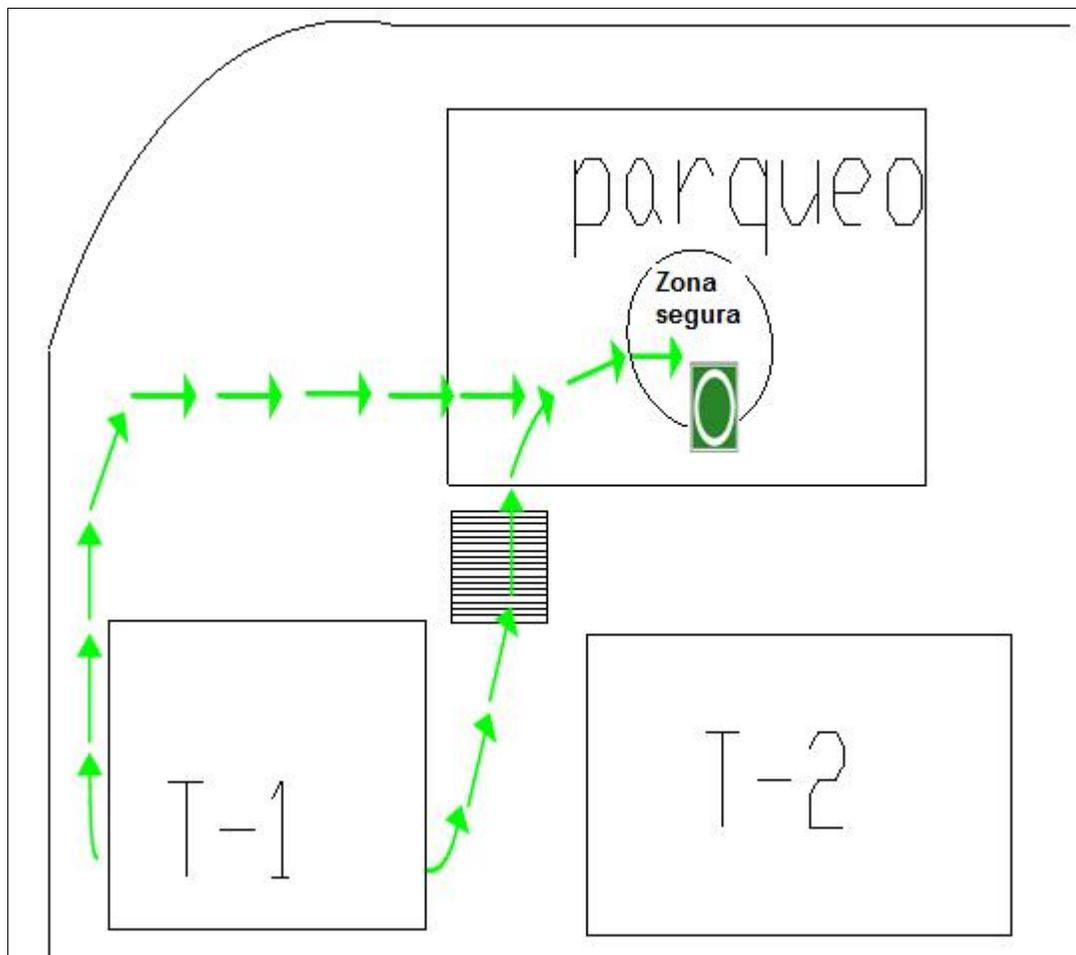
Figura 53. **Plano de ruta de evacuación del primer nivel del T-1**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

A continuación se muestra la zona segura, la cual es el destino final después de realizar la evacuación.

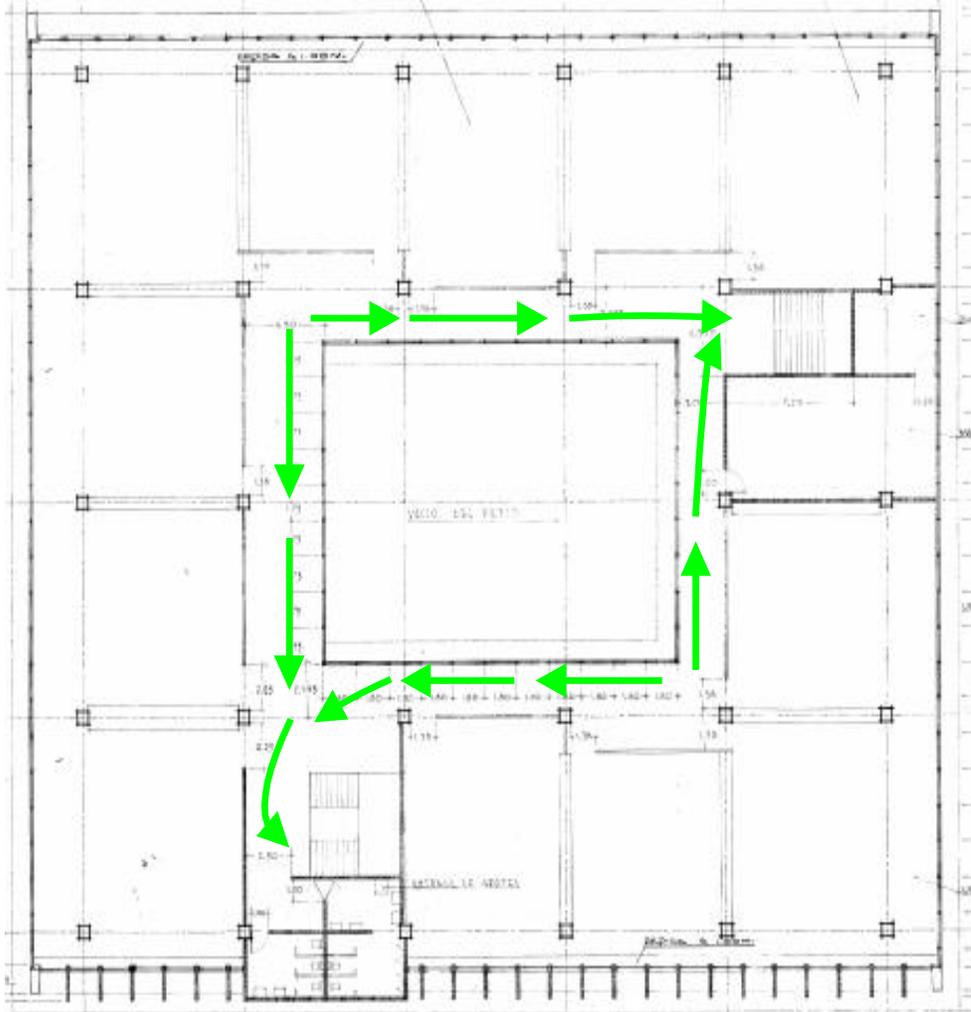
Figura 54. **Plano de ruta de evacuación y zona segura del T-1**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

- T-2 segundo nivel: plano de ruta de evacuación del segundo nivel del T-2.

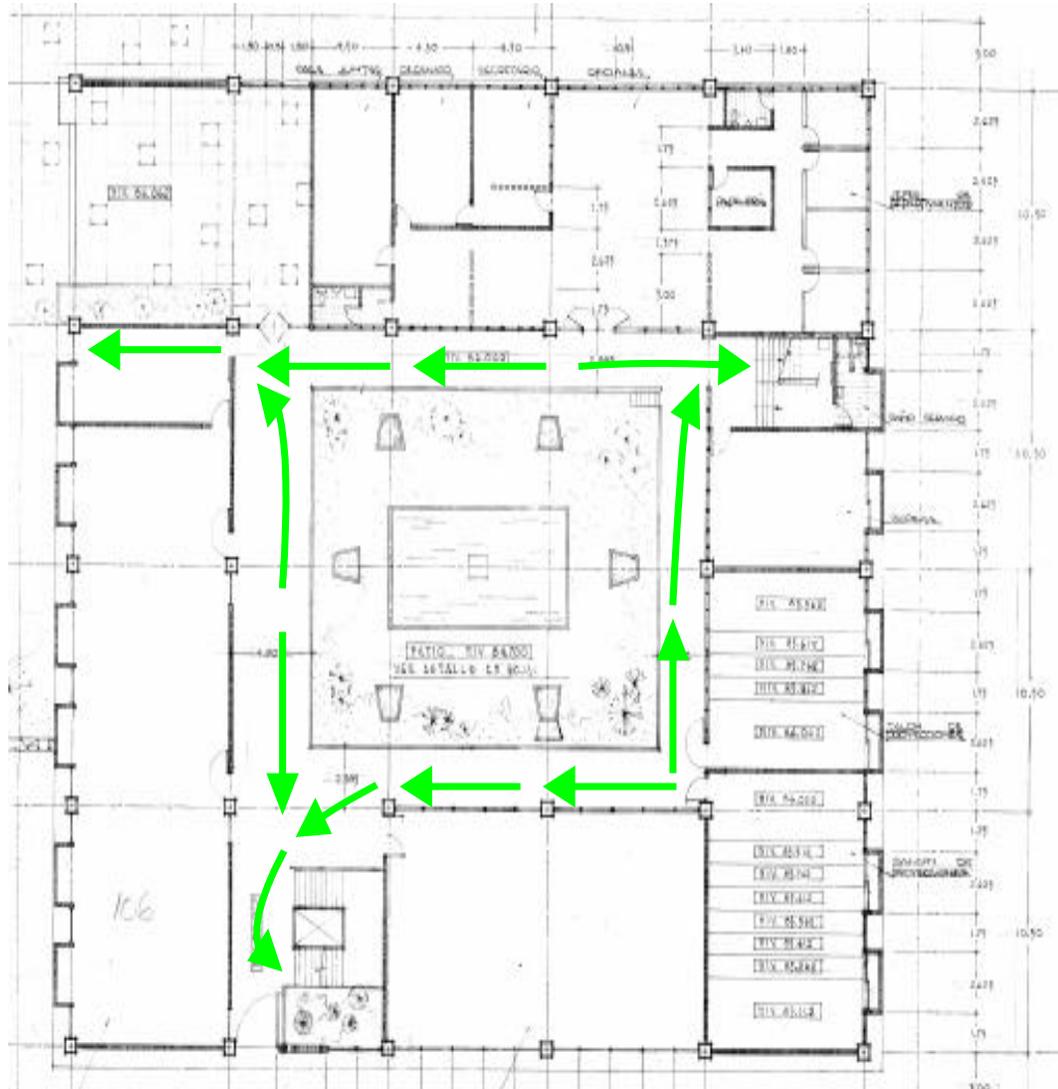
Figura 55. **Plano de ruta de evacuación del segundo nivel del T-2**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

- T-2 primer nivel: plano de ruta de evacuación del primer nivel del T-2.

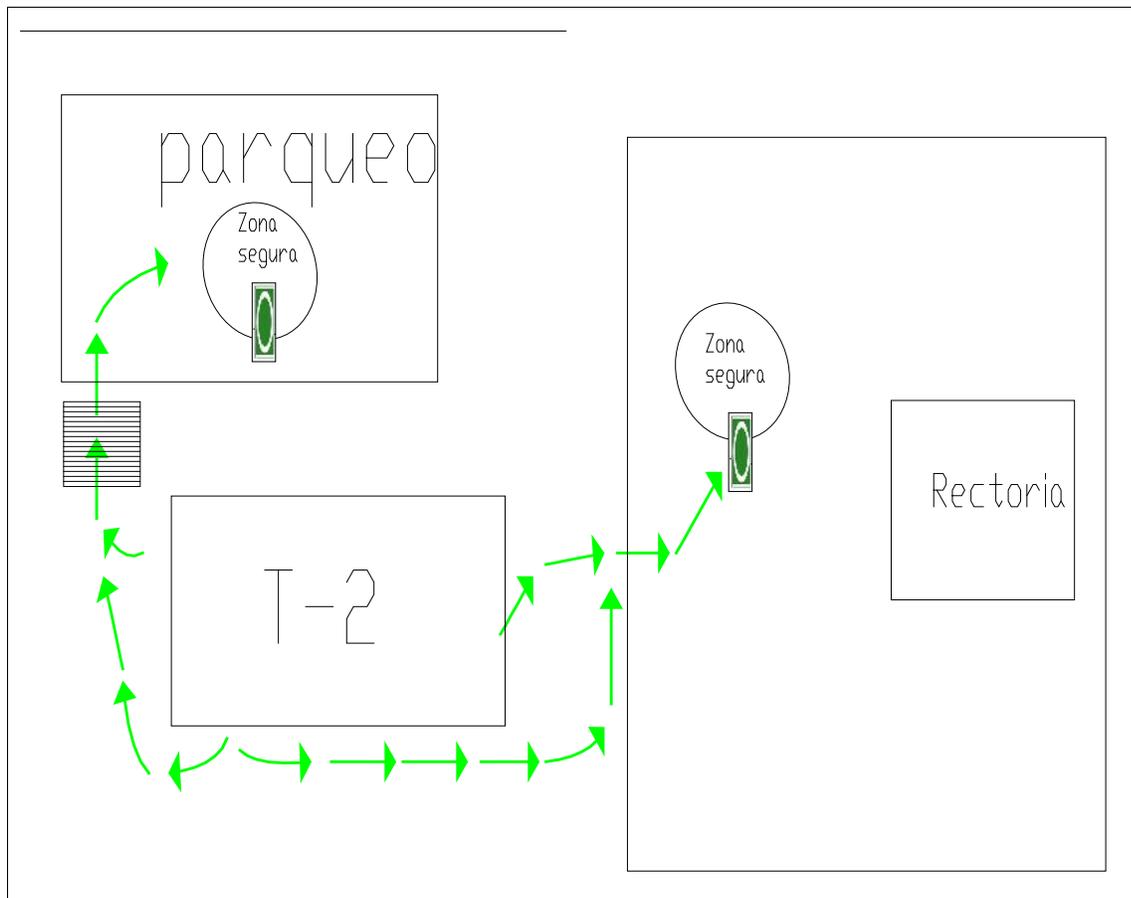
Figura 56. **Plano de ruta de evacuación del primer nivel del T-2**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

A continuación se muestra la zona segura, la cual es el destino final después de realizar la evacuación

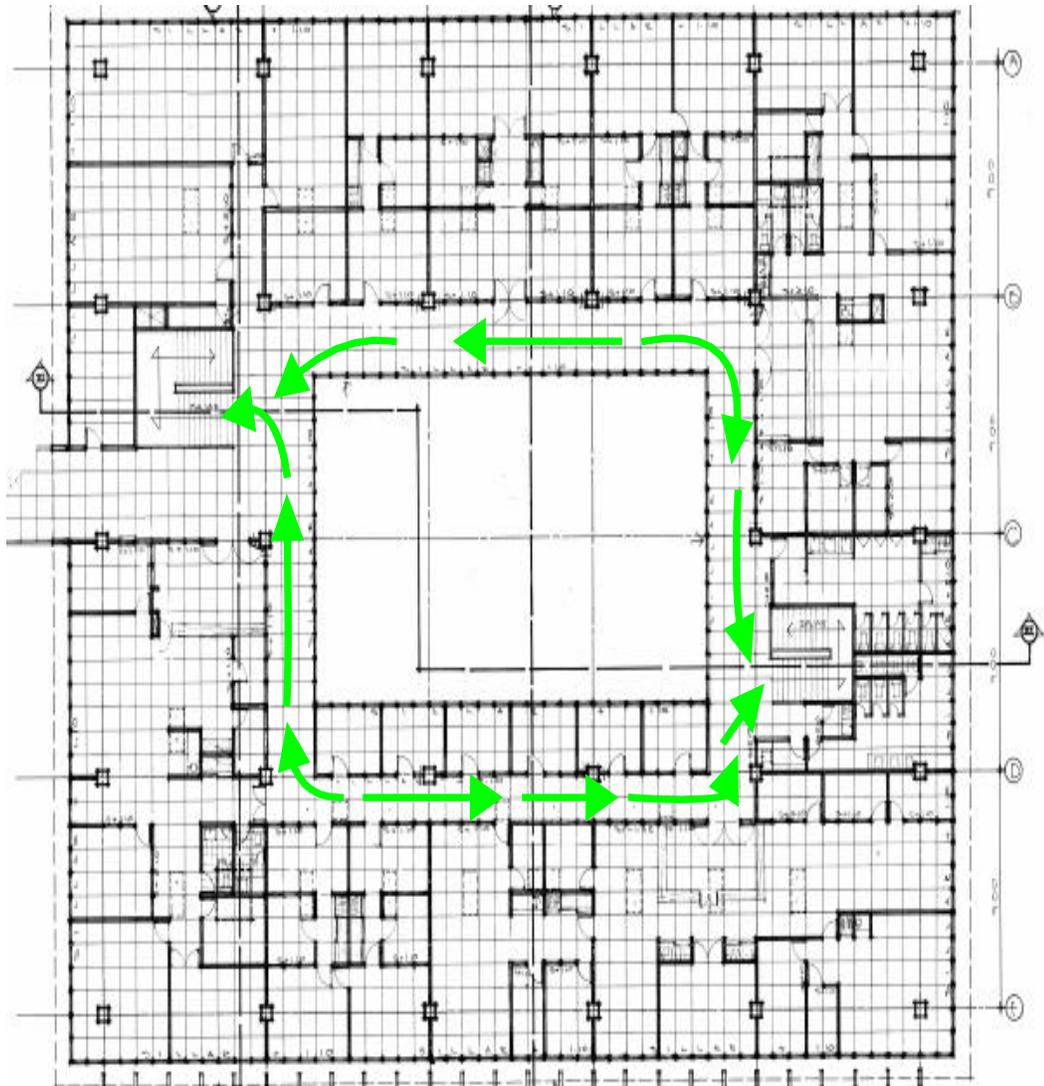
Figura 57. **Plano de ruta de evacuación y zona segura del T-2**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

- M-2 segundo nivel: plano de ruta de evacuación del segundo nivel del M-2.

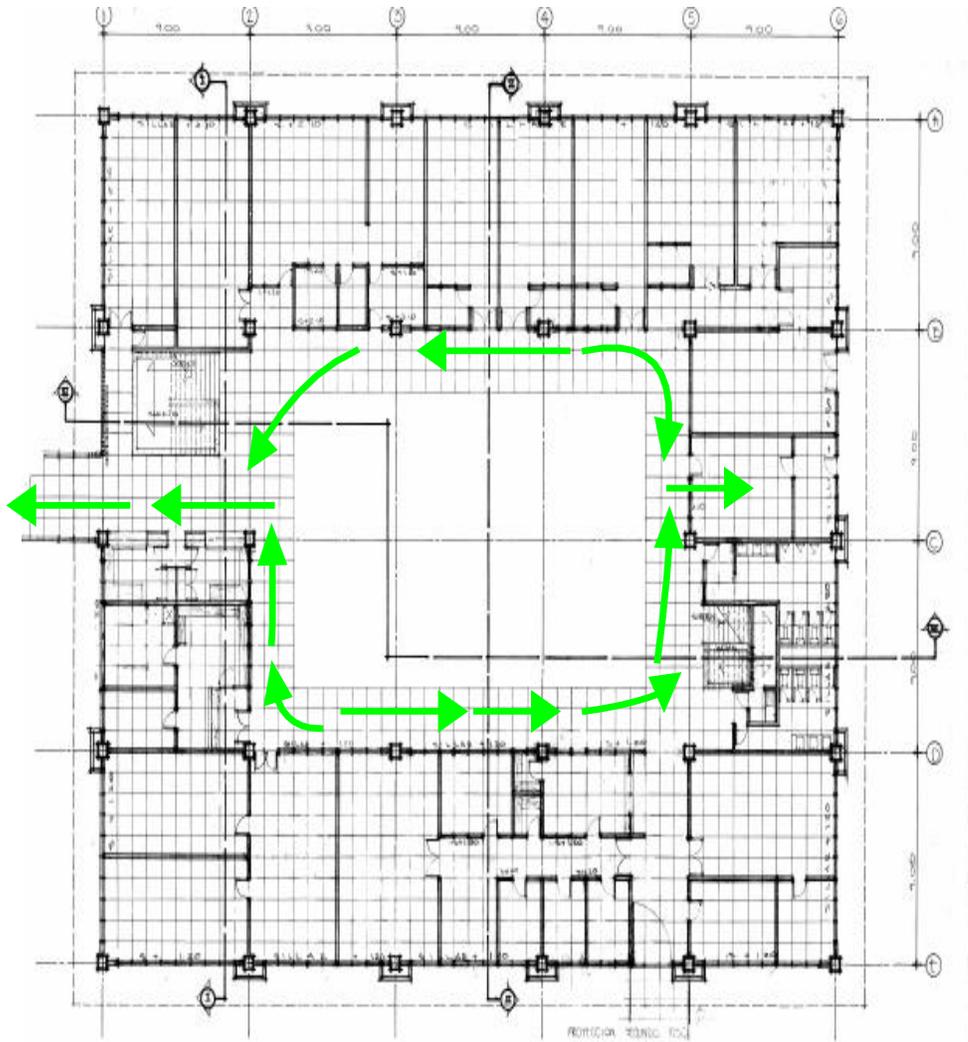
Figura 58. **Plano de ruta de evacuación del segundo nivel del M-2**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

- M-2 primer nivel: plano de ruta de evacuación del primer nivel del M-2.

