INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE ELECTROMECÁNICA

INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

DEPARTAMENTO DE GESTIÓN DE RED Y
MANTENIMIENTO ELECTROMECÁNICO ZONA OESTE

PRÁCTICA DE ESPECIALIDAD

(MI – 4402)

"INFORME FINAL DE LOS PROYECTOS DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE BACHILLER EN INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA"

(Rediseño del Chiller y el diseño del mantenimiento preventivo de la Central de la Avenida Segunda del I.C.E. Telecomunicaciones)

PRACTICANTE:

RODOLFO ALECKSANDER MONGE GARRO

SEGUNDO SEMESTRE.

SAN JOSÉ, NOVIEMBRE 2002.

INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:

Nombre: Rodolfo Alecksander Monge Garro.

Cédula: 1 – 1018 – 0963.

Carné I.T.C.R: 9710309.

Dirección de mi residencia en época lectiva: De la Iglesia Católica de Lourdes de Montes de Oca, 100m Sur y 40m Este; San José, Costa Rica.

Dirección de mi residencia en época no lectiva: De la Iglesia Católica de Lourdes de Montes de Oca, 100m Sur y 40m Este; San José, Costa Rica.

Teléfono en época lectiva: 224 – 54 –48.

Teléfono en época no lectiva: 224 – 54 –48.

E-mail: ramg_18@hotmail.com

INFORMACIÓN DEL PROYECTO:

Nombre del Proyecto: Rediseño del Sistema Chiller y Desarrollo de un Mantenimiento Preventivo.

Profesor Asesor: Ing. Ronald Bolaños Maroto.

Asesor en la Institución: Ing. Francisco Víquez Solís.

Horario de Trabajo del Estudiante: De lunes a viernes de 7: 30 a 17: 00, menos los jueves por clases en el I.T.C.R.

INFORMACIÓN DE LA EMPRESA:

Nombre: Instituto Costarricense de Electricidad Telecomunicaciones. (ICETEL)

Zona: Metropolitana Oeste.

Dirección: Edificios esquineros sobre avenida segunda y calle tres, frente al banco Popular, San José centro.

Teléfono: 240 – 34 – 05.

Fax: 240 – 33 – 48.

Actividad Principal: Servicio nacional de Telecomunicaciones.

DEDICATORIA

Le agradezco a Dios, por darme los medios que Él creyó necesarios para que yo alcanzara mis metas.

Le agradezco la oportunidad de tener la salud y la inteligencia para llegar a esta etapa de mi vida.

Le agradezco a mi madre, por darme el privilegio de estar en este mundo, compartiendo experiencias.

Le agradezco a mi familia el apoyo y el acogerme en su seno, para ser la persona que hoy soy.

Les agradezco a mis amigos y compañeros por apoyarme cuando los necesité.

"Cuando uno persigue un sueño, el universo entero conspira para lograrlo."

Paulo Coelho.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Ante todo al Señor Dios por todo
lo que me ha dado y bendecido,
aun sin hacer méritos suficientes.
Por haberme dado la oportunidad,
por rodearme de la gente que tengo a mi lado:
mi madre, mi familia, mis amigos, mi novia y aquellas personas
que de una u otra manera forjaron y forjan
mi carácter, mis sentimientos, mi vida.
Por la vida que me queda por delante,
por los sentimientos que me quedan por descubrir,
las angustias y las alegrías que poco a poco
darán forma al carácter, siempre evolucionante.
Gracias a Dios Todopoderoso
por permitirme realizar un sueño en realidad,
y darme la oportunidad de superarme día a día.
Gracias por todo lo que vendrá.
Gracias.

"Hijo mío desde tu juventud busca la instrucción, y cuando seas viejo aún tendrás sabiduría. Acércate a ella como quien ara y siega con la esperanza de una buena cosecha, cultivándola tendrás poco trabajo y pronto comerás de sus frutos.
...Acepta la sabiduría como cadenas para tus pies y como yugo para tu cuello.
...Al fin ella te dará descanso y se convertirá en tu alegría.
...Piensa en respetar al Altísimo, y medita siempre en sus mandatos; él te dará inteligencia y la sabiduría que deseas."

Eclesiástico 6, 18-19; 24; 28; 37

Al I.C.E. Telecomunicaciones

A la institución del I.C.E. Telecomunicaciones,
por haberme cedido la oportunidad
de dar este importante paso que constituyó mi primer trabajo
y mi primera experiencia laboral real.
Quiero dejar patente mi agradecimiento a todas las personas
que de alguna u otra forma colaboraron
en la realización de mi Proyecto de Graduación.
Mi agradecimiento especial al Lic. Carlos Marín Mejía,
al Ing. Marvin Alvarado Chacón, al Ing. Hugo Avalos Mora,
Lic. Ronulfo Vargas Vargas y al Ing. Francisco Víquez Solís,
jefe de uen de gestión de red y mantenimiento electromecánica zona oeste
y demás compañeros de I.C.E. Telecomunicaciones, por la oportunidad
brindada, su apoyo y colaboración incondicional.
Mención especial merece la Ing. Katia Solano Mata,
directora de recursos humanos, al Sr. Carlos Arrieta Sánchez, y al
Sr. Didier Calderón Altamirano, Compañeros y amigos de la
Central de San José; por su orientación, consejos, ayuda, colaboración
y el apoyo en todo momento en la realización del proyecto.
A todos muchas gracias.
...Gracias.

Telecomunicaciones ICE

"Hay que unirse,
no para estar juntos,
sino para hacer algo juntos."