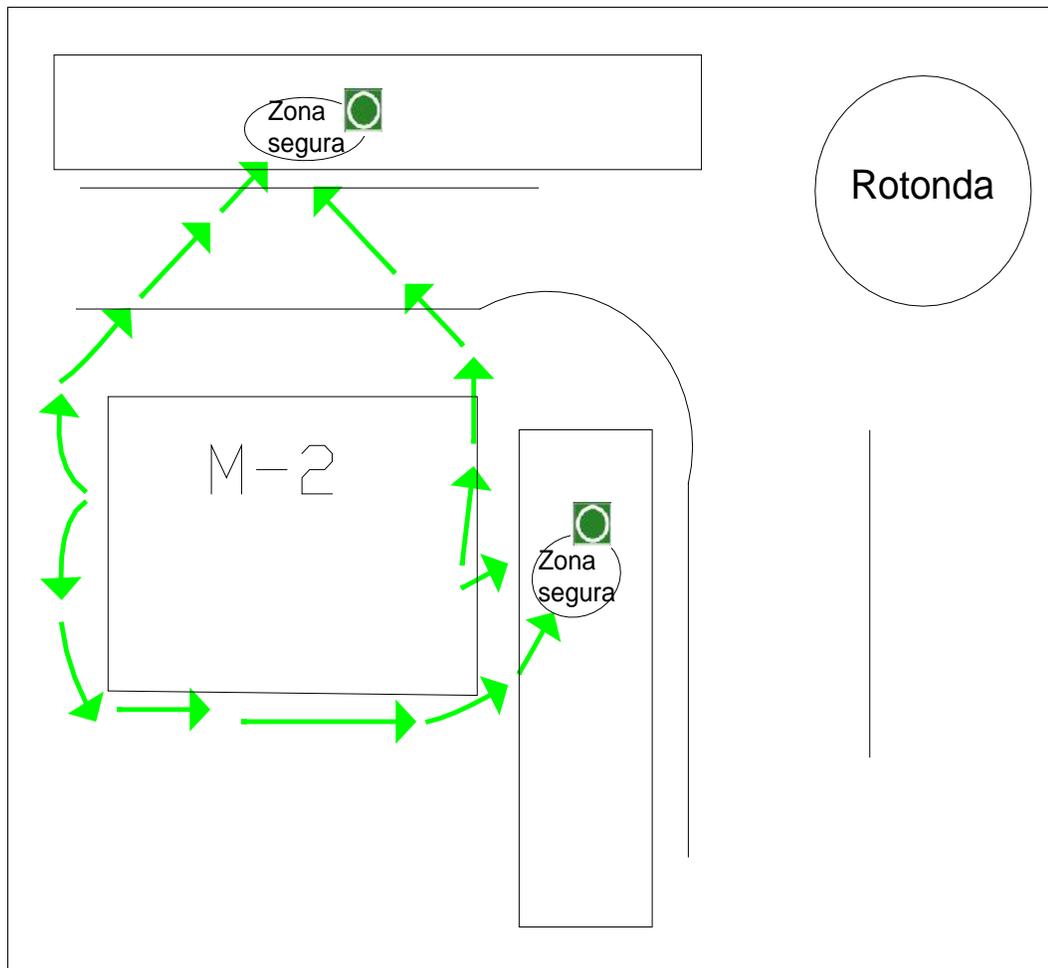
Figura 59. **Plano de ruta de evacuación del primer nivel del M-2**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

A continuación se muestra la zona segura, la cual es el destino final después de realizar la evacuación.

Figura 60. **Plano de ruta de evacuación y zona segura del M-2**

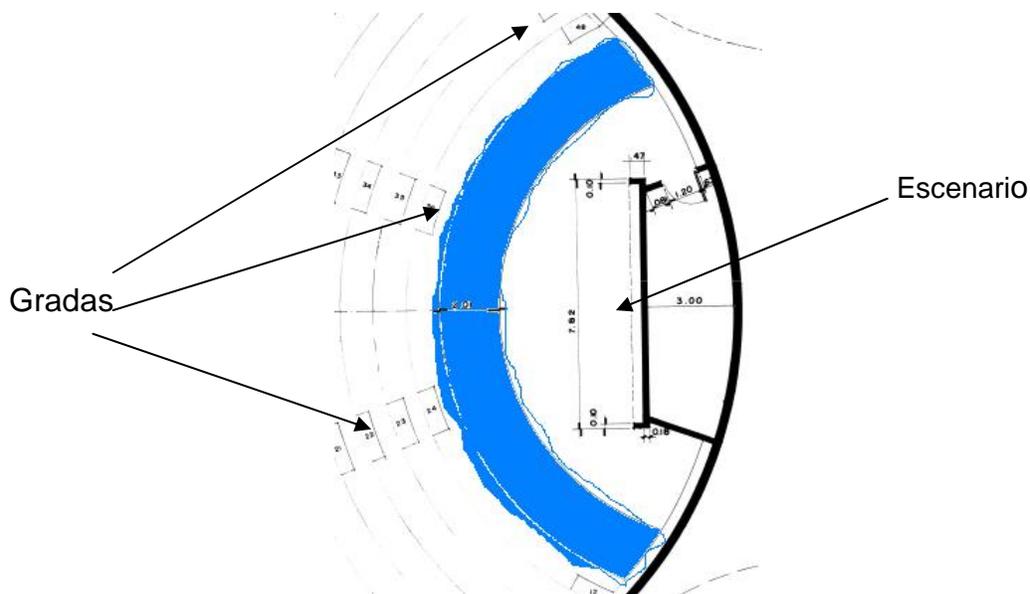


Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

2.3.9. Establecimiento de zonas seguras

Las zonas seguras se delimitarán para contener puntos de reunión, a donde llegarán las personas, como su nombre lo indica, serán lugares en los que a simple vista se puede notar que las personas no corren peligro; puede advertirse en este trabajo, que la mayoría serán parqueos y áreas verdes; posiblemente haya que hacer modificaciones estructurales a otros espacios para convertirlos en zonas seguras. A continuación se muestran los costos asociados a la gestión de riesgo: en el caso del Iglú, para el relleno de 20 cm de piso, se debe realizar el cálculo de área y aplicar los costos proporcionados. A continuación se muestra resaltada el área de descanso.

Figura 61. Área de descanso dentro del Iglú que necesita relleno



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

Se tiene un ancho de 2.01 metros por un largo promedio de 18.91 metros; entonces el área es de: $A=B \times H= 2,01 \text{ m} \times 18,91 \text{ m}=38 \text{ m}^2$. Ahora que se tiene el área, se procede a realizar el cálculo de cuánto costará rellenar los 20 cm a partir de los siguientes datos: rellenado mano de obra = $(20 \text{ cm}/Q20,00) /\text{m}^2$, blanqueado mano de obra = $Q10,00/\text{m}^2$, materiales utilizados para rellenar un metro cúbico (m^3): 9 sacos de cemento a 69,50 c/u, 1 m^3 de arena a $Q90,00$ - $Q100,00$ y 1 m^3 de pedrín de 3/8, a un precio de $Q130,00$ a $Q140,00$. A partir del área y de la altura se puede calcular el volumen a rellenar de la siguiente manera: $V=38 \times 0,20=7,6 \text{ m}^3$

Entonces se tiene que $(20 \text{ cm}/Q20,00) /\text{m}^2$; de aquí se estima que por cada metro cuadrado se tendrá un costo de $Q20,00$; de manera que si se tiene 38 m^2 , el cálculo para el costo total del rellenado será de:

$$\text{Costo total}_{\text{rellenado}}=Q20,00 \times 38 \text{ m}^2=Q760,00.$$

Para el blanqueado será de:

Costo total $\text{blanqueado}= Q10,00 \times 38= Q380,00$. Ahora para determinar cuánto se necesita de material para un metro cúbico, de los datos proporcionados anteriormente se tiene que:

$$\text{Costo}_{\text{materiales}}/\text{m}^3=Q. 69,50+Q. 100,00+Q. 140,00=Q. 309,50,$$

$$\text{Costo total}_{\text{materiales}}=Q. 309,50 \times 38=Q. 11 761,00$$

De esta manera es posible calcular el costo total para que la diferencia de altura entre descansos sea de 3,70 m; de manera que se pueda cumplir con a NRD2:

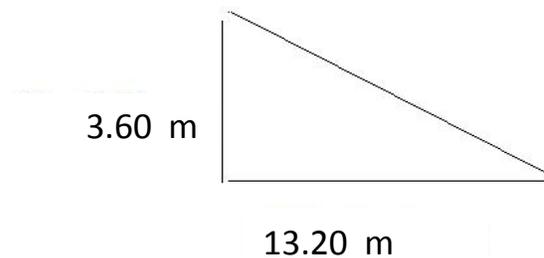
$$\text{Costo total} = \text{Q. } 760,00 + \text{Q. } 380,00 + \text{Q. } 11,761,00 = \text{Q. } 12.901,00$$

Implementar los pasamanos, 2 pegados a la pared y 2 centrales, en total son 4; a continuación se calculará la longitud de los pasamanos como sigue: para los extremos se tiene el siguiente cálculo:

$$D=2 R = 2(68^\circ \times /180^\circ)(14,225 \text{ m})=33,7651 \text{ m.}$$

Esta es una distancia suponiendo que el pasamanos fuese proyectado sobre la horizontal, pero como las gradas tienen algún grado de inclinación, se debe determinar y aplicarlo a la distancia calculada anteriormente,

Figura 62. **Representación del cambio vertical en las gradas del Iglú**



Fuente: elaboración propia.

La figura anterior representa el cambio en la horizontal y la vertical que se obtiene cuando se traslada desde la parte superior de las gradas hasta la parte inferior; a partir de aquí se puede determinar el ángulo correspondiente:

$$\text{Tan} (\) = 3,60/13,20 \Rightarrow \ = \tan^{-1}(3,60/13,20)= 15^\circ 15' 18,43.$$

Entonces se tiene que el largo de los pasamanos extremos será de:

$$D_1 = 33,7651 / \cos(15^\circ 15' 18,43) = 34,99 = 35 \text{ m.}$$

Pero se tiene que agregar 30 cm a cada extremo entonces:

$$35 + 0,30 + 0,30 = 35,60 \text{ m.}$$

Como son dos pasamanos:

$$35,60 \times 2 = 71,20 \text{ m de pasamanos en los extremos.}$$

A partir del triángulo anterior se tiene la siguiente operación para determinar la longitud de los pasamanos en las gradas centrales del Iglú:

$$D_2 = (3,60)^2 + (13,20)^2 = 13,68 \text{ m.}$$

Pero se tiene que agregar 30 cm a cada extremo; entonces:

$$13,68 + 0,30 + 0,30 = 14,28 \text{ m.}$$

Como son 2 gradas, se tiene:

$$14,28 \times 2 = 28,56 \text{ m.}$$

De manera que en total para las gradas del Iglú se requieren:

$$71,20 \text{ m} + 28,56 \text{ m} = 99,76 \text{ m de pasamanos.}$$

Para determinar los costos, se deben tomar por separado, ya que los centrales son dobles y los de los extremos no.

Tabla XX. **Costos de pasamanos**

Costos de pasamanos	Q/2 m	Q/m
Pasamanos sencillos en la incrustados en la pared	80,00/2 m	40,00/m
Pasamanos incrustados en el suelo	200,00/2 m	100,00/m
Pasamanos dobles incrustados en el suelo	250,00/2 m	125,00/m

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior muestra los costos para los pasamanos de aluminio; de manera que si se tienen 71,20 m de pasamanos en los extremos, entonces se le aplica un costo de Q40,00/m y se tiene que: $71,20 \text{ m} \times \text{Q}40,00/\text{m} = \text{Q. } 2\,848,00$

Para los pasamanos centrales se tiene que:

$$28,56 \text{ m} \times \text{Q. } 125,00/\text{m} = \text{Q. } 3\,570,00.$$

Entonces el costo total de los pasamanos del Iglú asciende a:

$$\text{Q. } 2\,848,00 + \text{Q. } 3,570,00 = \text{Q. } 6\,418,00.$$

Se necesitan 3 rótulos de salida de emergencia y 3 lámparas de emergencia. Para el cálculo de la dimensión de los rótulos se asumirá que la mayor distancia a la cual se busca una salida dentro del auditorium del Iglú es de 15 m, la cual es muy cercana al radio (14,225 m), entonces según la tabla 2 de dimensiones de rótulos de señalización de la NRD2, para una distancia de 15 m se tiene 1 125 cm²; como será un rectángulo se tiene que las dimensiones serán de 41,1 cm x 27,4 cm. Para la señalización del Iglú se tomará en cuenta que todos los rótulos tengan las mismas dimensiones.

El costo cotizado de las lámparas es de: Q. 225,00 para cada una; el costo para los rótulos en acrílico transparente de 3mm + corte electrónico es de 9,30 cm²/Q1,00, entonces se tiene que el costo para un rótulo es de:

Costo = $1\,125 \times (Q1,00/9,30 \text{ cm}^2) = Q120,97$ y como son 3 rótulos es Q. 362,90. Luego:

- 1 rótulo de ocupación máxima, Costo = Q. 120,97
- 1 rótulo de evacuación derecha, Costo = Q. 120,97
- 1 rótulo de evacuación izquierda: Costo = Q. 120,97
- 1 rótulo de salida hacia arriba: Costo = Q. 120,97
- 1 rótulo de salida hacia arriba (otro): Costo = Q. 120,97
- 1 rótulo de señalización de zona segura: Costo = Q. 120,97
- 4 rótulos de punto de reunión: Costo = $Q. 120,97 \times 4 = Q. 483,88$

- 2 rótulos de cuidado al bajar: Costo= Q. 120,97×2=241,94
- 4 rótulos de extintor: Costo= Q. 120,97×4= 483,88
- 4 extintores: Q. 700,00 × 4= Q. 2 800,00
- Se necesita el arreglo de 3 puertas para que puedan abrirse hacia fuera; el arreglo tiene un costo de Q. 350,00 para cada una; entonces Q. 350,00×3=Q. 1 050,00.
- Arreglo de la reja que está en las puertas del Iglú: tiene un costo de Q. 200,00 por reja, entonces: Q. 200,00 × 3= Q. 600,00. A continuación se presenta el cuadro resumen de costos para el Iglú.

Tabla XXI. **Resumen de costos de gestión de riesgo para el Iglú**

Área de mejora	Costo en Q
Costo total de relleno	12 901,00
Costo total de 100 m de pasamanos	6 418,00
Costo total de 19 rótulos	2 298,43
4 extintores	2 400,00
Arreglo de 3 puertas	1 050,00
Arreglo de 3 rejas	600,00
3 lámparas de emergencia	675,00
Subtotal	26 342,43
+20%=Total	31 610,92

Fuente: elaboración propia.

Para los costos de los pasamanos del tercer nivel: $3,24 \times 2 = 6,48$ m de pasamanos en el descanso del segundo nivel; se debe cotizar para saber cuánto va a costar y verificar que sea solo esta cantidad. Además, se necesitan otros 3,24 m de pasamanos en el otro lado del edificio siempre en el segundo nivel, entonces serían 9,72 m.

Tabla XXII. **Costos de pasamanos del T-1**

Costos de pasamanos	Q/2 m	Q/m
Pasamanos sencillos en la incrustados en la pared	80,00/2 m	40,00/m
Pasamanos incrustados en el suelo	200,00/2 m	100,00/m
Pasamanos dobles incrustados en el suelo	250,00/2 m	125,00/m

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior muestra los costos para los pasamanos de aluminio, de manera que si se tienen 71,20 m de pasamanos en los extremos, entonces se le aplica un costo de Q40,00/m y se tiene que: $71,20 \text{ m} \times \text{Q}40,00/\text{m} = \text{Q} 2 848,00$ y para los pasamanos centrales se tiene que: $28,56 \text{ m} \times \text{Q} 125,00/\text{m} = \text{Q} 3570,00$.

Entonces el costo total de los pasamanos del Iglú asciende a:

$$Q. 2\ 848,00 + Q. 3\ 570,00 = Q. 6\ 418,00.$$

Se necesita adquirir 13 rótulos con un costo de Q120.97, lo que da un total de Q. 1 572,61. Se cotizaron dos lámparas de emergencia a Q225,00 c/u (en Celasa) total: Q. 450,00; 4 extintores con un costo de Q. 700,00 cada uno, con un costo total de Q. 2 800,00.

Para el segundo nivel se tiene 6,48 m de pasamanos centrales, entonces según la tabla anterior $6,48\ m \times Q. 125,00/m = Q. 810,00$ y 9,72 m de pasamanos extremos; entonces según la tabla anterior $9,72\ m \times Q. 100,00 / m = Q. 972,00$, en total sería $Q. 810,00 + Q. 972,00 = Q. 1\ 782,00$.

La señalización que incluye 13 rótulos con un costo de Q. 120,97 cada uno, da un total de Q. 1 572,61. Las lámparas de emergencia cotizadas son 2 a Q225,00 c/u (en Celasa) con un total de Q. 450,00; y 4 extintores de Q. 700,00 cada uno, con un costo total de Q. 2 800,00.

Para el primer nivel la nueva salida en el ala oeste, con un costo de Q300.00 por dejar libre la entrada y Q. 1 000,00 por una nueva puerta de metal; en total Q. 1 300,00.

Las lámparas de emergencia cotizadas son 2 a Q. 225,00 c/u (en Celasa) con un total de Q. 450,00. La señalización de 17 rótulos con un costo de Q. 120,97, da un total de Q. 2 056,49 y 4 extintores de Q. 700,00 cada uno, con un costo total de Q. 2 800,00. A continuación se muestra el costo total del T-1:

Tabla XXIII. **Resumen de costos de gestión de riesgo para el T-1**

Área de mejora	Costo en Q
Pasamanos tercer nivel	6 418,00
Señalización tercer nivel	1 572,61
Lámparas de emergencia tercer nivel	450,00
4 extintores tercer nivel	2 800,00
Pasamanos segundo nivel	1 782,00
Señalización segundo nivel	1 572,61
Lámparas de emergencia segundo nivel	450,00
Extintores segundo nivel	2 800,00
Nueva salida en primer nivel	1 300,00
Lámparas de emergencia primer nivel	450,00
Señalización primer nivel	2 056,49
Extintores primer nivel	2 800,00
Subtotal	24 451,71
+20% = Total	29 342,05

Fuente: elaboración propia.

Los costos del segundo nivel del T-2 respecto de los pasamanos:

Tabla XXIV. **Costos de pasamanos del T-2**

Costos de pasamanos	Q/2 m	Q/m
Pasamanos sencillos en la incrustados en la pared	80,00/2 m	40,00/m
Pasamanos incrustados en el suelo:	200,00/2 m	100,00/m
Pasamanos dobles incrustados en el suelo	250,00/2 m	125,00/m

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla anterior Q100,00/m, entonces: $6,60 \text{ m} \times 100,00/\text{m} = \text{Q. } 660,00$;

Se requieren 2 lámparas de emergencia a Q. 225.00 c/u;

$$\text{Q. } 225,00 \times 2 = \text{Q. } 450,00.$$

La señalización de 13 rótulos con un costo de Q. 120,97; lo que da un total de Q1572.61 y 4 extintores a Q. 700,00 cada uno, con un costo total de Q. 2 800,00. Para el primer nivel se tienen 28,50 m de pasamanos; según la tabla anterior el costo es de Q. 100,00/m entonces se tiene que:

$$28,50 \text{ m} \times \text{Q. } 100,00/\text{m} = \text{Q. } 2 850,00.$$

Cambiar la forma en que se abre la puerta del sótano con un costo de Q. 200,00.

La señalización de 18 rótulos tiene un costo de Q. 120,97, lo que da un total de Q. 2 177,46; se requieren 3 lámparas de emergencia, Q. 225 × 3=Q. 675,00 y 4 extintores con un valor de Q700.00 cada uno, su costo total es de Q. 2 800,00. A continuación se presenta el cuadro resumen de costos.

Tabla XXV. **Resumen de costos de gestión de riesgo para el T-2**

Área de mejora	Costo en Q.
Pasamanos segundo nivel	660,00
Lámparas segundo nivel	450,00
Señalización segundo nivel	1572,61
Extintores segundo nivel	2800,00
Pasamanos primer nivel	2850,00
Reparación a la puerta del sótano	200,00
Señalización primer nivel	2177,46
Lámparas primer nivel	675,00
Extintores primer nivel	2800,00
Subtotal	14185,07
+20 % = Total	17 022,08

Fuente: elaboración propia.

Los costos unitarios del segundo nivel del M-2 respecto de los pasamanos se presentan a continuación:

Tabla XXVI. **Costos de pasamanos del M-2**

Costos de pasamanos:	Q/2m	Q/m
Pasamanos sencillos en la incrustados en la pared:	80,00/2 m	40,00/m
Pasamanos incrustados en el suelo:	200,00/2 m	100,00/m
Pasamanos dobles incrustados en el suelo:	250,00/2 m	125,00/m

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla anterior el costo es de Q. 100,00/m entonces:

$$14,20 \times Q. 100,00/m = Q. 1 420,00.$$

Se requiere 2 lámparas de emergencia a Q225.00 c/u, de manera que $Q. 225,00 + Q. 225,00 = Q. 450,00$.

La señalización de 13 rótulos con un costo de Q120.97, da un total de Q. 1 572,61; y 4 extintores con un valor de Q 700,00 cada uno, da un costo total de Q. 2 800,00. Para el primer nivel se requiere la nueva salida en el ala este, con un costo de Q. 300,00 por dejar libre la entrada y Q. 1 000,00 por una nueva puerta de metal; en total Q. 1 300,00.

Se requiere la señalización de 17 rótulos con un costo de Q. 120,97, lo que da un total de Q. 2 056,49. Se necesita 2 lámparas de emergencia a Q. 225,00c/u, Q. 225,00+ Q. 225,00=Q. 450,00 y 4 extintores con un costo de Q. 700,00 cada uno, costo total de Q. 2 800,00. A continuación se presenta el cuadro resumen de costos:

Tabla XXVII. **Resumen de costos de gestión de riesgo para el M-2**

Área de mejora	Costo en Q
Pasamanos segundo nivel	1 420,00
Lámparas segundo nivel	450,00
Señalización segundo nivel	1 572,61
Extintores segundo nivel	2 800,00
Nueva salida en el ala este	1 300,00
Señalización primer nivel	2 056,49
Lámparas primer nivel	450,00
Extintores primer nivel	2 800,00
Subtotal	12 849,10
+ 20 % = Total	15 418,92

Fuente: elaboración propia.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL IGLÚ PARA CONTRIBUIR AL EQUILIBRIO AMBIENTAL

Se hará una investigación acerca de uso eficiente del agua para el edificio Iglú, a través del uso de rótulos que motiven el uso racional e instalación de dispositivos de uso eficiente.

3.1. Uso del agua a nivel mundial

El uso del agua es un concepto que debe desarrollarse con un enfoque de desarrollo sostenible para garantizar su calidad y no poner en riesgo la disponibilidad del vital líquido en el futuro.

Estos principios se aplican actualmente a proyectos de ingeniería. El agua dulce que se obtiene a través de la lluvia y se acumula en ríos, cuencas, lagos y embalses, determina la disponibilidad en las distintas áreas geográficas.

El agua es especialmente relevante por el hecho de que sin ella es imposible que pueda crearse o mantenerse cualquier forma de vida; por eso es el primer factor a tomar en cuenta al momento de buscar vida en otros planetas.

En este entorno donde el agua es una realidad, su utilización permite el desarrollo económico, y como contraparte se tiene que la falta de esta diezma poblaciones.

La cantidad de agua sobre el planeta es de 1400 millones de km^3 ; de esta solo 33 millones son de agua dulce, y de dicha cantidad hay que descontar el 87.3% que está en forma de hielo, y el 12.3% que constituye el agua que se encuentra en movimiento; por lo que la cantidad de agua realmente disponible es muy pequeña, además de encontrarse en contaminación una gran cantidad de ella.

“A nivel mundial la OMS (Organización Mundial de la Salud) estima que el 40% del agua se utiliza para el funcionamiento del sistema sanitario en edificios con grandes desperdicios. Según datos de la Organización Mundial de la Salud en promedio un habitante consume 100 litros de agua por día”².

3.2. Consumo aproximado por día

Debido a la ubicación territorial, Guatemala está posicionada en el flujo de vientos húmedos que tienen su origen en el mar Caribe y en el océano Pacífico, y por su corta distancia con las fuentes de humedad, el agua procedente de la atmósfera que cae en las laderas montañosas expuesta al flujo de tales vientos es cuantiosa.

De acuerdo con cálculos realizados, en el país se dispone de 97120 millones de m^3 , cantidad que supera notablemente las necesidades de la población guatemalteca, lo que equivale a una disponibilidad media de 20 m^3 por día, por habitante.

².wikipedia.org/wiki. /Uso_racional_del_agua. Consulta: mayo de 2012. El Consumo de agua en porcentajes. <http://www.ambientum.com/revistanueva/2005-09/aguas.htm>. Consulta: mayo de 2012.

“A pesar de la disponibilidad de agua, evidencias físicas tales como ríos secos y lagos en proceso de desaparición, además del incremento de la demanda de población por un mejor servicio de suministro de agua potable, especialmente en el área metropolitana de la ciudad de Guatemala, se indica que existen importantes déficits, por lo que se hace necesario tomar medidas orientadas al aprovechamiento eficiente del vital líquido”³.

3.3. Los mayores consumidores de agua

El consumo de agua se divide en tres sectores principalmente, siendo estos: el sector industrial, el agrícola y el sector de consumo humano; el sector agrícola tiene un consumo aproximado de 65 % no solo porque la superficie de irrigación se ha quintuplicado, sino porque los sistemas de riego son deficientes; situación que causa pérdidas altas; a este le sigue el sector industrial con un 25 % y luego el doméstico comercial y otros servicios urbanos municipales que consumen un 10%.

El consumo de agua se ha triplicado desde 1950, sobrepasando los 4300 km³/año; esta cifra es equivalente al 30 % de la dotación disponible del mundo, que se puede considerar como estable.

La falta de agua subterránea es la amenaza oculta para la seguridad de los alimentos. La producción de alimentos de muchos países en desarrollo depende del agua subterránea que se utiliza para su irrigación.

³. http://es.wikipedia.org/wiki/Hidrograf%C3%ADa_de_Guatemala. Consulta: mayo de 2012.

En los países en los que se depende del agua subterránea para la irrigación, el exceso de extracción de agua está provocando que los niveles freáticos de agua dulce estén descendiendo a un ritmo alarmante.

Algunas de las acciones que se realizan en la comunidad deterioran no solo la calidad del agua, sino que también hacen posible un ambiente donde el acceso al vital líquido es severamente escaso. En el futuro, esta escasez pondría en riesgo el desarrollo social. Para que el manejo eficiente del agua permita disponer de este recurso natural en el futuro, es necesario no solo la gestión eficiente de manera individual para las actividades básicas, sino también la organización comunitaria⁴.

3.4. Uso eficiente del agua

El desarrollo sostenible es un concepto que abarca el uso eficiente del agua y no es más que cualquier procedimiento o acción que contribuya a la reducción o prevención de pérdida del agua que sea de beneficio para la sociedad actual o futura.

Sabiendo que el agua es un recurso que poco a poco disminuye su disponibilidad, se puede tomar medidas para su uso controlado; en el edificio Iglú de la Universidad de San Carlos de Guatemala se propondrá la instalación de carteles de ahorro de agua, los cuales estarán ubicados en las fuentes de abastecimiento a la vista del público, así como también se evaluarán alternativas para el establecimiento de sistemas Duo Dica.

⁴ <http://cayru.galeon.com/>. Consulta: mayo de 2012.

Con el sistema Duo Dica se pueden realizar descargas para líquidos y sólidos por separado, permitiendo un ahorro de 3 litros cuando las descargas sean para líquidos; llave para lavamanos TV120, la cual utiliza una cantidad eficiente de agua en cada descarga; esto es posible gracias a su mecanismo de cierre de válvula automático.

La llave para lavamanos con sensor automático HIDR es mucho más eficiente que la anterior, ya que existe menos desperdicio de agua; inodoro Delux A815, el cual cuenta con 2 chorros de descarga posicionados de manera conveniente, para que la descarga de agua sea menor y fluxómetros tanto para mingitorios como para inodoros, los cuales realizan descargas de forma automática.

3.5. Identificación del consumo actual

Medición de consumo de agua por persona en lavamanos en el Iglú: se procederá a realizar mediciones de consumo de agua por medio del tiempo empleado por las personas, en el cual mantienen encendido el lavamanos.

Se menciona a continuación una serie de factores que influyen en el consumo de agua:

- Sexo de la persona: una persona de sexo femenino tiende a emplear un poco más de agua en la limpieza personal.
- Disponibilidad de jabón para manos: el empleo de jabón influye en la cantidad de agua empleada para lavar las manos ya que sin el empleo de este, la labor de limpieza se limita a mojar las manos.

- Época del año: en el verano es frecuente emplear una cantidad de agua mayor que en los meses de noviembre, diciembre y enero, ya que la baja temperatura presente en estas fechas provoca que algunas personas se resistan a un cambio de temperatura en sus manos.

Se medirá el tiempo que una persona mantiene encendido el grifo del lavamanos, previamente conociendo el caudal de agua, el cual será medido a través de 1 medición en cada uno de los grifos de los lavamanos. A continuación se presenta el tiempo empleado para llenar un recipiente de 250 mililitros de agua en cada uno de los lavamanos:

Tabla XXVIII. **Tiempo empleado para llenar un recipiente de 250 mililitros**

# de lavamanos	Tiempo (segundos)	Velocidad (ml/s)
1	8	31.25
2	7.5	33.33
3	8.10	30.86

Fuente: elaboración propia.

La velocidad promedio a la cual cae el agua por los grifos está dada por: $(31.25+33.33+30.86)/3=31.82$ mililitros por segundo.

Ahora que ya se tiene la velocidad promedio, se procederá a estimar el tiempo que una persona emplea para lavarse las manos, y de esta manera se tendrán los datos necesarios para calcular el volumen de agua. Teniendo el tiempo y una velocidad fija, el volumen de agua utilizado por el primer candidato se calcula multiplicando $11.4 \times 31.82 = 362.75$ mililitros.

Tabla XXIX. **Tiempo que una persona mantiene abierto el flujo de agua**

Candidato	Tiempo (segundos)	Volumen utilizado (ml)
1	11.4	362.75
2	12.3	391.39
3	11.2	356.38
4	10.4	330.93
5	11.3	359.57
6	12.5	397.75
7	13.7	435.93
8	12.9	410.47
9	10.5	334.11

Fuente: elaboración propia.

Teniendo estos datos se procederá a obtener el promedio, el cual significará el volumen de agua utilizado por un estudiante en el Iglú $(362.75 + 391.39 + 356.38 + 330.93 + 359.57 + 397.75 + 435.93 + 410.47 + 334.11) / 9 = 375.47$ mililitros. Ahora se procederá a realizar el cálculo según datos recopilados en una conferencia en el Iglú; a cada persona que hace uso del baño se le pidió al salir que informara qué fuentes de agua había utilizado.

Los datos fueron recopilados para una conferencia que duró 2 horas. Los mingitorios actuales tienen una descarga de 3 litros y los sanitarios, de 6 litros. Durante la toma de datos se observó a 154 caballeros y 96 damas hacer uso de las fuentes de agua de los baños.

A continuación se presenta una tabla para el uso de fuentes de agua en el baño de caballeros:

Tabla XXX. Uso de fuentes de agua en una conferencia para el baño de caballeros

No. de persona	Uso de mingitorio	Uso de sanitario	Uso de lavamanos	Total de agua en litros
1	Sí	No	Sí	3.38
2	Sí	No	Sí	3.38
3	Sí	No	Sí	3.38
4	No	Sí	Sí	6.38
5	Sí	No	Sí	3.38
6	No	Sí	Sí	6.38
7	Sí	No	Sí	3.38
8	Sí	No	Sí	3.38
9	No	Sí	Sí	6.38
10	No	Sí	Sí	6.38
11	Sí	No	Sí	3.38
12	No	Sí	Sí	6.38
13	Sí	No	Sí	3.38
14	Sí	No	Sí	3.38
15	Sí	No	Sí	3.38
16	Sí	No	Sí	3.38
17	Sí	No	Sí	3.38
18	No	Sí	Sí	6.38
19	Sí	No	Sí	3.38
20	Sí	No	Sí	3.38
21	Sí	No	Sí	3.38
22	No	Sí	Sí	6.38
23	Sí	No	Sí	3.38

Continuación de tabla XXX.

24	Sí	No	Sí	3.38
25	Sí	No	Sí	3.38
26	Sí	No	Sí	3.38
27	Sí	No	Sí	3.38
28	No	Sí	Sí	6.38
29	Sí	No	Sí	3.38
30	Sí	No	Sí	3.38
31	Sí	No	Sí	3.38
32	Sí	No	Sí	3.38
33	Sí	No	Sí	3.38
34	No	Sí	Sí	6.38
35	Sí	No	Sí	3.38
36	No	Sí	Sí	6.38
37	Sí	No	Sí	3.38
38	Sí	No	Sí	3.38
39	Sí	No	Sí	3.38
40	Sí	No	Sí	3.38
41	Sí	No	Sí	3.38
42	No	Sí	Sí	6.38
43	Sí	No	Sí	3.38
44	Sí	No	Sí	3.38
45	Sí	No	Sí	3.38
46	No	Sí	Sí	6.38
47	Sí	No	Sí	3.38
48	No	Sí	Sí	6.38
49	Sí	No	Sí	3.38
50	Sí	No	Sí	3.38
51	Sí	No	Sí	3.38
52	Sí	No	Sí	3.38
53	Sí	No	Sí	3.38
54	No	Sí	Sí	6.38
55	Sí	No	Sí	3.38
56	Sí	No	Sí	3.38
57	Sí	No	Sí	3.38
58	No	Sí	Sí	6.38
59	Sí	No	Sí	3.38
60	Sí	NO	Sí	3.38
61	Sí	No	Sí	3.38
62	Sí	No	Sí	3.38
63	Sí	No	Sí	3.38

Continuación de tabla XXX.

64	No	Sí	Sí	6.38
65	Sí	No	Sí	3.38
66	No	Sí	Sí	6.38
67	Sí	No	Sí	3.38
68	Sí	No	Sí	3.38
69	Sí	No	Sí	3.38
70	No	Sí	Sí	6.38
71	Sí	No	Sí	3.38
72	Sí	No	Sí	3.38
73	Sí	No	Sí	3.38
74	Sí	No	Sí	3.38
75	Sí	No	Sí	3.38
76	No	Sí	Sí	6.38
77	Sí	No	Sí	3.38
78	No	Sí	Sí	6.38
79	Sí	No	Sí	3.38
80	Sí	No	Sí	3.38
81	Sí	No	Sí	3.38
82	Sí	No	Sí	3.38
83	Sí	No	Sí	3.38
84	No	Sí	Sí	6.38
85	Sí	No	Sí	3.38
86	Sí	No	Sí	3.38
87	Sí	No	Sí	3.38
88	No	Sí	Sí	6.38
89	Sí	No	Sí	3.38
90	No	Sí	Sí	6.38
91	Sí	No	Sí	3.38
92	Sí	No	Sí	3.38
93	Sí	No	Sí	3.38
94	Sí	No	Sí	3.38
95	Sí	No	Sí	3.38
96	No	Sí	Sí	6.38
97	Sí	No	Sí	3.38
98	Sí	No	Sí	3.38
99	Sí	No	Sí	3.38
100	Sí	No	Sí	3.38
101	Sí	No	Sí	3.38
102	No	Sí	Sí	6.38
103	Sí	No	Sí	3.38

Continuación de tabla XXX.

104	Sí	No	Sí	3.38
105	Sí	No	Sí	3.38
106	No	Sí	Sí	6.38
107	Sí	No	Sí	3.38
108	Sí	No	Sí	3.38
109	Sí	No	Sí	3.38
110	Sí	No	Sí	3.38
111	Sí	No	Sí	3.38
112	No	Sí	Sí	6.38
113	Sí	No	Sí	3.38
114	Sí	No	Sí	3.38
115	Sí	No	Sí	3.38
116	Sí	No	Sí	3.38
117	Sí	No	Sí	3.38
118	No	Sí	Sí	6.38
119	Sí	No	Sí	3.38
120	Sí	No	Sí	3.38
121	Sí	No	Sí	3.38
122	Sí	No	Sí	3.38
123	Sí	No	Sí	3.38
124	No	Sí	Sí	6.38
125	Sí	No	Sí	3.38
126	No	Sí	Sí	6.38
127	Sí	No	Sí	3.38
128	Sí	No	Sí	3.38
129	Sí	No	Sí	3.38
130	Sí	no	Sí	3.38
131	Sí	No	Sí	3.38
132	No	Sí	Sí	6.38
133	Sí	No	Sí	3.38
134	Sí	No	Sí	3.38
135	Sí	No	Sí	3.38
136	No	Sí	Sí	6.38
137	Sí	No	Sí	3.38
138	Sí	No	Sí	3.38
139	Sí	No	Sí	3.38

Continuación de tabla XXX.

140	Sí	No	Sí	3.38
141	Sí	No	Sí	3.38
142	No	Sí	Sí	6.38
143	Sí	No	Sí	3.38
144	No	Sí	Sí	6.38
145	Sí	No	Sí	3.38
146	Sí	No	Sí	3.38
147	Sí	No	Sí	3.38
148	Sí	no	Sí	3.38
149	Sí	No	Sí	3.38
150	No	Sí	Sí	6.38
151	No	Sí	Sí	6.38
152	Sí	No	Sí	3.38
153	Sí	No	Sí	3.38
154	Sí	No	Sí	3.38
Total de agua empleado por conferencia (Litros)				628.52

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta un resumen de la tabla anterior:

Tabla XXXI. **Resumen de uso de fuentes de agua en una conferencia para el baño de caballeros**

Uso de mingitorio	118 veces
Uso de sanitario	36 veces
Uso de lavamanos	154 veces

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta una tabla de utilización de fuentes de agua para el baño de damas.

Tabla XXXII. **Uso de fuentes de agua en una conferencia para el baño de damas**

No. de persona	Uso de sanitario	Uso de lavamanos	Total de agua en litros
1	Sí	Sí	6.38
2	Sí	Sí	6.38
3	Sí	Sí	6.38
4	Sí	Sí	6.38
5	Sí	Sí	6.38
6	Sí	Sí	6.38
7	Sí	Sí	6.38
8	Sí	Sí	6.38
9	Sí	Sí	6.38
10	Sí	Sí	6.38
11	No	Sí	0.38
12	Sí	Sí	6.38
13	No	Sí	0.38
14	Sí	Sí	6.38
15	Sí	Sí	6.38
16	Sí	Sí	6.38
17	Sí	Sí	6.38
18	Sí	Sí	6.38
19	No	Sí	0.38
20	Sí	Sí	6.38
21	Sí	Sí	6.38
22	Si	Sí	6.38
23	Sí	Sí	6.38
24	Sí	Sí	6.38
25	No	Sí	0.38
26	No	Sí	0.38

Continuación de tabla XXXII.

27	Sí	Sí	6.38
28	Sí	Sí	6.38
29	No	Sí	0.38
30	Sí	Sí	6.38
31	Sí	Sí	6.38
32	Sí	Sí	6.38
33	Sí	Sí	6.38
34	Sí	Sí	6.38
35	Sí	Sí	6.38
36	Sí	Sí	6.38
37	No	Sí	0.38
38	Sí	Sí	6.38
39	Sí	Sí	6.38
40	Sí	Sí	6.38
41	Sí	Sí	6.38
42	Sí	Sí	6.38
43	Sí	Sí	6.38
44	Sí	Sí	6.38
45	No	Sí	0.38
46	Sí	Sí	6.38
47	Sí	Sí	6.38
48	Sí	Sí	6.38
49	Sí	Sí	6.38
50	No	Sí	0.38
51	Sí	Sí	6.38
52	Sí	Sí	6.38
53	Sí	Sí	6.38
54	Sí	Sí	6.38
55	Sí	Sí	6.38
56	Sí	Sí	6.38
57	Sí	Sí	6.38
58	Sí	Sí	6.38
59	No	Sí	0.38
60	Sí	Sí	6.38

Continuación de tabla XXXII.

61	Sí	Sí	6.38
62	Sí	Sí	6.38
63	Sí	Sí	6.38
64	Sí	Sí	6.38
65	No	Sí	0.38
66	Sí	Sí	6.38
67	No	Sí	0.38
68	Sí	Sí	6.38
69	Sí	Sí	6.38
70	Sí	Sí	6.38
71	Sí	Sí	6.38
72	Sí	Sí	6.38
73	Sí	Sí	6.38
74	No	Sí	0.38
75	Sí	Sí	6.38
76	Sí	Sí	6.38
77	No	Sí	0.38
78	Sí	Sí	6.38
79	No	Sí	0.38
80	No	Sí	0.38
81	Sí	Sí	6.38
82	Sí	Sí	6.38
83	Sí	Sí	6.38
84	Sí	Sí	6.38
85	No	Sí	0.38
86	Sí	Sí	6.38
87	No	Sí	0.38
88	Sí	Sí	6.38
89	No	Sí	0.38
90	Sí	Sí	6.38
91	Sí	Sí	6.38
92	Sí	Sí	6.38

Continuación de tabla XXXII.

93	Sí	Sí	6.38
94	Sí	Sí	6.38
95	Sí	Sí	6.38
96	Sí	Sí	6.38
Total de agua empleado por conferencia (Litros)			498.48

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta un resumen de la tabla anterior

Tabla XXXIII. Resumen de uso de fuentes de agua en una conferencia para el baño de damas

Uso de sanitario	78 veces
Uso de lavamanos	96 veces

Fuente: elaboración propia.

De manera que $628.52 + 498.48 = 1127$ litros de consumo en los servicios sanitarios por cada conferencia, y aproximadamente se dan de 4 a 7 conferencias por mes en todo el año.

3.6. Sistema de rotulación

A continuación se presentan algunos rótulos que pueden ser colocados en las fuentes de agua para concientizar su aprovechamiento eficiente.

Figura 63. **Rótulos para el aprovechamiento eficiente del agua**



Fuente: <http://bc-learning.com/dietas/4460/consejos-para-cuidar-y-ahorrar-el-agua.html?lang=es>. Consulta: 20 de mayo de 2012.

A continuación se presentan frases que pueden ser utilizadas para el uso eficiente del agua. Pon una botella de agua dentro del tanque del inodoro, permitirá ahorrar hasta 2 litros de agua cada vez que se tire la cadena. Al lavarse las manos, se debe cerrar la llave mientras se refriegan con jabón.

Evitar jalar la cadena más de lo necesario, cada vez que se hace, son 15 litros de agua consumidas. El simple goteo de un caño puede desperdiciar hasta 675 litros diarios. Lavarse los dientes con un vaso de agua, si se deja correr agua por un periodo de cinco minutos, se perderán 10 litros de agua. Un inodoro en mal estado puede perder hasta 5 mil litros de agua.

Si se tiene un pequeño jardín, evitar regarlo en exceso. Debe regarse interdiario en verano y en invierno en las primeras horas de la mañana y una vez a la semana.

Figura 64. **Rótulos de cierre la llave, el agua es vida**



Fuente: <http://educacionculturaldelagua.blogspot.com/2010/04/cuidemos-el-agua.html>.

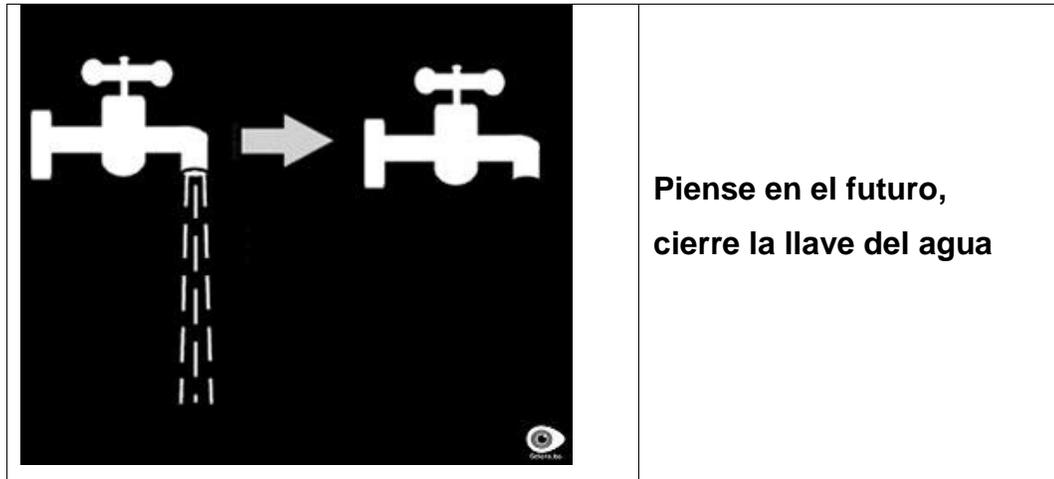
Consulta: 20 de mayo de 2012.

Figura 65. **Rótulos de acciones que contribuyen al aprovechamiento eficiente del agua**



Fuente: <http://yara-cuidadodelagua.blogspot.com/>. Consulta: 20 de mayo de 2012.

Figura 66. **Rótulo de piense en el futuro, cierre la llave del agua**



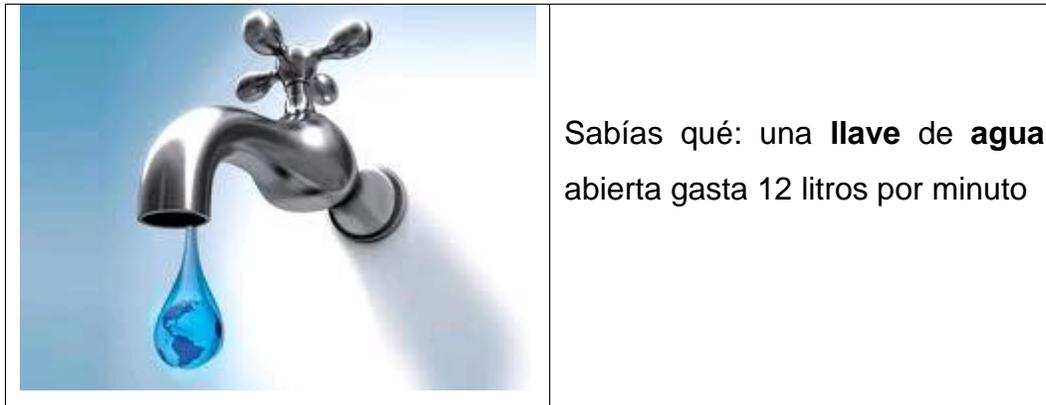
Fuente: <http://www.hotelaranjuez.com/espanol/keepPlanet.html>. Consulta: 20 de mayo de 2012.

Figura 67. **Yo también ahorro agua**



Fuente: http://ecomadres.blogspot.com/2009_10_01_archive.html. Consulta: 20 de mayo de 2012.

Figura 68. **Rótulo de ¿sabías qué?**



Fuente: <http://www.ecocaracas.org.ve/page.php?id=26>. Consulta: 20 de mayo de 2012.

3.7. **Mantenimiento del sistema de agua**

El mantenimiento requerido por la red de distribución de agua potable dentro del edificio Iglú, generalmente es correctivo y no se requiere demasiado tiempo para llevarlo a cabo. Sin embargo se dará un tiempo aproximado de recambio de piezas:

- Cambiar los empaques de llaves de paso de lavamanos cada 2 años
- Cambiar las mangueras de alimentación de los sanitarios y lavabos cada 5 años
- Cambiar las asentaderas de los sanitarios cada 4 años
- Cambiar la red de tubería de todo el edificio cada 20 años
- Cambiar los sanitarios y lavamanos cada 25 años.

Mantenimiento del sistema Duo Dica: limpiar el cedazo cada 3 o 6 meses (según el uso) para eliminar partículas que obstruyan la entrada del agua.

3.8. Inventario de fuentes de agua dentro de los edificios

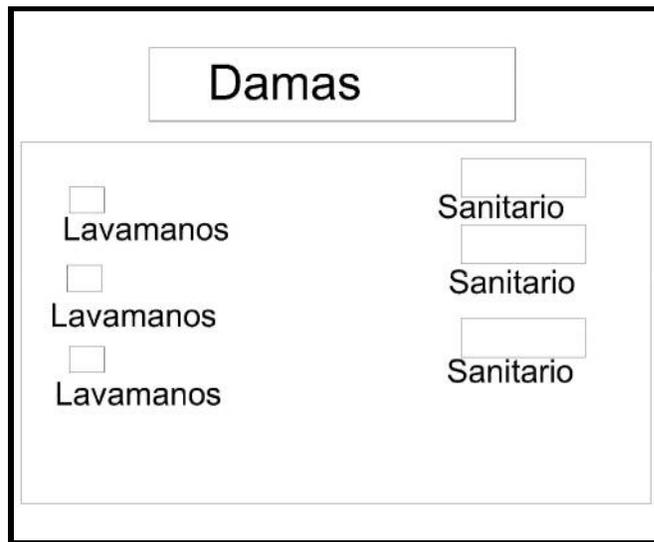
Inventario de fuentes de agua en el Iglú: la mayor cantidad de fuentes de agua se encuentran en los baños, teniendo en el baño de caballeros un total de 3 sanitarios, 3 mingitorios y 2 lavamanos. En el baño de damas se tienen 3 sanitarios y 3 lavamanos. A continuación se muestra el bosquejo.

Figura 69. **Bosquejo de inventario de fuentes de agua para el baño de caballeros**



Fuente: elaboración propia.

Figura 70. **Bosquejo de inventario de fuentes de agua para el baño de damas**



Fuente: elaboración propia.

Horarios de uso de fuentes de agua en el Iglú; cuando el auditorium Iglú no tiene actividad programada, el acceso al edificio es restringido, y tomando en cuenta que las actividades que se realizan tienen una duración de 2 a 3 horas, entonces solo queda determinar el número de actividades que se realizan durante un mes promedio, para poder calcular la disponibilidad de los sanitarios al público.

3.9. Mecanismos y sistemas de ahorro de agua

Propuesta de equipo de ahorro de agua en el sistema de alimentación de agua de las instalaciones del Iglú: a continuación se detallan los equipos, sistemas o dispositivos que se planea adquirir para implementar el ahorro de

agua en el edificio Iglú. Sistema Duo Dica: este se utiliza en sanitarios; permite realizar descargas de agua para eliminar sólidos o líquidos.

Cuando se desea eliminar líquidos, la descarga de agua es menor que cuando se pretende eliminar sólidos. El precio de este sistema es de Q132.80 en Instalaciones Modernas. Este es un sistema de descarga de 3 y 6 litros.

El sistema Dúo reemplaza el mecanismo de la taza tradicional, convirtiéndolo en uno que ahorra agua con su sistema de doble descarga. Este se compone de:

- Válvula de llenado regulable
- 1 válvula de descarga controlable

Permite al usuario, mediante su botón de doble acción, descargar 3 litros para líquidos (moderada) y 6 litros para sólidos (completa).

Los beneficios son:

- Ahorro del 80 % en descarga para líquidos y del 37 % en descargas para sólidos
- Por su material, no produce óxido ni sarro
- El llenado es rápido y silencioso
- Se puede ajustar tanto el nivel de llenado como el de descarga
- Sistema “cero fugas”, al quitar el sapo
- Incluye todo lo necesario para su instalación
- Para presión alta y baja
- Garantía de 5 años

El mantenimiento requiere únicamente de limpiar el cedazo cada 3 o 6 meses (según el uso) para eliminar partículas que obstruyan la entrada del agua.

A continuación se presenta una figura que ilustra este sistema:

Figura 71. **Sistema dúo Dica**



Fuente: http://www.surtidor.com/surtidor/index.php?page=shop.browse&category_id=4623&option=com_phpshop&Itemid=57. Consulta: 12 de mayo de 2012.

La llave para lavamanos TV120 tiene la finalidad de utilizar una cantidad determinada de agua, ya que cuenta con un mecanismo de cierre de válvula automático. El precio es de Q945.00 por unidad, en Instalaciones Modernas.

Figura 72. **Llave para lavamanos TV120**



Fuente: <http://www.gilsa.com/productos/llave-economizadora-tv-120.html>. Consulta: 20 de mayo de 2012.

Al utilizar la llave para lavamanos con sensor automático HIDR, el flujo de agua se activa cuando se detecta presencia de calor generada por las manos del usuario; su ahorro de agua es mayor que la llave anterior. El precio es de Q1903.81 en Instalaciones Modernas. A continuación se muestra una imagen y especificaciones para este equipo.

Figura 73. **Llave para lavamanos con sensor automático**



Fuente: <http://www.solostocks.com.mx/venta-productos/construccion/accesorios-cocinas-banos:14>. Consulta: 20 de mayo de 2012.

Grifo monomando con temporizador para lavabo para uso profesional, estilo contemporáneo, 1.0 GPM, descarga continua de 10 segundos, baños más limpios y gran ahorro de agua, revolucionario sistema EcoPower de energía hidráulica autogenerada.

Inodoro Delux A815 NIÁGARA (FS); el mecanismo innovador en este inodoro es que cuenta con 2 chorros de descarga posicionados de manera conveniente, permitiendo que sea menor la descarga de agua. El precio es de Q1008.99 en Instalaciones Modernas. A continuación se muestra una imagen y especificaciones de este equipo.

Figura 74. **Inodoro Delux A815 NIÁGARA**



Fuente: <http://www.casasanitarios.com/node/79>. Consulta: 12 de mayo de 2012.

Es un sanitario alargado de una sola pieza, 6 litros por descarga, sistema de descarga Vorte-X, sifón *jet* de operación silenciosa, alto desempeño, manija lateral, espejo de agua de: 222 mm X 235 mm, *rough-ing* 12" (distancia de instalación de la pared al centro de descarga), altura de la taza: 387 mm, asiento incluido, 10 años de garantía en la cerámica, 1 año de garantía limitada en los herrajes del tanque, cumple o excede los estándares internacionales ANSI, CSA y NOM.

Los fluxómetros tanto para mingitorios como para inodoro, son dispositivos que realizan las descargas de forma automática, haciendo notar una ambiente de progreso tecnológico orientado al cuidado del planeta. El precio es de Q. 7 494,37 en Instalaciones Modernas. A continuación se muestra una imagen y especificaciones.

Figura 75. **Fluxómetro**



Fuente:http://egadistribuidores.com/catalogo/index.php?main_page=product_info&products_id=128. Consulta: 20 de mayo de 2012.

Detalles:

- Mecanismo descarga con manija
- *Spud* de 19 mm, descarga
- 2 a 3 litros por accionamiento
- Color cromo

En los baños de caballeros se instalarán fluxómetros, 3 para mingitorios y 3 para inodoros, en total 6; adicional, también se instalarán 2 llaves para lavamanos con sensor automático HIDR; entonces el costo total es de:

$$Q. 7\,494,37 \times 6 + Q. 1\,903,81 \times 2 = Q. 48\,773,84$$

En los baños de damas se instalarán 3 fluxómetros y 2 llaves para lavamanos con sensor automático HIDR; entonces el costo total es de:

$$Q. 7\,494,37 \times 3 + Q. 1\,903,81 \times 2 = Q. 26\,290,73$$

3.10. Reducción del consumo en las labores de limpieza

Durante las labores de limpieza como por ejemplo lavar vehículos, paredes y demás objetos, se debe utilizar esponjas de agua y cubetas, en vez de aplicar directamente la manguera, aunque sí se puede usar la manguera para ahorrarse el viaje con la cubeta llena de agua, o posiblemente colocar grifo a la manguera. La Universidad de San Carlos de Guatemala cuenta con pozo propio para el abastecimiento de agua de todo el campus central; las actividades que incluyen consumo de agua en el Iglú son:

- Descarga de agua en el sanitario para la eliminación de desechos líquidos: para obtener menor consumo de agua en esta actividad se procederá a instalar los sanitarios que se mencionan anteriormente.
- Descarga de agua en el sanitario para la eliminación de desechos sólidos: de la misma manera que en el párrafo anterior, se instalará un sanitario ahorrador de agua.
- Descarga de agua en el lavabo para limpiar las manos: se instalarán grifos ahorradores de agua.
- Consumo de agua para el riego de las áreas verdes: debe procurarse que esta actividad se realice en horarios donde el calor generado por el sol en la superficie de la tierra no sea demasiado fuerte para evitar fugas por

evaporación; es decir antes de las 8 de la mañana y después de las 5 de la tarde.

- Consumo de agua para limpiar los pasillos exteriores: de preferencia utilizar cubeta en vez de manguera para realizar la descarga de agua; aunque puede utilizarse manguera para llenar la cubeta en el lugar donde se necesita.
- Consumo de agua para efectuar limpieza dentro de los baños y el Iglú propiamente dicho: para economizar agua en labores de limpieza, se sugiere utilizar un mecanismo llamado fregona como lo muestra la siguiente figura, ya que se esta manera se tiene un ahorro aproximado del 30 %.

Figura 76. **Fregona**



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Fregona>. Consulta: 20 de mayo de 2012.

3.11. Identificación del consumo con sistemas de ahorro

El consumo con los nuevos sistemas de agua será calculado de acuerdo con las especificaciones de los equipos; para los lavamanos con sensor automático se tiene que genera un flujo continuo durante 10 segundos, pero como el flujo promedio ya se midió y se sabe que es de 31,82 mililitros por segundo, entonces el volumen utilizado es de $31,82 \times 10 = 318,2$ mililitros; transformado a litros sería de 0,32 litros por usuario.

Para los fluxómetros, se tiene que las especificaciones indican que por cada descarga ya sea en urinal o en sanitario, es de 2,5 litros.

Entonces se deben tomar los datos de la tabla utilizada para el cálculo de consumo de agua en la situación actual. En la tabla siguiente se muestra el cálculo de consumo de agua para el baño de caballeros:

Tabla XXXIV. **Consumo total de agua con el sistema propuesto para el baño de caballeros**

Actividad	Número de rutinas	Consumo propuesto(litros)
Uso de mingitorio	118 veces	$2,5 \times 118 = 295$
Uso de sanitario	36 veces	$2,5 \times 36 = 90$
Uso de lavamanos	154 veces	$0,32 \times 154 = 49,28$
Total		434,28

Fuente: elaboración propia.

En la tabla siguiente se muestra el cálculo de consumo de agua para el baño de damas:

Tabla XXXV. **Consumo total de agua con el sistema propuesto para el baño de damas**

Actividad	Número de rutinas	Consumo propuesto(litros)
Uso de sanitario	78 veces	$2,5 \times 78 = 195$
Uso de lavamanos	94 veces	$0,32 \times 94 = 30,08$
Total		225,08

Fuente: elaboración propia.

Entonces $434,28 + 225,08 = 659,36$ litros de consumo por conferencia, con el método propuesto.

3.12. Ahorro total por año

Ahora se procederá a realizar el cálculo de consumo anual con el sistema actual y con el sistema propuesto para el ahorro, se tiene que se dan entre 4 y 7 conferencias por mes; entonces se tomará un promedio que sería $(4+7) \div 2 = 5,5$ aproximadamente igual a 6 conferencias por mes. Consumo anual con el sistema actual: $1\ 127 \times 6 \times 12 = 81\ 144$ litros por año.

Consumo anual con el sistema propuesto: $659,36 \times 6 \times 12 = 47\ 473,92$ litros por año. Entonces el ahorro está dado por: $81\ 144 - 47\ 473,92 = 33\ 670,08$ litros por año.

3.13. Costo de la propuesta

- Baños de caballeros: en estos baños se instalarán fluxómetros, 3 para mingitorios y 3 para inodoros, en total 6; adicional también se instalarán 2 llaves para lavamanos con sensor automático HIDR, entonces el costo total es de: $7\,494,37 \times 6 + 1\,903,81 \times 2 = \text{Q. } 48\,773,84$.
- Baños de damas: en estos se instalarán 3 fluxómetros y 2 llaves para lavamanos con sensor automático HIDR; entonces el costo total es de $7\,494,37 \times 3 + 1\,903,81 \times 2 = \text{Q. } 26\,290,73$.

De manera que en total se tienen:

$$\text{Q. } 48\,773,84 + \text{Q. } 26\,290,73 = \text{Q. } 75\,064,57.$$

3.14. Estrategia de capacitación

Respecto del curso de la acción a seguir para que el personal que hace uso del agua tenga los conocimientos necesarios para hacer posible el ahorro del vital líquido, se realizó una lluvia de ideas a través de la cual se generaron las siguientes capacitaciones formales a través de presentaciones:

- El uso doméstico del agua
- Consumo de agua por persona por día
- El uso del agua en la industria
- Reducción del consumo en las labores de riego y jardín
- Contaminación de aguas residuales

Las conferencias estarán dirigidas a todo el personal operativo y demás usuarios de las instalaciones del Iglú. La metodología será proporcionar conferencias en las que se pedirá comentarios sobre cada diapositiva a los participantes y al final se evaluará el grado de conocimientos adquiridos.

Los recursos necesarios serán: 1 salón de clases, una cañonera y una computadora; se destinará una hora por conferencia. Los responsables serán el jefe de proyectos de la división de servicios generales, quien podrá contar con el apoyo de estudiantes universitarios que realicen prácticas supervisadas. Dichas capacitaciones se pueden impartir una cada mes y como un agregado, se puede pedir a los participantes que aporten ideas de mejoras.

4. FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN

4.1. Planificación de temas a tratar

Dentro de las actividades que se requiere realizar por parte del personal en un auditorium como el Iglú están:

- Trabajo en equipo: ya que en muchas ocasiones sucede que, dentro de un mismo grupo de trabajo se generan discordancias que dan lugar a retrasos en las tareas programadas.
- Manejo de sistemas de aire acondicionado: se pretende instalar un sistema de aire acondicionado, por lo que el manejo de sistemas de aire acondicionado es importante dentro de los conocimientos que deben tener las personas que laboran dentro del Iglú.
- Medidas de prevención ante desastres naturales: dentro de las medidas de prevención que planea tratar, se ha incluido únicamente ante desastres naturales, ya que es el de mayor riesgo en Guatemala; se incluyen 3 fases: antes, durante y después.

4.1.1 Entrevistas con el encargado del personal de administración del Iglú

Al dialogar con el encargado del personal del Iglú, él se mostró colaborador para que las personas que laboran en ese lugar, pudieran recibir la capacitación.

Se le explicó que serían 3 capacitaciones, una de aire acondicionado, otra de trabajo en equipo y la tercera respecto de gestión de riesgo; no hubo ningún problema y hasta manifestó que si disponía de tiempo, también asistiría.

4.2. Recolección de información acerca de los temas a tratar

Teoría de los desastres: se define desastre como la consecuencia de un suceso, en la mayoría de los casos en forma repentina, que causa graves daños, altera las condiciones normales y sobrepasa la capacidad local de respuesta para el pronto retorno a la normalidad. Los desastres se clasifican en:

- Fenómenos naturales: son todos aquellos ocasionados por la fuerza de la naturaleza, previsible o no. Se dividen en:
 - Hidrometeorológicos, como inundaciones, represamientos, huracanes, vendavales, tempestades, maremotos, y sequías.
 - Geológicos, como sismos, erupciones volcánicas, derrumbes, deslizamientos, licuación y avalanchas.
- Fenómenos antrópicos: son ocasionados por la acción voluntaria o involuntaria del hombre, por ejemplo incendios, accidentes sanitarios, guerra, subversión y daños al medio ambiente

Análisis y estudios han demostrado una sucesión constante que conlleva una relación de cada una de las fases en que se encuentra clasificado el comportamiento y manejo de los desastres. Acorde con ello, se maneja el siguiente ciclo de los desastres:

Tabla XXXVI. **Fases de los desastres**

FASE 1 : “antes”	Etapa de prevención, etapa de mitigación, etapa de preparación y etapa de alerta.
FASE 2 : “durante”	Etapa del impacto y etapa de respuesta.
FASE 3 : “después”	Etapa de rehabilitación y de reconstrucción.

Fuente: <http://www.pilos.com.co/prevencion-de-riesgos/teoria-de-los-desastres-gestion-del-riesgo/>. Consulta: 11 de mayo de 2012.

- Fase uno, “antes”: en esta fase se encuentran las actividades previas al desastre, la prevención, la mitigación, la preparación y la alerta.
- Fase dos, “durante”: se incluyen todas las operaciones para atender la calamidad, fases de impacto y respuesta, inmediatamente después de ocurrido el evento. Es la fase más calamitosa y traumática, razón por la cual concentra la atención de los medios de comunicación y de la comunidad internacional.
- Fase tres, “después”: comprende las actividades posdesastre, donde se adelanta todo el proceso de recuperación de la zona afectada. Alcanza las etapas de rehabilitación y reconstrucción; la primera es el lapso de transformación en el que se restablecen los servicios básicos para la sociedad y la segunda, consiste en la reparación de las instalaciones y la restauración del sistema productivo, hasta conseguir la normalidad.

Para un proceso eficaz de planificación, organización, dirección y control dirigido a la disminución de riesgos, la administración de desastres y a la recuperación postacontecimiento, es necesario manejar los conceptos principales que auxiliarán al progreso de las diligencias o la toma de medidas predichas para la prevención de los desastres. Una amenaza es el peligro oculto asociado a un fenómeno, que al suceder, causa efectos contraproducentes para las personas, los bienes y el medio ambiente, situados en el espacio hasta donde pueden llegar sus efectos.

La vulnerabilidad es el grado límite de resistencia de las instalaciones físicas y el estado de disposición de las personas para asimilar la potencia del impacto y las secuelas del evento infortunado, cuando este ocurra. Por ejemplo una sociedad que tiene y conoce su plan de contingencia, es menos vulnerable que otra que se desinteresa por su autoprotección. La vulnerabilidad se ve incrementada por lo siguiente: vecindad o exposición a la inminencia, capacidades y recursos, y marginalización.

Un análisis de vulnerabilidad es la acción que se realiza para efectos de pronosticar los efectos de un suceso sobre los elementos desplegados dentro de una superficie de alarma, en caso que la amenaza suceda.

Al descenso de la vulnerabilidad se le conoce como mitigación y son todas las operaciones destinadas a ampliar la firmeza de las instalaciones al ímpetu del impacto, influir en la propia amenaza para canalizar sus efectos, instalación de acertados sistemas de alerta, instruir a la población para que conozcan los efectos del realizable evento catastrófico, crearle conciencia de riesgo y educar para actuar frente a las amenazas. El riesgo es la probabilidad de aventajar un valor determinado de daños.

La prevención se enmarca dentro de la disposición prevista de los mecanismos que impidan un riesgo. La prevención trata una serie de procesos precisos para su culminación, estos son: proceso formativo, de investigación, educativo, de manejo responsable, de manejo de programas, de organización estructural y proceso de montaje de infraestructura técnica.

La esencia de una instalación de aire acondicionado es conservar una zona en circunstancias exclusivas, incomparables con las exteriores. Fundamentalmente depende de condiciones de temperatura y humedad. Para conservar esas condiciones es preciso el intercambio energético, a través de un equipo acondicionador, que añada o extraiga calor del ambiente.

El balance térmico es el conjunto de cálculos que se efectúan para establecer la capacidad de los dispositivos y desarrollo de la instalación de aire acondicionado.

Las condiciones de diseño se dividen en interiores y exteriores. Los primeros parámetros que se proyecta regular en las instalaciones de aire acondicionado son: temperatura, humedad, velocidad y pureza. Según diagramas de *comfort* realizados por organizaciones especialistas, la humedad varía entre el 30 % y el 70 % aproximadamente, y en cuanto a la temperatura, entre 20 y 27 °C.

La temperatura es el parámetro vital a controlar en las instalaciones de aire acondicionado; pueden considerarse los siguientes valores: en invierno de 18 a 22 °C y en verano de 23 a 27 °C. Pueden establecerse como límites de la humedad relativa, entre 30 % y 70 %; el valor es de 50 %, idealmente.

Siempre es útil un pequeño movimiento de aire. El flujo del aire sobre el cuerpo humano amplía la disipación de calor. La velocidad ideal se encuentra de 0,1 a 0,2 m/s. La pureza se ve afectada en particular por partículas en suspensión, contaminantes gaseosos y olores.

Las ganancias de calor por persona están en función de la circunstancia interior y fundamentalmente el grado de esfuerzo físico que realiza el individuo. En relación con la ganancia por iluminación, la carga de calor será el total de la potencia eléctrica que se tiene como desperdicio, debido a la imperfección de los aparatos.

Los equipos generalmente traen en el manual del fabricante la cantidad de energía que se disipa en el ambiente en forma de calor; en caso contrario, se tienen que tomar muestras con dispositivos especiales para poder calcular la energía disipada.

Al determinar la carga de calor por flujo de material, debe conocerse el tipo de material en cuestión, su calor específico, y las temperaturas de ingreso y egreso, así como el total de masa que transita por unidad de tiempo.

Trabajo en equipo: nuevas directrices profesionales y la necesidad de reducir costos, llevan a las compañías a pensar en los equipos como una forma de trabajo normal. Mantener el triunfo en las organizaciones demanda competencias prácticamente imposibles de encontrar en un único individuo.

Al concluir el siglo XIX hasta el principio de este siglo, el movimiento del *management* científico fue la ideología de las organizaciones, distinguido por los avances de Taylor, Fayol, etc. Dichos ensayistas notables se complacieron con una idea de la motivación la cual era el punto de partida.

Sugestionados en el principio de hedonismo, tan interesante para los economistas liberales, según el cual los hombres trataban de obtener el máximo placer a cambio de un minúsculo esfuerzo.

En el año 1925, nace la Escuela de Relaciones Humanas generando un nuevo lenguaje en la administración; motivación, liderazgo, comunicación y organización informal, autoridad, jerarquía, o racionalización de trabajo, pasan a convertirse en conceptos pasados de moda. En toda organización es esencial un equipo establecido por sus miembros. Desde su origen, el compromiso primordial que se establece entre sus integrantes es el de trabajar en conjunto; dicho de otra manera, mantener un equipo de trabajo. El trabajo en equipo representa la serie de estrategias, rutinas y métodos que utiliza un grupo de personas para alcanzar las metas planteadas.

Características del trabajo en equipo:

- Integración coordinada de funciones desarrolladas por diferentes individuos.
- Para su ejecución requiere que las tareas sean compartidas por sus miembros.
- Necesita que las acciones se realicen en forma coordinada.
- Requiere que los programas que se planean en equipo se dirijan a un objetivo común.

Distintos aspectos son necesarios para un conveniente trabajo en equipo, los más importantes son: liderazgo efectivo, promover canales de comunicación y existencia de un ambiente de trabajo armónico.

Para que un grupo se transforme en un equipo, es preciso colaborar con un proceso en el cual se busquen y elaboren aspectos relacionados con los siguientes conceptos: cohesión, asignación de roles y normas, comunicación, definición de objetivos e interdependencia. Condiciones que deben reunir los miembros del equipo:

- Capacidad para establecer relaciones satisfactorias con los integrantes del equipo
- Ser leales
- Tener espíritu de autocrítica y de crítica constructiva
- Sentido de responsabilidad
- Capacidad de autodeterminación, optimismo, iniciativa y tenacidad
- Inquietud de perfeccionamiento, para la superación

En relación con las pautas de gestión de los líderes de equipo, un líder debe ser una persona sosegada, equilibrada y que se preocupe por su tarea; su comportamiento debe responder a las siguientes pautas: iniciación, representación, integración, organización, dominio, comunicación, reconocimiento y producción.

Desarrollando equipos: todos necesitan saber que están en el equipo por una razón específica y que su contribución es valiosa. Para conmovir a un equipo, debe hacerse que los participantes documenten sus ideas y estrategias para crear el producto final. Luego se debe reunir a todos para discutir sus ideas y llegar a un plan común.

Los procedimientos para después de identificado el problema encontrar las soluciones, consisten en optimizar la mejor de estas y decidir cuál es la más adecuada; encontrar los caminos que orientan al equipo sobre cómo debe trabajar, y que le indican la ruta a seguir, pues facilitan la obtención de los objetivos a lograr; así también las maneras sistematizadas de organizar y desarrollar las actividades del equipo, y los métodos empleados en escenarios grupales, buscando la interacción de todos los miembros de un equipo, a fin de alcanzar los objetivos formulados.

Los equipos de trabajo deben ser formados por personas con forma de pensar y actuar distintas; cada uno de los miembros del equipo debe generar ideas distintas para que las decisiones que tome la organización sean las mejores. Cuando surgen discrepancias se crean propuestas y soluciones más creativas; es algo similar a un equipo de fútbol. Cada uno ocupa un puesto diferente (defensa, volante, delantero), pero todos dirigen sus energías hacia la consecución de una meta en común; no hay lugar para el intolerante.

Entre las estrategias que fomentan el trabajo en equipo están: compartir toda la información para que el equipo funcione, crear un ambiente de trabajo atractivo y definir claramente el tiempo para conquistar la meta. Entre los requisitos para el trabajo en equipo están: buena comunicación interpersonal, equipo concentrado en la obra, puntualizar la organización, establecer la situación a trabajar, interés por alcanzar el objetivo, crear un clima democrático, ejercitar el consenso en la toma de decisiones y la disposición a colaborar y a intercambiar conocimientos y destrezas.

Aprender a trabajar de forma efectiva como equipo requiere tiempo, dado que se han de adquirir habilidades y capacidades especiales necesarias para el desempeño armónico de la labor.

Los miembros del equipo deben ser capaces de gestionar su tiempo para llevar a cabo su trabajo habitual, además de participar en las actividades del equipo; alternar fácilmente entre varios procesos de pensamiento para tomar decisiones y resolver problemas, y comprender el proceso de toma de decisiones comunicándose eficazmente para negociar las diferencias individuales.

Dos cabezas piensan mejor que una, tres mejor; para que el equipo funcione correctamente, es necesario tener claro lo que se quiere lograr, reconocer qué labores puede desarrollar cada uno de sus miembros. Es así como un equipo descubre para qué son buenos sus integrantes, teniendo como resultado que funcione bien el equipo de trabajo.

Entre los beneficios del trabajo en equipo se encuentran: se disminuye la carga de trabajo de cada uno de los miembros, ya que los demás también colaboran; se tienen mejores resultados, ya que existen más personas pendientes de un mismo trabajo; se aprende a escuchar y respetar a los demás; existe una mejor organización y se mejora la calidad de procesos y productos.

4.3. Planificación de capacitaciones

Dentro de la programación para la realización de las capacitaciones se tiene previsto empezar hablando acerca de la importancia que tiene cada una; luego explicar cada una de las diapositivas y realizar una o dos preguntas acerca de la información que proporciona dicha diapositiva; al final de la presentación se hará una prueba escrita que constará de 10 preguntas y después habrá una refrigerio.

El horario de la capacitación se eligió de 12:00 a 13:00 horas, los días 1, 2 y 3 de febrero de 2012, ya que en ese espacio de tiempo tienen asignado el almuerzo las personas que recibirán la capacitación; tomando en cuenta que ellos fueron quienes lo sugirieron de esta manera. A continuación se muestra la programación de las capacitaciones.

La capacitación que se proporcionará será de desarrollo, ya que la finalidad es que el recurso humano desempeñe una nueva tarea en el trabajo, como la gestión de riesgo. Los temas a tratar son decididos junto con el personal a través de una lluvia de ideas con lo que se generó lo siguiente:

- Trabajo en equipo, ya que es necesario debido a los malos entendidos que surgen en el trabajo.
- Manejo de sistemas de aire acondicionado, tema que es de gran importancia debido al equipo que será instalado próximamente para crear un ambiente de *confort* dentro del edificio Iglú.
- Medidas de prevención ante desastres naturales, la cual es necesaria debido a la probabilidad de siniestro dentro de las instalaciones.

Las capacitaciones estarán dirigidas al personal operativo del Iglú, así como a todo usuario de las instalaciones.

Se proporcionarán conferencias en las que se pedirá comentarios de cada diapositiva a los participantes y al final se evaluará el grado de conocimientos adquiridos, a través de un cuestionario de 10 preguntas.

Los recursos necesarios serán: el salón de clases, una cañonera y una computadora; así como una hora por conferencia. El responsable será el jefe de proyectos de la División de Servicios Generales, quien podrá contar con el apoyo de estudiantes universitarios que realicen prácticas supervisadas. Se planificó la capacitación para los días 1, 2 y 3 de febrero de 2012, pero se puede programar para que se impartan periódicamente a inicios de cada semestre.

Tabla XXXVII. **Programación de capacitaciones**

Actividad	Tiempo	Personas	Capacitación	Fecha
1	1 hora	2	Trabajo en equipo	1 de febrero de 2012
2	1 hora	2	Manejo de sistemas de aire acondicionado	2 de febrero de 2012
3	1 hora	2	Medidas de prevención ante desastres naturales	3 de febrero de 2012

Fuente: elaboracion propia.

4.3.1. Realización de presentaciones

La presentaciones se realizaron los días 1, 2 y 3 de febrero de 2012, tal como estaba previsto; como se puede observar, algunos días se tuvo que realizar la presentación sin proyector, ya que tenía desperfectos; la asistencia fue baja debido a que el Iglú no tiene asignado mucho recurso humano; por parte de los alumnos hubo interés y colaboración para que las capacitaciones se llevaran a cabo.

Figura 77. **Capacitación realizada**



Fuente: segundo nivel del edificio T-3, Facultad de Ingeniería, USAC.

4.3.2. Determinación de las fechas en que se realizarán las capacitaciones

Se tiene previsto que cada una de las 3 capacitaciones se puede llevar a cabo en 1 hora cada una, incluyendo su respectiva prueba escrita.

Se llegó a un acuerdo con las personas que recibirán la capacitación, para realizarla cualquier día entre las 12:00 y 13:00 horas; se reservó el salón 213 en el edificio T-3 de la Facultad de Ingeniería, para los días 1, 2 y 3 de febrero de 2012.

4.3.3. Capacitación por grupos

Para la capacitación se tiene previsto dar exposiciones en grupos de 7 personas como máximo; se explicará cada diapositiva y antes de pasar a la siguiente se hará preguntas de manera verbal a individuos seleccionados al azar entre el público, para verificar que hubo un alto porcentaje de comprensión de la diapositiva explicada. Al final de cada exposición se pasará un examen con una serie de preguntas para determinar de forma más precisa la comprensión de la presentación.

4.4. Resultados de la capacitación

Al terminar cada una de las capacitaciones a los alumnos, se les pasó una prueba escrita las cuales contenían 10 preguntas; estas se presentan a continuación:

Tabla XXXVIII. Prueba de riesgo

Nombre: _____

Edad: _____

Fecha: _____

Capacitación de: _____

1. Mencione una máxima que hable por sí sola acerca de la teoría de los desastres _____
2. Defina desastre: _____
3. ¿Qué es un evento de origen antrópico:

4. Mencione algunos de los fenómenos naturales:

5. Mencione algunos de los fenómenos causados por el hombre:

6. ¿Cuáles son las fases de la gestión de riesgo:

7. Mencione 2 etapas de la fase 1:

8. ¿Cuáles son las 2 etapas de la fase 2:

9. Mencione las 2 etapas de la fase 3:

10. ¿Qué es gestión de riesgo?
11. Mencione una máxima que hable por sí sola acerca de la teoría de los desastres

Fuente:elaboración propia.

Tabla XXXIX. Prueba sobre aire acondicionado

Nombre: _____

Edad: _____

Fecha: _____

Capacitación de: _____

<p>1. ¿Cuál es el objeto de una instalación de aire acondicionado?:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>2. ¿Cuáles son las condiciones de diseño interiores?:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>3. ¿Qué es <i>confort</i>?:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>4. ¿Qué es confort térmico?:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>5. ¿Cuál es la temperatura constante del cuerpo humano?:</p> <p>_____</p>
<p>6. ¿Qué cantidad de energía disipa una persona en reposo hacia el medio ambiente?:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>7. ¿Cuál es el promedio de superficie de piel que posee el cuerpo humano?:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>8. ¿Cuáles son los valores óptimos de temperatura en verano e invierno en ambientes de <i>confort</i>?:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>9. ¿Cuáles son los valores óptimos de humedad?:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>10. ¿Cuál es el rango de velocidad del aire ideal en ambientes de confort?:</p> <p>_____</p>

Fuente: elaboracion propia.

Tabla XL. Prueba sobre trabajo en equipo

Nombre: _____

Edad: _____

Fecha: _____

Capacitación de: _____

1. ¿Por quiénes fue caracterizado el movimiento *management* científico?:

2. ¿Qué significa hedonismo?:

3. ¿En qué año surge la escuela de relaciones humanas?:

4. ¿Qué nuevo lenguaje trajo la escuela de relaciones humanas?:

5. ¿Qué es equipo de trabajo?:

6. ¿Qué es trabajo en equipo?:

7. Mencione 2 aspectos necesarios para un adecuado trabajo en equipo:

8. Mencione 2 condiciones que debe reunir los miembros de un equipo:

9. ¿Qué tipo de líder es el mejor? _____
10. Menciones 2 pautas a las cuales debe responder el comportamiento del líder:

Fuente: elaboracion propia.

En la capacitación de riesgo se tiene como resultado que las personas que laboran dentro del Iglú puedan diferenciar entre un desastre natural y uno antrópico o provocado por el hombre, conocer el contenido de cada una de las etapas de un desastre (antes, durante y después), mantener la calma al momento de ocurrir un siniestro, evaluar de manera rápida y efectiva los pasos a seguir al momento de ocurrir un siniestro; ser un miembro clave en el restablecimiento del orden en la etapa llamada “después”, para que las cosas vuelvan a disposición natural.

Al concluir la capacitación de aire acondicionado se tendrá como resultado que los educandos sabrán cuáles son las condiciones de diseño de interiores, conocerán la definición de *comfort*, cuáles son los valores óptimos de temperatura y humedad, y cuál es el rango de velocidad del aire en ambientes de *comfort*.

Al concluir la capacitación de trabajo en equipo se tendrá como resultado que los estudiantes sabrán el proceso evolutivo del *management* científico, conocerán las condiciones que deben reunir los miembros de un equipo y habrán adquirido herramientas para desempeñarse mejor como equipo de trabajo.

CONCLUSIONES

1. La ganancia por radiación total es de 11 218,91 BTU/h y la ganancia de energía debido a la transmisión de calor es de 84 232,45 BTU/h por persona; la ganancia de calor sensible es de 80 115 BTU/h y la de calor latente es de 34 335 BTU/h; la ganancia de calor por iluminación es de 84165 BTU/h y el calor generado por equipo eléctrico es de 883,87 BTU/h; el calor sensible debido a ventilación es de 28776 BTU/h y el latente de 18 589,95 BTU/h; la carga de calor total es de 34,23 en toneladas de refrigeración, por lo que se utilizarán 7 equipos de 5 T.R; cada uno con un costo total asociado de Q. 93 700,00.
2. La cantidad de extintores que se necesita para implementar el proyecto de gestión de riesgo es de: 4 para el Iglú, 12 para el T-1, 8 para el T-2 y 8 para el M-2.
3. La cantidad de rótulos que se necesitan para implementar el proyecto de gestión de riesgo es de: 19 para el Iglú, 13 para el tercer nivel del T-1, 13 para el segundo nivel del T-1, 17 para el primer nivel del T-1, 13 para el segundo nivel del T-2, 18 para el primer nivel del T-2, 13 para el segundo nivel del M-2 y 17 para el primer nivel del M-2.
4. El costo de implementar el proyecto de gestión de riesgo en cada uno de los edificios es: para el Iglú, Q. 31 610,92; para el T-1, Q. 29342,05; para el T-2, Q. 17 022,08 y para el M-2 es de Q. 15 418,92.

5. La carga de ocupación del Iglú es de 327 personas; como la carga de ocupación máxima del Iglú es de 1 080 personas; al notar que el número de personas es mayor a 1 080, se debe evacuar el edificio inmediatamente; en relación con las modificaciones físicas, se debe cambiar la forma de abrir (hacia afuera) de las tres puertas y rejas del Iglú, instalar aproximadamente 100 metros de pasamanos en las gradas, realizar un relleno de 20 centímetros en la cavidad con forma de faja curva en la parte más baja, instalar 4 extintores, colocar señalización, e instalar 3 lámparas de emergencia

6. El T-1 cuenta con 3 niveles; para el tercer nivel la carga de ocupación es de 327 personas y la de ocupación máxima es de 644; para el segundo nivel es de 325 personas y la carga de ocupación máxima es de 539 personas; en el primer nivel es de 221 personas y la carga de ocupación máxima es 1020; para todo el edificio la carga de ocupación es de 873 personas y la carga de ocupación máxima es de 2 203 personas. Respecto de las modificaciones físicas, se propone instalar pasamanos, rótulos de señalización, lámparas de emergencia, extintores y una nueva salida en el primer nivel.

7. El T-2 cuenta con 2 niveles; por lo que para el segundo, la carga de ocupación es de 364 personas y la de ocupación máxima de 518; para el primer nivel la carga de ocupación es de 261 y la carga de ocupación máxima de 990 personas; para todo el edificio la carga de ocupación es de 625 personas y la carga de ocupación máxima de 1518. Respecto de las modificaciones físicas en el segundo nivel, se debe instalar pasamano, lámparas de emergencia, rótulos para señalización y extintores; para el primer nivel se tienen que instalar pasamanos, reparar

la puerta del sótano, rótulos de señalización, lámparas de emergencia y extintores.

8. El M-2 cuenta con 2 niveles; para el segundo nivel la carga de ocupación es de 143 personas y la carga de ocupación máxima es de 497; para el primer nivel la carga de ocupación es de 547 y la carga de ocupación máxima de 540 personas; para todo el edificio la carga de ocupación es de 690 personas y la carga de ocupación máxima es de 1037. Respecto de las modificaciones físicas, en el segundo nivel se deben instalar pasamanos, lámparas, rótulos de señalización y extintores; en el primer nivel se requiere una nueva salida en el ala este, rótulos de señalización, lámparas de emergencia y extintores.

RECOMENDACIONES

A los encargados del Iglú, T-1, T-2 y M-2:

1. El mantenimiento del aire acondicionado debe realizarse sin falta, para evitar que el equipo se deteriore antes del tiempo.
2. Durante el funcionamiento del sistema de aire acondicionado evitar mantener abierta las puertas y ventanas.
3. Tomar en cuenta que el equipo de aire acondicionado ha sido diseñado para 327 personas y si se sobrepasa esta cantidad, no debe procurarse el *confort* dentro del auditorium, ya que significaría sobrecarga para el sistema de aire acondicionado.
4. Los lugares aledaños a las zonas seguras deben estar libres de árboles y postes de energía eléctrica, para evitar que caigan dentro del perímetro de la zona segura.
5. Dar mayor importancia a la seguridad que a la estética de los edificios.
6. Los extintores deben mantenerse siempre en condiciones de funcionamiento.
7. Cuando un mecanismo de fuente de agua falle, su reparación debe ser inmediata para evitar fugas innecesarias.

BIBLIOGRAFÍA

1. CARNICER Enrique. *Aire acondicionado*. 2a ed. México: Paraninfo, 1991. 133 p.
2. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. [en línea] <www.conred.gob.gt/>. [Consulta: 12 mayo de 2012].
3. Crown audio. *Manual de poder Crown CDI1000*. USA, 2007. 43 p.
4. GRIMALDI John; ROLLIN Simonds. *La seguridad industrial: su administración*. México: Alfaomega, 1991. 751 p.
5. Harman International Company. *Manual de sistema de ecualización y gestión de altavoces* USA: Drive Rack 260 y Dbx Professional Products, 2002. 73 p.
6. NIEBEL, Benjamín. *Ingeniería de métodos y diseño del trabajo*. 11a ed. México: Alfaomega, 2004. 546 p.
7. RAMÍREZ, César. *Manual de seguridad industrial*. México: Ciencia y Técnica, 1992. 506 p.
8. TRICOMI Ernest. *ABC del aire acondicionado*. México: Alfaomega, 1996. 144 p.

9. WARK Kenneth. *Termodinámica*. 5a ed. México: McGraw-Hill, 1997.
905 p.

ANEXOS

Norma de reducción de desastre Número 2 –NRD2-.

A continuación se presenta este normativo que consta de 34 artículos, un listado de autoridades competentes para su aplicación y diversas tablas con especificaciones de seguridad.



Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres
Secretaría Ejecutiva

NORMA DE REDUCCION DE DESASTRES NÚMERO DOS -NRD2-

**Normas Mínimas de Seguridad
en Edificaciones e Instalaciones de Uso Público**

**COORDINADORA NACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES
DE ORIGEN NATURAL O PROVOCADO**

ACUERDO NÚMERO 04-2011

Guatemala, 23 de marzo de 2011

EL CONSEJO NACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES

CONSIDERANDO:

Que es deber del Estado proteger la vida humana, asegurando a los habitantes del país las condiciones propicias para el desenvolvimiento de la actividad productiva y creadora, así como prever en lo posible las consecuencias que puedan derivarse de desastres de origen natural o provocado;

CONSIDERANDO:

Que la constante actividad sísmica del territorio guatemalteco ha puesto de manifiesto que la construcción de edificaciones, no observan normas de seguridad tanto en su construcción como en remodelaciones, por lo que es necesario establecer normas mínimas que prevengan posteriores daños y reduzcan el riesgo al personal que labora en ellas y a los usuarios que las visitan;

CONSIDERANDO:

Que es importante normar los requisitos mínimos de seguridad que deben observarse en edificaciones e instalaciones de uso público, para resguardar a las personas en caso de eventos de origen natural o provocado que puedan poner en riesgo su integridad física. Siendo las Normas Mínimas de Seguridad el conjunto de medidas y acciones que deben ser implementadas en las edificaciones e instalaciones de uso público para alcanzar el objetivo descrito.

POR TANTO

En el ejercicio de las funciones que le confiere el artículo 3 literal a) de la Ley de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres de Origen Natural o Provocado y el artículo 6, literal o) y p), del Reglamento de la Ley de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres de Origen Natural o Provocado.

ACUERDA

Emitir la siguiente:

NORMA DE REDUCCIÓN DE DESASTRES NÚMERO DOS -NRD2-, Normas Mínimas de Seguridad en Edificaciones e Instalaciones de Uso Público

Artículo 1. Objetivo. La presente Norma tiene por objetivo establecer los requisitos mínimos de seguridad que deben observarse en edificaciones e instalaciones de uso público, para resguardar a las personas en caso de eventos de origen natural o provocado que puedan poner en riesgo su integridad física. Las Normas Mínimas de Seguridad constituyen el conjunto de medidas y acciones que deben ser implementadas en las edificaciones e instalaciones de uso público para alcanzar el objetivo descrito.

Artículo 2. Autoridades competentes. Para el cumplimiento del objetivo de la presente norma, así como para la aplicación de las Normas Mínimas de Seguridad en Edificaciones e Instalaciones de Uso Público y los Planes de Emergencia, se establece como competente, a la máxima autoridad de las instituciones rectoras de cada sector o actividad, o a quien ésta designe, al tenor de lo que dispone el Artículo 4 del Decreto Legislativo 109-96.

Las acciones y omisiones que constituyan infracciones o incumplimiento de la presente Norma serán sancionadas de acuerdo a lo establecido en el Artículo 20 del Decreto 109-96 y su Reglamento, sin perjuicio de que, si la acción u omisión sea constitutiva de delito o falta, se certifique lo conducente al tribunal competente, para lo que conforme la ley sea procedente.

Artículo 3. Edificaciones e instalaciones comprendidas. La presente norma es aplicable a todas las edificaciones e instalaciones de uso público que actualmente funcionen como tales, así como para aquellas que se desarrollen en el futuro. Se consideran de uso público las edificaciones, sin importar el titular del derecho de propiedad, a las que se permita el acceso, con o sin restricciones, de personal (como empleados, contratistas y subcontratistas, entre otros) y/o usuarios (como clientes, consumidores, beneficiarios, compradores, interesados, entre otros).

Son edificaciones de uso público, entre otras comprendidas en la descripción contenida en el párrafo que antecede, las siguientes:

- a) Los edificios en los que se ubiquen oficinas públicas o privadas;
- b) Las edificaciones destinadas al establecimiento de locales comerciales, incluyendo mercados, supermercados, centros de mayoreo, expendios, centros comerciales y otros similares.
- c) Las edificaciones destinadas a la realización de toda clase de eventos;
- d) Los centros educativos, públicos y privados, incluyendo escuelas, colegios, institutos, centros universitarios y sus extensiones, centros de formación o capacitación, y otros similares;
- e) Los centros de salud, hospitales, clínicas, sanatorios, sean públicos o privados;
- f) Centros recreativos, parques de diversiones, incluso al aire libre, campos de juegos, cines, teatros, iglesias, discotecas y similares.
- g) Otras edificaciones

Artículo 4. Responsables. Para efectos de la presente normativa, son sujetos responsables los propietarios de cada uno de los inmuebles que constituyan edificaciones e instalaciones comprendidas. En caso el inmueble de que se trate se encuentre siendo utilizado legítimamente por una persona distinta del propietario, ambos se considerarán solidariamente responsables para el cumplimiento de la presente normativa.

En el caso de eventos socio-organizativos, la responsabilidad será compartida entre la institución competente de las instalaciones donde los eventos se realicen y las o los responsables de la organización y desarrollo de los eventos.

Artículo 5. Plan de Respuesta a Emergencias en edificaciones e instalaciones nuevas. El responsable de la edificación o instalación de uso público debe elaborar un plan de respuesta a emergencias, el cual se denominará proyecto de Plan de Respuesta a Emergencias, mismo que contendrá las Normas Mínimas de Seguridad aprobadas mediante la presente norma. Los responsables de la edificación o instalación de que se trate, deben presentar para su conocimiento y evaluación, el proyecto de Plan de Respuesta a Emergencias ante la Autoridad Competente, previo al inicio de los trabajos de obra.

La Autoridad Competente deberá evaluar los proyectos y si los considera ajustados a la presente normativa, los aprobará dentro del plazo de treinta (30) días siguientes a la fecha de presentación. Los responsables deberán implementar las medidas contenidas en el Plan correspondiente dentro de los

treinta días (30) siguientes, debiendo acreditar de manera documental la implementación del Plan ante la Autoridad Competente.

El mismo requisito es exigible para el caso de las edificaciones e instalaciones que no siendo de uso público, sus responsables modifiquen el destino de los mismos a uso público, cumpliendo en cualquier caso con el marco jurídico aplicable.

Las edificaciones e instalaciones que de acuerdo a la Tabla 1 solo requieran una salida de emergencia quedan exoneradas del requisito de presentar ante la Autoridad Competente su proyecto de Plan de Respuesta a Emergencias. Sin embargo, si deberán cumplir con todos los otros requerimientos contenidos en esta Norma.

Artículo 6. Plan de Respuesta a Emergencias en edificaciones e instalaciones en construcción. Se consideran en construcción aquellas edificaciones e instalaciones que al iniciar la vigencia de la presente norma ya han iniciado las actividades formales y materiales para su construcción, aún cuando no hayan sido finalizados. Los responsables de las edificaciones o instalaciones que se encuentren en construcción, al inicio de la entrada en vigencia de la presente Norma, deberán presentar el proyecto de Plan de Respuesta a Emergencias a que se refiere el artículo anterior, dentro de los noventa (90) días calendario siguientes, y en todo caso, antes de la finalización de la obra de que se trate, bajo su exclusiva responsabilidad.

Ningún funcionario que constituya Autoridad Competente, conforme a la presente normativa, podrá aceptar ni validar, expresa o tácitamente, la apertura al público de edificaciones e instalaciones de uso público sin que previamente cuenten con el Plan de Respuesta a Emergencias debidamente autorizado e implementado.

Las edificaciones e instalaciones que de acuerdo a la Tabla 1 solo requieran una salida de emergencia quedan exoneradas del requisito de presentar ante la Autoridad Competente su proyecto de Plan de Respuesta a Emergencias. Sin embargo, si deberán cumplir con todos los otros requerimientos contenidos en esta Norma.

Artículo 7. Plan de Respuesta por Emergencias en edificaciones existentes. Los responsables de las edificaciones comprendidas en la presente normativa, existentes a la vigencia de la misma, deben implementar un Plan de Respuesta a Emergencias, debidamente aprobado por la Autoridad competente. Para el efecto, los responsables deben presentar un proyecto de Plan ante la Autoridad Competente dentro de los doce (12) meses siguientes a la vigencia de la

presente, cumpliendo con lo estipulado en el Artículo 5; y a partir de ello, cuentan con doce (12) meses para realizar las modificaciones físicas que se requiera, en función de cumplir con el Plan aprobado; exceptuando lo relativo a la señalización, misma que debe implementarse en los seis (6) meses siguientes a la vigencia de la presente norma y de ser necesario, debe adecuarse al aprobarse el Plan.

Las edificaciones e instalaciones que de acuerdo a la Tabla 1 solo requieran una salida de emergencia quedan exoneradas del requisito de presentar ante la Autoridad Competente su proyecto de Plan de Respuesta a Emergencias. Sin embargo, si deberán cumplir con todos los otros requerimientos contenidos en esta Norma.

Artículo 8. Aprobación y Registro de Planes de Respuesta a Emergencias. La Autoridad Competente debe aprobar los Planes de Respuesta a Emergencias por medio de resolución administrativa y debe compilar los mismos de manera cronológica, dejando constancia en un Registro de Planes de Respuesta a Emergencia, debiendo remitir informe semestral de los Planes autorizados a la Secretaría Ejecutiva de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres.

Artículo 9. Definiciones. Para los propósitos de la presente norma, los términos técnicos se definen de la siguiente manera:

Balcón Exterior: Es un área o espacio que se proyecta de un muro o pared de un edificio y que se utiliza como salida de emergencia. El lado largo debe estar abierto en por lo menos el cincuenta por ciento de su longitud, y el espacio abierto por encima de la baranda debe estar construido de manera que evite la acumulación de humo o gases tóxicos.

Callejón de Salida: Es una salida techada que conecta una salida o un patio de salida de emergencia con la vía pública.

Carga de Ocupación: Es la capacidad de un área para albergar dentro de sus límites físicos una determinada cantidad de personas.

Herraje de Emergencia: Es el conjunto de chapas de una puerta que incorpora un mecanismo de liberación rápida. La pieza de activación deberá extenderse a lo ancho de la puerta y deberá extenderse por lo menos la mitad del ancho de la hoja de la puerta en la cual está instalado.

Patio de Salida de Emergencia: Es un patio o jardín que permite el acceso a una vía pública, para una o más de las salidas requeridas.

Salida de Emergencia: Es un medio continuo y sin obstrucciones de salida de emergencia hacia una vía pública, e incluye todos los elementos necesarios como: pasillos, pasadizos, callejón de salida, puertas, vanos de puertas, portones, corredores, balcones exteriores, rampas, escaleras, gradas, recintos a prueba de humo, salidas horizontales, patios de salida de emergencia y jardines.

Salida Horizontal de Emergencia: Es una salida de un edificio hacia otro edificio en aproximadamente el mismo nivel, o a través o alrededor de un muro construido como se requiera para una separación de la ocupación de dos horas y que divide completamente un nivel en dos o más áreas separadas de manera que se establezca un área de refugio que proporcione protección contra el fuego y el humo provenientes del área de la cual se está escapando.

Vía pública de Emergencia: Es cualquier calle, callejón o similar pedazo de terreno sin obstrucciones desde el suelo hasta el cielo, que se encuentre disponible en forma permanente para uso público y que tenga un ancho libre de por lo menos tres (3) metros.

Artículo 10. Determinación de la Carga de Ocupación. En la determinación de la Carga de Ocupación se debe presumir que todas las partes de un edificio estarán ocupadas al mismo tiempo. La Carga de Ocupación será determinada de la siguiente manera:

- a) Para áreas que no cuenten con asientos fijos, la carga de ocupación no será menor que el área de pisos (metros cuadrados) asignada a ese uso dividida por el factor indicado en la Tabla 1. Cuando el uso no esté indicado en dicha tabla, se debe calcular en base al uso que más se parezca al uso real. Para edificios o partes de edificios con múltiples usos, la Carga de Ocupación será la que resulte en el mayor número de personas.
- a) Para áreas con asientos fijos, la Carga de Ocupación será determinada por el número de asientos fijos instalados. El ancho requerido de los pasillos entre asientos fijos no podrá ser utilizado para ningún otro propósito. Para áreas con bancas fijas, la Carga de Ocupación no será menor a una persona por cada cuarenta y cinco (45) centímetros de banca. Cuando se utilizan cabinas en áreas de comida, la Carga de Ocupación será una persona por cada sesenta (60) centímetros de cabina.

Artículo 11. Carga de Ocupación Máxima. La Carga de Ocupación Máxima no excederá la capacidad de las Salidas de Emergencia de acuerdo a lo establecido en esta Norma. El incumplimiento de este artículo causará el cierre y la evacuación inmediata del área que haya excedido la Carga de Ocupación Máxima.

Las instalaciones evacuadas podrán ser habilitadas nuevamente si no exceden la Carga de Ocupación Máxima establecida.

El cierre y la evacuación a las que se refiere el presente artículo podrá ser ordenado por la Autoridad Competente; el Jefe General de Servicios o por el Comandante de Bomberos; el Comisario, Jefe de Distrito, Jefe de Comisaría de la Policía Nacional Civil; el Secretario Ejecutivo, Subsecretario Ejecutivo, Director, Delegado Regional, Delegado Departamental de la Secretaría Ejecutiva de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. En el caso particular de los establecimientos educativos, el Director de Infraestructura del Ministerio de Educación, también puede ordenar el cierre y la evacuación de dichos establecimientos educativos.

Artículo 12. Rotulación de Capacidad de Ocupación Máxima. Cualquier área que tenga una Carga de Ocupación de cincuenta (50) o más personas, sin incluir áreas con asientos fijos, y que sea utilizada para reuniones, clases, restaurantes o usos similares a estos, deberá tener un rótulo indicando la capacidad máxima del área, el cual será colocado en un lugar visible cerca de la salida principal. Estos rótulos deberán ser mantenidos en condiciones legibles. El diseño de los rótulos deberá respetar los criterios aprobado por la Secretaría Ejecutiva de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, SE-CONRED.

Artículo 13. Número de Salidas de Emergencia requeridas. Cada edificio o parte utilizable del mismo deberá contar con, por lo menos, una salida de emergencia, no menos de dos (2) salidas cuando sea requerido por la Tabla 1, y salidas adicionales cuando:

- a) Cada nivel o parte del mismo con una carga de ocupación de quinientos uno (501) a un mil (1,000) personas no tendrá menos de tres (3) Salidas de Emergencia.
- b) Cada nivel o parte del mismo con una carga de ocupación de más de un mil (1,000) personas, no tendrá menos de cuatro (4) Salidas de Emergencia.
- c) El número de Salidas de Emergencia requeridas para cualquier nivel de un edificio deberá ser determinado utilizando su propia carga de ocupación, más los siguientes porcentajes de la carga de ocupación de otros niveles que tengan salida al nivel en consideración:
 - i. Cincuenta por ciento de la carga de ocupación del primer nivel arriba y cincuenta por ciento de la carga de ocupación del primer nivel abajo, cuando esté último salga a través del nivel en consideración.

ii. Veinte y cinco por ciento de la carga de ocupación del nivel inmediatamente arriba.

d) El número máximo de Salidas de Emergencia requeridas para cualquier nivel deberá ser mantenido hasta que se llegue a la salida del edificio.

Artículo 14. Ancho de las Salidas de Emergencia. El ancho total de las Salidas de Emergencia, expresado en centímetros, no será menor al de la carga total de ocupación multiplicada por 0.76 para gradas, y por 0.50 para otras Salidas de Emergencia, ni menores de 90 centímetros. El ancho total de las Salidas de Emergencia deberá ser dividido en partes aproximadamente iguales entre todas las Salidas de Emergencia. El ancho máximo de Salidas de Emergencia requeridas para cualquier nivel deberá ser mantenido para todo el edificio.

Artículo 15. Ubicación de las Salidas de Emergencia. En el caso de que únicamente se requieran dos (2) Salidas de Emergencia, estas deberán estar ubicadas con una separación medida por una línea recta entre ambas salidas cuya longitud no será menor a la mitad de la distancia de la diagonal mayor del edificio o área a ser evacuada.

Cuando se requieran tres (3) o más Salidas de Emergencia, por lo menos dos (2) de ellas deberán estar ubicadas con una separación medida por una línea recta entre ambas salidas cuya longitud no será menor a la mitad de la distancia de la diagonal mayor del edificio o área a ser evacuada. Las salidas adicionales deberán tener una separación adecuada entre sí, de manera que si una de ellas quedase bloqueada, las otras sigan estando disponibles para una evacuación.

Artículo 16. Distancia a las Salidas de Emergencia. La distancia máxima a recorrer entre cualquier punto del edificio hasta la salida de emergencia en un edificio que no esté equipado con rociadores contra incendios será de cuarenta y cinco (45) metros; y de sesenta (60) metros cuando el edificio esté equipado con rociadores contra incendios.

En edificios de un solo nivel utilizados como bodegas, fábricas o hangares que estén equipados con sistema de rociadores contra incendios y sistema de ventilación de humo y calor, la distancia máxima a la Salida de Emergencia podrá ser aumentada a un máximo de ciento veinte (120) metros.

Artículo 17. Salidas a través de otros salones. Los salones podrán tener una Salida de Emergencia a través de otro salón adyacente, siempre y cuando exista una forma de salir que sea evidente, directa y sin obstrucciones.

Artículo 18. Puertas. Las puertas en Salidas de Emergencia deberán ser del tipo de pivote o con bisagras, las cuales deberán abrirse en la dirección del flujo de

salida durante la emergencia. El herraje de la puerta deberá abrir cuando se le aplique una fuerza de 6.8 kilogramos fuerza, y la puerta deberá entrar en movimiento cuando esté sujeta a una fuerza de 13.6 kilogramos fuerza. Las fuerzas deberán ser aplicadas del lado de la puerta en la que esté instalado el herraje. La puerta debe contar con herraje de emergencia.

No se podrán utilizar puertas que se abran en las dos direcciones cuando:

- a) La carga de ocupación sea de cien (100) o más.
- b) La puerta sea parte de un sistema de protección contra incendios.
- c) La puerta sea parte de un sistema de control de humo.

Cuando se utilicen puertas que abren en las dos direcciones, estas deberán tener una ventana no menor a un mil doscientos noventa (1290) centímetros cuadrados.

Las puertas deberán poder ser abiertas desde el interior sin necesitar ningún tipo de llave, conocimiento o esfuerzo especial.

Queda explícitamente prohibido utilizar pasadores manuales montados en la superficie de la puerta. La liberación de cualquier hoja de la puerta no debe requerir más de una sola operación.

Las dimensiones mínimas de las puertas utilizadas en Salidas de Emergencia serán de noventa (90) centímetros de ancho y doscientos tres (203) centímetros de alto.

No se podrán utilizar puertas giratorias o deslizantes en salidas de emergencia.

Las puertas en Salidas de Emergencia deberán estar rotuladas de conformidad con lo especificado en esta Norma.

Artículo 19. Nivel del piso en las puertas. Sin importar la carga de ocupación, deberá haber piso o descanso a ambos lados de las puertas utilizadas en las Salidas de Emergencia. El piso o el descanso no podrán estar a más de doce (12) milímetros por debajo del marco de la puerta. Los descansos deberán ser perfectamente horizontales con excepción de los descansos ubicados en el exterior, los cuales pueden tener una pendiente máxima de veintiuno (21) milímetros por cada metro.

Artículo 20. Descansos en puertas. Los descansos tendrán un ancho no menor al ancho de las escaleras o el ancho de la puerta, el que sea mayor. Los descansos tendrán una longitud no menor de ciento diez (110) centímetros. Cuando los descansos sirvan a una carga de ocupación de cincuenta (50) o más, las puertas,

en cualquier posición, no reducirán las dimensiones requeridas del descanso a menos de la mitad de su ancho.

Artículo 21. Puertas adicionales. Cuando se tengan puertas adicionales para propósitos de salida, éstas deberán cumplir con lo dispuesto en esta norma.

Artículo 22. Corredores. El ancho mínimo de los corredores utilizados en rutas de evacuación será el indicado en el Artículo 14, pero no será menor a noventa (90) centímetros para cargas de ocupación menores a cincuenta (50); o ciento diez (110) centímetros para cargas de ocupación de cincuenta (50) o más. La altura mínima será de doscientos diez (210) centímetros. No podrá haber ninguna obstrucción que reduzca el ancho del corredor.

Artículo 23. Gradadas. Cualquier grupo de dos o más escalones deberá cumplir con lo establecido en esta Norma. El ancho mínimo de las gradadas utilizadas en rutas de evacuación será el indicado en el Artículo 14, pero no será menor a noventa (90) centímetros para cargas de ocupación menores a cincuenta (50); o de ciento diez (110) centímetros para cargas de ocupación de cincuenta (50) o más.

La contrahuella de cada grada no será menor de diez (10) centímetros, ni mayor de dieciocho (18) centímetros. La huella de cada grada no será menor de veintiocho (28) centímetros medidos horizontalmente entre los planos verticales de las proyecciones de huellas adyacentes. Todas las gradadas deberán tener huellas y contrahuellas de iguales longitudes.

Los descansos de las gradadas deberán tener una longitud, medida en la dirección del recorrido, no menor de su ancho o ciento diez (110) centímetros. La distancia vertical máxima entre descansos será de trescientos setenta (370) centímetros. Para descansos con puertas se aplica el Artículo 20 de la presente Norma.

Las gradadas deberán tener pasamanos en ambos lados y cada grada con un ancho de más de doscientos veinticinco (225) centímetros, deberá tener no menos de unos pasamanos intermedios por cada doscientos veinticinco (225) centímetros de ancho. Los pasamanos intermedios deberán estar ubicados a distancias aproximadamente iguales a lo ancho de las gradadas. La parte superior de los pasamanos estarán ubicados a una altura no menor de ochenta y cinco (85) centímetros, ni mayor de noventa y siete (97) centímetros del vértice de la huella.

Los pasamanos deberán ser continuos a todo lo largo de las gradadas. Los pasamos deberán extenderse por lo menos treinta (30) centímetros en cada extremo de las gradadas y las terminaciones de los pasamanos deberán ser curvos o terminar en postes. El ancho para las manos de los pasamanos no será menor de tres centímetros ocho décimas (3.8) ni mayor de cinco (5) centímetros; y deberá

tener un acabado liso sin esquinas agudas. Los pasamanos que se proyecten de muros o paredes deberán tener un espacio libre no menor de tres centímetros ocho décimas (3.8) entre la pared y el pasamanos.

Cuando las gradas no cuenten con muros o paredes en uno o ambos lados, los pasamanos tendrán una altura no menor de ciento seis (106) centímetros. Los pasamanos abiertos deberán contar con rieles intermedios o un patrón decorativo, tal que no permita que una esfera de diez (10) centímetros pase de un lado al otro.

Las gradas exteriores de edificios de cuatro (4) o más niveles deberán tener algún mecanismo que permita el ingreso de bomberos en caso de emergencia.

En edificios de cuatro (4) o más niveles, por lo menos una de las gradas deberá extenderse a la superficie del techo, excepto cuando el techo tenga una pendiente igual o mayor al treinta y tres (33) por ciento.

Las gradas deberán tener una superficie antideslizante con altura libre entre la huella y el techo de por lo menos doscientos tres (203) centímetros en toda su longitud. Las gradas exteriores deberán ser construidas de metal y perforadas para evitar óxidos y concentración de agua.

Artículo 24. Rampas de Emergencia. Las rampas utilizadas en las Salidas de Emergencia deberán cumplir con los requerimientos de esta norma.

El ancho mínimo de las rampas utilizadas en rutas de evacuación será el indicado en el Artículo 14, pero no será menor a noventa (90) centímetros para cargas de ocupación menores a cincuenta (50) o ciento diez (110) centímetros para cargas de ocupación de cincuenta (50) o más.

La pendiente máxima de las rampas será del 8.33 por ciento cuando deban ser utilizadas para personas en sillas de ruedas, o del 12.5 por ciento cuando no van a ser utilizadas por personas en sillas de ruedas.

Las rampas deberán tener descansos en su parte superior y en su parte inferior, y por lo menos un descanso intermedio por cada ciento cincuenta (150) centímetros de elevación. Los descansos superiores e intermedios deberán tener una longitud no menor de ciento cincuenta (150) centímetros. Los descansos inferiores deberán tener una longitud no menor de ciento ochenta y tres (183) centímetros.

Las puertas ubicadas en cualquier posición adyacente a una rampa no reducirán las dimensiones mínimas de un descanso a menos de 106 centímetros.

Las rampas tendrán pasamanos de acuerdo a los mismos requerimientos que para gradas. La superficie de las rampas deberá ser antideslizante.

Artículo 25. Pasillos. Los anchos libres de pasillos en auditorios, teatros, aulas y otros ambientes con asientos fijos dependerán de la Carga de Ocupación de la parte de asientos fijos que utilicen el pasillo en consideración.

El ancho libre del pasillo expresado en centímetros no será menor de la Carga de Ocupación que utiliza el pasillo multiplicada por 0.76; para pasillos con pendientes superiores al 12.5 por ciento, o multiplicada por 0.51 para pasillos con pendientes inferiores al 12.5 por ciento.

Cuando dos (2) pasillos convergen en uno solo, el ancho mínimo no será inferior a la suma de los dos (2) anchos originales. Cuando los asientos fijos estén colocados en filas, el ancho libre de los pasillos no será menor de lo indicado arriba ni menor de:

- Ciento veintidós (122) centímetros para pasillos con gradas y con asientos a ambos lados.
- Noventa (90) centímetros para pasillos con gradas y con asientos en un solo lado.
- Cincuenta y ocho (58) centímetros entre los pasamanos y los asientos cuando el pasillo esté subdividido por medio de unos pasamanos.
- Ciento seis (106) centímetros para pasillos planos o con rampa y con asientos a ambos lados.
- Noventa (90) centímetros para pasillos planos o con rampa y con asientos en un solo lado.

Las rampas en pasillos no tendrán una pendiente superior al 12.5 por ciento.

Artículo 26. Asientos fijos. Los siguientes requerimientos se aplican a lugares con asientos fijos instalados. El espaciamiento libre mínimo entre filas de asientos será de:

- Treinta (30) centímetros para filas con 14 o menos asientos.
- Treinta (30) centímetros más 0.76 centímetros por cada asiento adicional después del catorce (14), hasta un máximo de cincuenta y seis (56) centímetros.

El espaciamiento libre entre filas de asientos es la distancia horizontal libre entre el respaldo del asiento de la fila de enfrente y la proyección más cercana de la fila. Cuando los asientos son automáticos, la distancia puede ser medida con los asientos subidos. Cuando los asientos no son automáticos, la distancia libre debe ser medida con los asientos abajo.

Artículo 27. Iluminación en salidas de emergencia. Las Salidas de Emergencia, incluyendo corredores, rampas y gradas deberán estar iluminadas siempre que el edificio esté ocupado. La intensidad mínima de la iluminación, medida al nivel del piso, será de 10.76 lux.

Para edificios con carga de ocupación de cien (100) o más, la iluminación en Salidas de Emergencia deberá contar con una fuente alterna de energía, la cual se activará automáticamente en el caso que falle la fuente principal. La fuente alterna podrá ser un banco de baterías o un generador de energía de emergencia.

Artículo 28. Rotulación de Salidas de Emergencia y Rutas de Evacuación. Será obligatorio rotular las Salidas de Emergencia cuando se tengan dos (2) o más Salidas de Emergencia. Esta rotulación deberá contar con una iluminación interna o externa por medio de un mínimo de dos lámparas o focos, o ser de un tipo auto luminiscente. Los rótulos deberán estar iluminados con una intensidad mínima de 53.82 lux de cada foco. La energía de uno de los focos será de la fuente principal de energía y la energía del segundo foco será proporcionada por baterías o por un generador de energía de emergencia.

Las señales que se localizaran en la pared deberán ser construidas de metal o de otro material aprobado que sea no combustible; la señal fijada a la pared exterior de mampostería de hormigón, o piedra, deben estar de forma segura y bien conectados por medio de anclajes metálicos, pernos o tornillos de expansión, No podrán utilizarse paredes de madera, tablayeso o fibrocemento para fijar señales de información de Emergencia.

Las señales apoyadas en las paredes deberán ser debidamente ancladas, de acuerdo a lo que establece la Tabla 2, de conformidad con el Manual de Señalización de Edificios de Uso Público y Privado de CONRED. No se autoriza instalar señales en el techo ni colgando de él. La instalación de señales portátiles se acepta con fines temporales o configuraciones de estructura que provean estabilidad de duración en la instalación; pero éstas no podrán fijarse al suelo por medio de anclajes permanentes.

La rotulación básica incluye las siguientes:

- 1) Señalización de Capacidad Máxima de Ascensores.** Señal de carácter informativo, indica la capacidad máxima del ascensor expresada en número de personas a transportar. **Instalación:** en lugares visibles tales como puertas de acceso e interiores del ascensor. Aplicable a todo tipo de edificación, en la cual se tenga este medio de transporte vertical de personas.

2) Señalización de Salida de Emergencia. Señal de carácter informativo, la cual se utiliza para indicar todas las salidas posibles en casos de una emergencia, instalada en lugares visibles tales como sobre o inmediatamente adyacente a una puerta de salida que conduzca a una zona de seguridad. Esta señal trabaja íntimamente relacionada con las siguientes señales: Vía de Evacuación Derecha, Vía de Evacuación Izquierda, Salida Superior y Salida Inferior.

3) Señalización de Vía de Evacuación Derecha. Señal de carácter informativo, siendo una flecha direccional, que en este caso particular indica una vía de evacuación o escape hacia la derecha. **Instalación:** En muros de edificios públicos y privados, esta señal trabaja en íntima relación con la señal Salida de Emergencia, ya que tiene como propósito orientar la evacuación hacia la derecha, teniendo presente que terminada la orientación hacia la derecha, se encontrara una vía de evacuación.

4) Señalización de Vía de Evacuación Izquierda. Señal de carácter informativo, siendo una flecha direccional, que en este caso particular indica una vía de evacuación o escape hacia la izquierda. **Instalación:** En muros de edificios públicos y privados, esta señal trabaja en íntima relación con la señal Salida de Emergencia, ya que tiene como propósito orientar la evacuación hacia la izquierda, teniendo presente que terminada la orientación hacia la izquierda, se encontrara una vía de evacuación.

5) Señalización de Salida hacia Arriba. Señal de carácter informativo que indica una salida hacia arriba, que conduce a una vía de evacuación o escape en casos de emergencia. **Instalación:** Sobre paredes o inmediatamente adyacente a escaleras que conduzcan hacia el piso superior. Esta señal se instalará en todo tipo de edificios, y trabajara íntimamente relacionada con la señal Salida de Emergencia.

6) Señalización de Salida hacia Abajo. Señal de carácter informativo que indica una salida hacia abajo, que conduce a una vía de evacuación o escape en casos de emergencia. **Instalación:** Sobre paredes o inmediatamente adyacente a escaleras que conduzcan hacia el piso inferior. Esta señal se instalará en todo tipo de edificios y trabajara íntimamente relacionada con la señal Salida de Emergencia.

7) Señalización de Zona Segura. Ambiente interno o externo de un inmueble, cuya construcción, diseño y/o localización, libre de amenazas o con baja probabilidad de riesgos que constituyan peligro para la vida humana o a sus bienes materiales; identificados para la concentración del personal que se encuentre los puntos de reunión. Dentro de las zonas

seguras convergen uno o varios puntos de reunión con el fin de resguardar las vidas humanas. **Instalación:** En lugares visibles tales como patios, estacionamientos o cualquier zona que no represente riesgo inminente de caída de vidrios u otros elementos en caso de sismos o incendios. La utilización de este tipo de señal será tanto para edificios públicos como privados.

8) Punto de Reunión: Localización externa de un inmueble, identificada para reunir al personal que desaloja las instalaciones de manera preventiva y ordenada, posterior a una evacuación. **Instalación:** En lugares visibles tales como patios, estacionamientos o cualquier zona que no represente riesgo.

9) Señalización de Área Sucia o Contaminada. Señal de carácter informativo que indica la existencia de un área sucia o contaminada, **Instalación:** En lugares visibles tales como Laboratorios de Muestras, Hospitales, Industrias Químicas, Alimentos, Embotelladoras, Salas de Acopio de Basura, etc. Esta señal se instalará directamente en muros u otras estructuras.

10) Señalización de Área Limpia de Contaminantes. Señal de carácter informativo que indica la existencia de un área limpia libre de contaminación **Instalación:** En lugares visibles, tales como Laboratorios de Muestras, Hospitales, Fábricas de Químicos, etc. Esta señal se instalará directamente en muros u otras estructuras, indicando claramente para los trabajadores la existencia de Área Limpia fuera de Contaminantes.

11) Señalización de Cuidado al Bajar. Señal de carácter informativo que indica la existencia de un desnivel, por tal razón, en las zonas en que se advierta esta señal, se deberá tener cuidado al transitar. **Instalación:** en lugares visibles tales como cajas escalera, desniveles de piso, etc. esta señal se instalará tanto en edificios públicos y privados, siendo su instalación directamente en muros u otras estructuras.

12) Señalización de Empujar para Abrir. Señal de carácter informativo que indica el sentido de apertura de una puerta. **Instalación:** en lugares visibles tales como puertas de simple o doble efecto, doble puerta de simple o doble efecto, etc. La señal se instalará directamente sobre la puerta, con el objetivo de homogenizar la rotulación de todas las salidas. Esta señal trabajara en directa relación con la señal Tirar para Abrir, ya que se instalan en pares, una por dentro y la otra por fuera de la puerta, de acuerdo a la orientación que esta tenga.

13) Señalización de Tirar para Abrir. Señal de carácter informativo que indica el sentido de apertura de una puerta. **Instalación:** En lugares visibles tales como puertas de simple o doble efecto, doble puerta de simple o doble efecto, etc. Esta señal se instalará directamente sobre la puerta, con el objetivo de homogenizar todas las salidas. Esta señal trabajara en directa relación con la señal Empujar para Abrir, ya que se instalan en pares, una por dentro y la otra por fuera de la puerta, de acuerdo a la orientación que esta tenga.

14) Señalización de Romper para tener Acceso en caso de Emergencia. Señal de carácter informativo que indica romper para tener acceso, para lo cual es necesario considerar su ubicación donde es necesario romper un panel de vidrio para acceder a una llave u otro medio de aperturas, y donde es necesario romper para abrir un panel con elementos de lucha contra el fuego o crear una vía de evacuación. **Instalación:** Directamente en panel de vidrio.

15) Señalización de No corra por las escaleras. Se utiliza para indicar la prohibición de correr por las escaleras, sean estas principales o de emergencia. Tanto al subir como al bajar de estas, dicha prohibición deberá ser acatada tanto en circunstancias habituales como en caso de emergencia. **Instalación:** Lugares visibles de edificios públicos y privados (Cajas escaleras principales o de emergencia de hospitales, bibliotecas, etc.). La instalación de esta señal deberá realizarse tanto al inicio como al final de las escaleras.

16) Señalización de No use el ascensor en caso de corte de energía o incendio. Se utiliza para indicar la prohibición de usar ascensores en caso de incendio, sismos o corte de energía, obligándose por tanto, al uso de escaleras principales o de emergencia. **Instalación:** Lugares visibles de edificios públicos y privados (hospitales, bibliotecas, etc.) que cuenten con este tipo de equipamiento (ascensores). La señal debe ubicarse inmediatamente adyacente a la botonera de llamado del ascensor.

17) Señalización de No correr en los pasillos. Se utiliza para indicar la prohibición de correr en ambos sentidos en los pasillos, tanto para trabajadores como público en general, siendo aplicable en situaciones habituales como en los casos de emergencia. **Instalación:** Lugares visibles de edificios públicos y privados (Pasillos de hospitales, bibliotecas u otros edificios). La señal deberá instalarse en muros u otras estructuras, de tal manera que advierta claramente sobre esta prohibición.

18) Señalización sobre Ingresar solo personas autorizadas. Se utiliza para indicar la prohibición de ingresar a personas ajenas al recinto o que

no tengan la preparación, autorización u equipamiento de protección personal necesario para ingresar al recinto. **Instalación:** Lugares visibles de edificios públicos y privados (Salas de recuperación, aislamiento, bodegas, máquina, estaciones y subestaciones eléctricas, etc. De hospitales, bibliotecas u otros edificios). La señal deberá instalarse en él o los accesos principales a este tipo de recintos, inmediatamente adyacente a puertas.

19) Señalización sobre No obstruir pasillos. Señal que indica la prohibición en lugares donde una obstrucción presenta un peligro particular (vías de escape o evacuación, acceso a equipos de lucha contra fuego, etc.). **Instalación:** Lugares visibles de edificios públicos y privados. La instalación de esta señal, debe realizarse en muros u otras estructuras, de tal manera que sea de fácil advertencia para los trabajadores, en razón de no obstruir vías de escape o equipos de lucha contra el fuego.

20) Señalización sobre Vía Sin Salida. Se utiliza para indicar la prohibición de ingresar en casos de emergencia, ya que no constituye una vía de evacuación por no llevar a una salida o zona de seguridad. **Instalación:** Lugares visibles de edificios públicos y privados. La señal deberá instalarse directamente o adyacente a puertas u otros similares, de tal manera que advierta a los trabajadores y público en general que la vía no constituye una salida.

21) Señalización sobre No apague el Fuego con Agua. Se utiliza para indicar la prohibición de utilización del agua como agente extintor de un fuego o incendio. **Instalación:** Lugares visibles de edificios públicos y privados. La instalación de esta señal debe ubicarse en muros o puertas en las cuales se advierta sobre el peligro inminente de utilización de agua en caso de equipamientos permanentemente energizados o sobre sustancias en sus tres estados (líquido, sólido y gaseoso) que al combinarse podrían reaccionar agresivamente.

22) Señalización sobre la localización del Extintor. Se utiliza para informar la ubicación de un extintor. Esta señal deberá instalarse tantas veces como extintores existan en el edificio. **Instalación:** La señal será instalada en muros u otros elementos en los cuales se encuentre el extintor, ya que pueden estar fijados en muros, en nichos o directamente en el piso.

23) Señalización de Red Húmeda. Se utiliza para indicar la ubicación de la salida de la red húmeda provista de manguera y pitón. Esta señal se instalará tantas veces como equipos de red húmeda existan en el edificio. **Instalación:** Se deberá ubicar en nichos que contenga únicamente este

medio de lucha contra el fuego. La señal se instalará directamente por sobre el nicho o carrete de red húmeda, el cual tiene como propósito informar la ubicación de este elemento.

24) Señalización de Red Seca. Se utiliza para señalar la boca de salida de una red seca. Se deberá instalar tantas señales como boca de salida tenga el edificio. **Instalación:** Se deberá ubicar inmediatamente en la parte superior de la red seca de salida, teniendo como única finalidad la información de la ubicación de este elemento de lucha contra el fuego.

25) Señalización de Teléfono de Emergencia. Señal utilizada para indicar la ubicación de teléfono destinado permanentemente a advertir situaciones de emergencia. Se deberá instalar tantas señales como teléfonos existan en el edificio. **Instalación:** En lugares visibles, inmediatamente lo más próximo al teléfono, ya sea en muros u otros elementos

26) Señalización de Alarma de Incendio. Se puede utilizar por sí sola o en conjunto con la señal Activación Manual de Alarma, en el caso que el comando de activación manual se encuentre conectado a la alarma de incendio de manera que sea inmediatamente perceptible para todos los afectados. **Instalación:** En lugares visibles de todo tipo de edificios. La instalación de esta señal se realizará directamente en muros u otros elementos, de tal manera, que sea de fácil observación de todos sus ocupantes.

27) Señalización de Conjunto de Equipos contra Fuego. Esta señal debe indicar la ubicación de un conjunto de equipo contra fuego, se instalarán tantas señales como conjuntos existan en el edificio. Cabe señalar que esta señal aglutina a otras señales, para evitar la proliferación innecesaria de señales. Por esto la señal se instalará sólo en nichos en donde existan los siguientes elementos: (extintor, teléfono, red húmeda, etc.). **Instalación:** En lugares visibles de edificios públicos y privados, será aplicable en el caso de la existencia de nichos, se instalará directamente en muros.

28) Señalización de Puerta Corta Fuego. Indica la ubicación de una puerta cortafuego, la que debe mantenerse cerrada, o abierta cuando esté conectada a través de sensores de detección de humo a comando computacional que incorpora sostenedores magnéticos a la parte inferior de la puerta, el cual se activará y liberará la puerta recibida la señal, produciéndose su cierre. Propicia la asimilación de espacios y con esto el paso del fuego a otras áreas. **Instalación:** Lugares visibles, lo más próximo a la puerta cortafuego, o sobre ésta.

29) Señalización de Red Eléctrica Inerte. Debe utilizarse para indicar la ubicación de una conexión eléctrica inerte. Se deberá instalar tantas señales como conexiones inertes existan en el edificio, siendo éstas de uso exclusivo de bomberos. **Instalación:** En lugares visibles de edificios públicos y privados, normalmente se encontrará en superficies inferiores del piso. La instalación de la señal deberá realizarla, a una altura no inferior a ciento sesenta (160) centímetros, inmediatamente por sobre la conexión.

30) Señalización de Activación Manual de la Alarma. Esta señal debe utilizarse para indicar la ubicación de la activación manual de alarma, se utiliza para: a) Activación manual de alarma. b) Comando manual del sistema de protección contra incendio (por ejemplo, instalación fija de extinción). **Instalación:** En edificios públicos y privados. La instalación deberá realizarse lo más próximo a la activación manual, esta señal se instalará tantas veces como activaciones existan en el edificio.

Para una mejor aplicación del presente artículo, los responsables de los edificios de acceso público pueden consultar el Manual de Señalización de CONRED, el cual indica las especificaciones de formas, colores, y medidas de las señales, así como de ubicación de las mismas en edificios de uso público en todo el territorio nacional. De igual forma, tomar en cuenta lo establecido en el Anexo 2 y 3 de la presente Norma.

Artículo 29. Identificación de colores. Los colores utilizados en la señalización y rotulación de salidas de emergencia serán identificados de acuerdo al sistema RGB internacional, con 8 bits por canal para un total de 24 bits utilizando la notación hexadecimal. La identificación del color constará de 6 dígitos hexadecimales. De izquierda a derecha, los primeros dos dígitos representarán el canal rojo, los siguientes dos dígitos representarán el canal verde y los últimos dos dígitos representarán el canal azul. Los dígitos hexadecimales a utilizar serán 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F.

Artículo 30. Colores de atención. Para indicar situaciones de peligro se utilizará el color FF0000 (rojo).

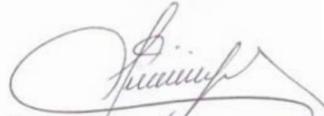
Artículo 31. Reformas. Los documentos que sustentan la presente Norma para Reducción de Desastres Dos, -NRD2-, serán revisados y modificados por la Secretaría Ejecutiva de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, la cual propondrá su reforma, debidamente justificada y atendiendo en cualquier caso a criterios técnicos, al Consejo Nacional para la Reducción de Desastres.

Artículo 32. Prohibición de alteraciones. Queda expresamente prohibido alterar un edificio o una estructura de manera tal que reduzca el número de Salidas de Emergencia o reducir su capacidad a menos de lo que indica esta Norma.

Artículo 33. Anexos. Los anexos identificados como Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4 pasan a formar parte del presente acuerdo, debiéndose incluir como parte integrante del mismo.

Artículo 34. Vigencia. El presente acuerdo surte efectos a partir del día siguiente al de su publicación en el Diario Oficial.

COMUNÍQUESE



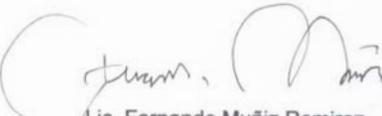
Vicerealmirante Roberto Campos Sanchez
Viceministro de la Defensa Nacional



Licda. Lorena Guerra
Viceministra de Gobernación



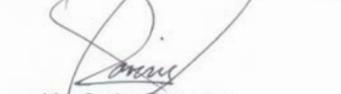
Dr. Pedro Rosales
Viceministro de Salud Pública y
Asistencia Social



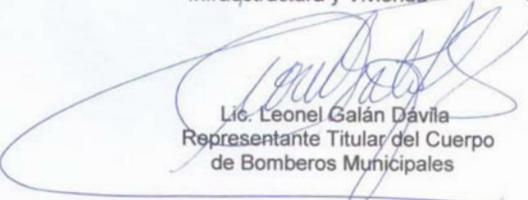
Lic. Fernando Muñiz Ramirez
Subsecretario Ejecutivo de
CONRED



Lic. Roberto Monroy
Viceministro de Educación



Lic. Carlos Claverie
Viceministro de Comunicaciones
Infraestructura y Vivienda



Lic. Leonel Galán Davila
Representante Titular del Cuerpo
de Bomberos Municipales



Ing. Alejandro José Maldonado
Secretario Ejecutivo de CONRED

Listado de Autoridades Competentes para aplicación de NRD2

Uso de la Edificación o Instalación	Autoridad Competente	
Oficinas del Organismo Ejecutivo	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda	Unidad de Construcción de Edificios del Estado
Oficinas del Organismo Judicial	Corte Suprema de Justicia	Unidad de Mantenimiento y Construcción de Edificios
Oficinas del Organismo Legislativo	Congreso de la República	Unidad de Mantenimiento
Complejos habitacionales	Municipalidades	Dirección de Control Territorial
Oficinas privadas, fábricas, bodegas	Ministerio de Trabajo y Previsión Social	Viceministerio de Trabajo
Locales comerciales (incluye supermercados, centros de mayoreo, expendios, centros comerciales, estacionamientos y otros similares)	Ministerio de Economía	Dirección de Atención y Asistencia al Consumidor
Comedores, restaurantes, bares y otros similares	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social	Dirección General de Regulación, Vigilancia y Control de la Salud
Mercados	Municipalidades	Dirección de Mercados
Edificaciones para realizar eventos (incluye iglesias, capillas, hoteles, auditorios, salones para reuniones y conferencias, centros de convenciones, salones de exhibiciones)	Ministerio de Cultura y Deporte	Dirección de Espectáculos Públicos
Centros educativos públicos y privados (incluye escuelas, colegios, institutos, centros universitarios y sus extensiones, centros de formación o capacitación, y otros similares)	Ministerio de Educación	Subdirección de Planificación de Infraestructura
Centros de atención en salud, sean públicos o privados (incluye centros de salud, hospitales, clínicas, sanatorios, laboratorios,	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social	Viceministerio de Hospitales

centros de diagnóstico, y otros similares)		
Edificaciones para realizar Espectáculos Públicos (incluye cines, teatros, discotecas, escenarios, centros recreativos, parques de diversiones y similares)	Ministerio de Cultura y Deporte	Dirección de Espectáculos Públicos
Museos y bibliotecas	Ministerio de Cultura y Deporte	Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural
Instalaciones deportivas, públicos y privados (incluye estadios, graderíos, gimnasios, y otros similares)	Ministerio de Cultura y Deportes	Dirección General del Deporte y la Recreación
Instalaciones aeroportuarias públicas y privadas (incluye hangares de aviación, terminales aéreas, aeródromos y similares)	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda	Dirección General de Aeronáutica Civil
Instalaciones de puertos marítimos y lacustres	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda	Comisión Portuaria Nacional
Terminales y estaciones de transporte público y privado	Municipalidades	Transportes
Asilos, orfanatos, guarderías, hogares de ancianos, albergues y otros similares	Presidencia de la Republica	Secretaria de Bienestar Social y Secretaria de Obras Sociales de la Esposa del Presidente
Instalaciones usadas para almacenamiento, distribución y expendio de combustibles	Ministerio de Energía y Minas	Dirección General de Hidrocarburos
Otras edificaciones	Consultar a la SE-CONRED	

TABLA 1: Factor de Carga de Ocupación

Uso	Mínimo de dos salidas de emergencia, sin contar elevadores, se requieren cuando el número de ocupantes es por lo menos	Factor de Carga de Ocupación (metros cuadrados)
Hangares de aviación (sin área para reparaciones)	10	45
Salones para subastas	30	0.65
Auditorios, iglesias, capillas, pistas de baile, estadios, graderíos	50	0.65
Salones para reuniones y conferencias, comedores, restaurantes, bares, salones de exhibiciones, gimnasios, escenarios	50	1.39
Orfanatos y hogares de ancianos	6	7.43
Áreas de espera	50	0.30
Aulas	50	1.85
Juzgados	50	3.70
Dormitorios	10	4.5
Complejos habitacionales	10	28
Salones para hacer ejercicios	50	4.5
Estacionamientos	30	18.5
Hospitales, sanatorios, centros de salud	10	7.43
Hoteles y apartamentos	10	18.5
Cocinas comerciales	30	18.5
Salas de lectura de bibliotecas	50	4.5
Fábricas	30	18.5
Centros comerciales	50	2.8
Guarderías	7	3.25
Oficinas	30	9.30
Talleres en colegios e institutos vocacionales	50	4.5
Pistas de patinaje	50	4.5 en la pista y 1.4 en las otras áreas
Salones para almacenar útiles	30	27.88
Tiendas y salas de ventas	50	2.78
Piscinas	50	4.5 para la piscina y 1.4 en las otras áreas
Bodegas	30	45
Todos los demás	50	9.30

TABLA 2: Dimensiones de rótulos de señalización

DISTANCIA DE VISUALIZACIÓN (L) (metros)	SUPERFICIE MINIMA $[S \geq L^2 / 2000]$ (cm ²)	DIMENSION MINIMA SEGUN FORMA GEOMETRICA DE LA SEÑAL				
		CUADRADO (por lado) (cm)	CIRCULO (diámetro) (cm)	TRIANGULO (por lado) (cm)	RECTANGULO (base 1.5: altura 1) (cm)	
					BASE	ALTURA
5	125.0	11.2	12.6	17.0	13.7	9.1
10	500.0	22.4	25.2	34.0	27.4	18.3
15	1,125.0	33.5	37.8	51.0	41.1	27.4
20	2,000.0	44.7	50.5	68.0	54.8	36.5
25	3,125.0	55.9	63.1	85.0	68.5	45.6
30	4,500.0	67.1	75.7	101.9	82.2	54.8
35	6,125.0	78.3	88.3	118.9	95.9	63.9
40	8,000.0	89.4	100.9	135.9	109.5	73.0
45	10,125.0	100.6	113.5	152.9	123.2	82.2
50	12,500.0	111.8	126.2	169.9	136.9	91.3

*Al calcular la superficie mínima, observar que la distancia de visualización L, sea expresada en centímetros.

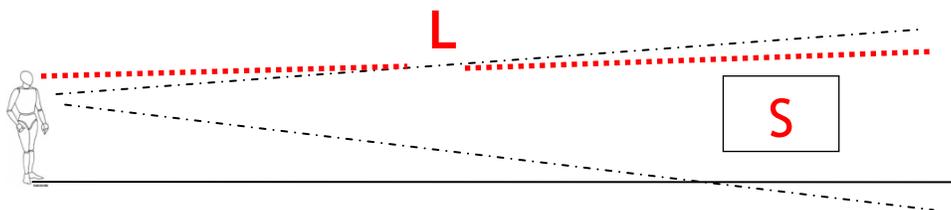


TABLA 3: Codificación Internacional de Colores para rotulación de Emergencias

Significado de los colores utilizados en las señales de emergencia o seguridad

Los colores de seguridad permiten establecer e identificar, la acción a desarrollar.

COLOR DE SEGURIDAD	SIGNIFICADO	INDICACIONES Y PRECISIONES
ROJO Cod. FF0000	Paro	Detener la marcha en algún lugar
	Prohibición	Señalamientos para prohibir acciones específicas.
	Material, equipo y sistemas para combate de incendios	Ubicación y localización de los materiales y equipos para el combate de incendios.
AMARILLO Cod. FFFF33	Advertencia de peligro	Atención, precaución, verificación e identificación situaciones peligrosas.
	Delimitación de áreas	Límites de áreas restringidas o de usos específicos.
	Advertencia de peligro por radiaciones ionizantes	Señalamiento para indicar la presencia de material radiactivo.
Verde Cod. 009900	Condición segura	Identificación y señalamientos para indicar salidas de emergencia, rutas de evacuación, zonas de seguridad y primeros auxilios, lugares de reunión, regaderas de emergencia, lavajos, entre otros.
AZUL Cod. 000099	Obligación, información	Señalamientos para realizar acciones específicas. Brindar información para las personas

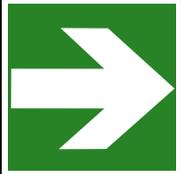
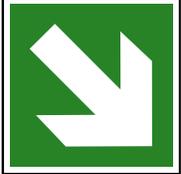
Colores de contraste

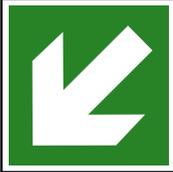
Los colores de contraste permiten resaltar las características del color de seguridad principal.

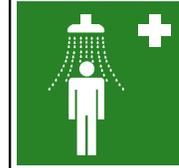
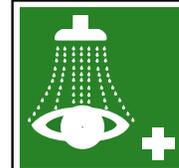
Color	Contraste
AZUL Cod. 000099	BLANCO Cod. ffffff
Verde Cod. 009900	BLANCO Cod. ffffff
AMARILLO Cod. FFFF33	NEGRO Cod. 000000
ROJO Cod. FF0000	BLANCO Cod. ffffff

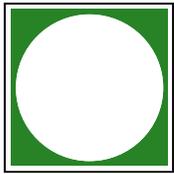
TABLA 4: Señales aprobadas

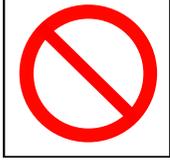
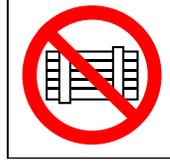
Señales aprobadas para la rotulación de Emergencia o Seguridad

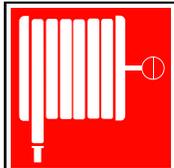
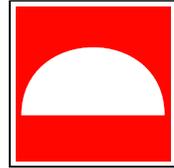
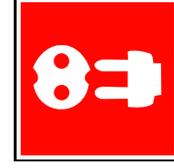
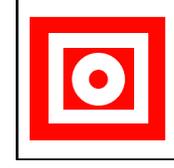
SEÑAL	SIGNIFICADO
	<p>RUTA DE EVACUACIÓN</p>
	
	
	
	
	
	

SEÑAL	SIGNIFICADO	
		
		
		
	<p>RUTA DE EVACUACIÓN PARA PERSONAS CON CAPACIDADES ESPECIALES</p>	
		
		
		<p>RUTA DE EVACUACIÓN</p>
		

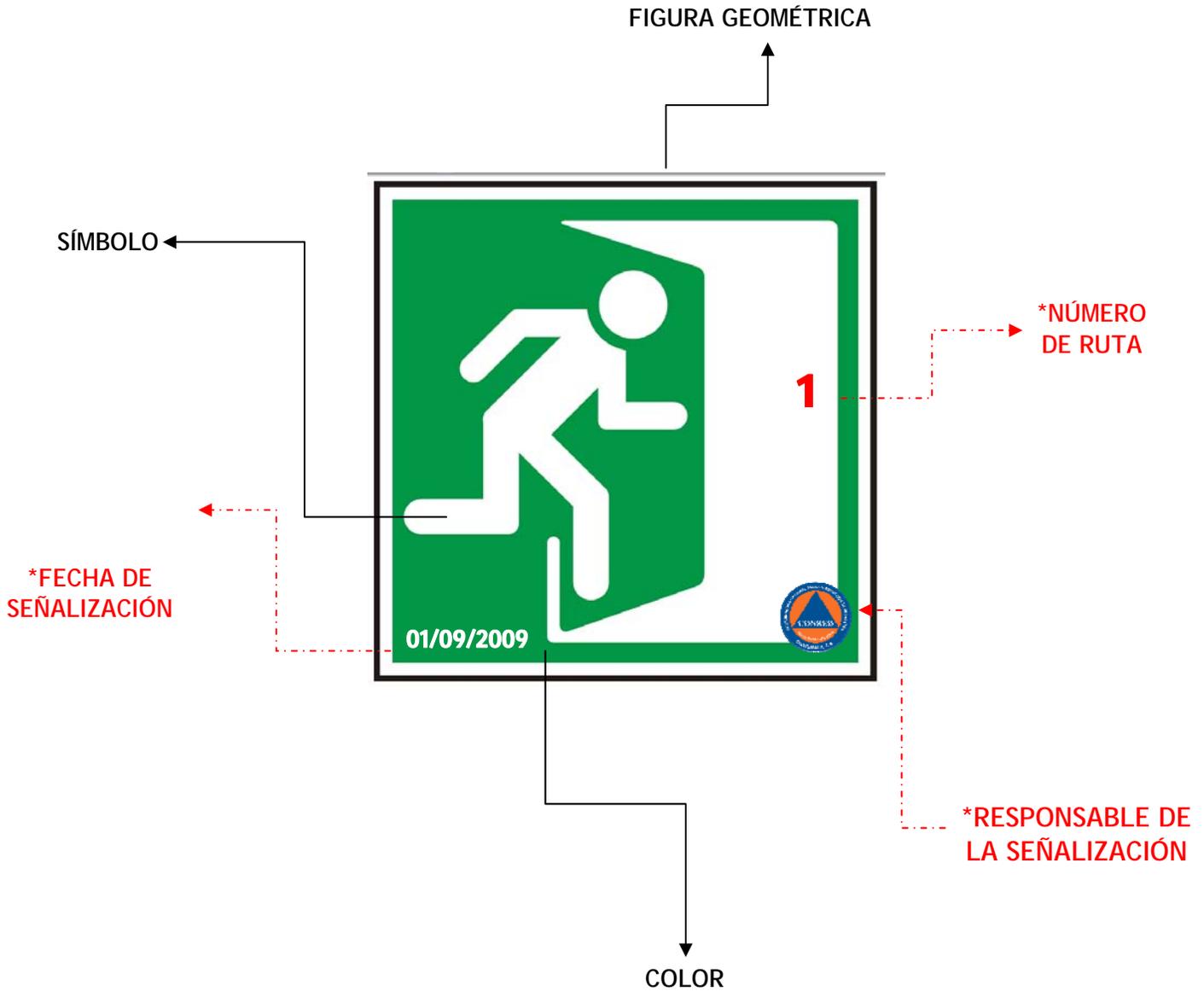
	<p>SALIDA DE EMERGENCIA</p>
	<p>SALIDA DE EMERGENCIA</p>
	<p>PRIMEROS AUXILIOS</p>
	
	
	<p>DUCHA DE EMERGENCIA</p>
	<p>LAVA OJOS DE EMERGENCIA</p>
	<p>SEÑALIZACIÓN DE ZONA SEGURA</p>

	<p>PUNTO DE REUNIÓN</p>
	<p>ÁREA SUCIA O CONTAMINADA</p>
	<p>ÁREA LIMPIA DE CONTAMINANTES</p>
	<p>CUIDADO AL BAJAR</p>
	<p>EMPUJAR PARA ABRIR</p>
	<p>TIRAR PARA ABRIR</p>
	<p>ROMPER PARA TENER ACCESO EN CASO DE EMERGENCIA</p>
	<p>TELÉFONO DE EMERGENCIA</p>

	<p>NO CORRA POR LAS ESCALERAS</p>
	<p>NO USE EL ASCENSOR EN CASO DE CORTE DE ENERGÍA O INCENDIO</p>
	<p>NO CORRER EN LOS PASILLOS</p>
	<p>INGRESAR SOLO PERSONAS AUTORIZADAS</p>
	<p>NO OBSTRUIR PASILLOS</p>
	<p>VÍA SIN SALIDA</p>
	<p>NO APAGUE EL FUEGO CON AGUA</p>
	<p>LOCALIZACIÓN DEL EXTINTOR</p>

	<p>RED HÚMEDA</p>
	<p>RED SECA</p>
	<p>ALARMA DE INCENDIO</p>
	<p>CONJUNTO DE EQUIPOS CONTRA FUEGO</p>
	<p>PUERTA CORTA FUEGO</p>
	<p>RED ELÉCTRICA INERTE</p>
	<p>ACTIVACIÓN MANUAL DE LA ALARMA</p>
	<p>ROTULACIÓN DE LA CARGA DE OCUPACIÓN MÁXIMA</p>

Componentes de las señales aprobadas de Emergencia o Seguridad





TIPO DE LETRA: IMPACT
TRIQUIL CUADRADO CON ESQUINAS REDONDEADAS



GOBIERNO DE GUATEMALA