J. Cortés

Al Tecnológico

Al Instituto Tecnológico de Costa Rica,
por haberme permitido realizar mi formación profesional,
brindarme los conocimientos, estudios y el criterio
para aprender a aprender y a estudiar
para desarrollar este trabajo de graduación
y desempeñarme como profesional en el futuro.
Además quiero agradecer principalmente
al ingeniero Ronald Bolaños Maroto,
al ingeniero Jorge Valverde Vega,
y al ingeniero Carlos Quirós Cabezas
por su colaboración en la práctica.
Y en general a todo el personal
administrativo y docente
que han colaborado y influenciado
el resultado del día de hoy.
... Gracias.

TEC
Instituto Tecnológico de Costa Rica

INGENIERIA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

"El primer paso hacia la excelencia
es el deseo de alcanzarla."

J. Leñero

"Grande es la sabiduría
e infinito es su valor.
Es la más alta victoria
del hombre."

Carlyle

A mis profesores

El aporte significativo en cualquier campo

eleva palabras de agradecimiento.

Les dedico este trabajo y proyecto de graduación

A todos nuestros les agradezco

el empeño y cariño que demostraron

para con nosotros, los estudiantes del Tecnológico

lo mismo que su colaboración y acertados consejos;

por querer que todos los estudiantes saliéramos adelante y

llegáramos hasta el punto donde estamos en este momento.

En los lumbrales de una vida como profesionales,

ahora plasmamos nuestros conocimientos y el de ustedes también,

como extensión de su sabiduría y enseñanzas,

en pos de una mejor nación,

para el bienestar de nosotros, los nuestros y los venideros.

"Maiore pennas nido"

Horacio.

"In magnis et veluisse est"

Propercio.

Gracias madre

Gracias madre, por llevarme al colegio, el libro que había olvidado...
por echarme el cuaderno de español... por firmarme los exámenes ...
por tomarme la materia ... por ayudarme a encontrar la faja en la mañana...
por hablar con el profesor de francés para que me reconociera los dos puntos del examen...
por buscarme una maestra aparte ... por comprarme los materiales para la tarea ...
porque , si no hubieras sacado la circular del bulto, no la habría llevado firmada.

Gracias madre , por dejarme ir a paseos o actividades especiales
Por dejarme venir mas tarde ... por dejarme hacer el "plan" con mis amigos.

Gracias madre, por darme la medicina cuando me duele la "panza"...
Por consolarme cuando me caigo...
Por acompañarme al hospital cuando me quebré ...
Por acompañarme cuando tengo pesadillas.

Gracias madre , por hablar con la mama del compañero que me quitaba la merienda...
Por explicar a la maestra que yo no soy rebelde; solo me distraigo...
Por llevarme a los partidos de basket de la selección del colegio ...
Por felicitarme cuando hago una canasta...
Por recogerme después de la fiesta...

Gracias madre, por el sacrificio que hiciste para comprarme estas tenis tan chivas ...
Por decirme que valgo mucho y que soy inteligente a pesar de que saque un 40 en alguna prueba...
Por comprenderme cuando te dije me gustaba un compañera.

Gracias madre , porque yo se que desde que mi padre nos dejo, la vida ha sido más dura ...
Porque preferiste interrumpir la carrera cuando yo iba a nacer...
Por llamarme todos los días desde la oficina ...
Por madrugar para hacerme la merienda.

Gracias madre, porque me ayudaste a quitarme la vergüenza cuando te pregunte como se hacían los bebes ...
Porque me comprendiste cuando te dije "ridícula y anticuada" al negarme el permiso,
por dejarme poner la emisora que me gusta...
Por tratar bien a mis amigos.

Gracias la mujer que se ha sacrificado, día y noche en las cuáles mientras todos se encontraban durmiendo, permanecía despierta durante las altas horas de la noche, preparando el almuerzo, para poder ir a convertir un sueño y un deseo en realidad.

Gracias porque durante mis estudio en el TEC me apoyaste y patrocinaste compartiendo vivencias, que han ensanchado nuestros lazos afectivos como familia en el transcurso de mi formación académica y culminación de este trabajo.

Gracias y mil gracias por tu cariño, paciencia, amor y compresión en los momentos más difíciles, sin tu ayuda y esfuerzo hoy no podría cumplir el gran sueño.

Gracias madre, por ser mi mamá.

Madre es nombre de Dios en el corazón y en los labios de los hijos.

J. W. Thackeray.

A mi Familia

A toda mi familia, pero en especial a mis abuelos,

Sr. Flor María Garro Fernández y

Sr. Roberto Pérez Sáenz

por sus consejos y ayuda que me han manifestado,

por su comprensión y paciencia durante todos estos

años que me dieron todo lo que necesitaba para poder llegar hasta este punto.

Mi agradecimiento sincero y el recordatorio vivido

de que este logro también es de ustedes.

"El fracaso no me sobrecogerá nunca,

si mi determinación por el éxito

es lo suficientemente poderosa."

Og Mandino.

A mis amigos y compañeros

A mis queridos amigos y compañeros,
por su presencia, por su apoyo, por su ayuda
en los momentos más difíciles que he enfrentado en mi vida,
tanto académicas como personales,
en los cuales salen a relucir las verdaderas amistades,
puesto más que amigos y amigas
los considero como mis hermanos y hermanas.
Además por brindarme tantos buenos ratos y diversiones
que enriquecen y forman el hombre que soy y que seré
el día de mañana como ingeniero y como su eterno amigo.
Mención especial debo hacer a mis amigos y compañeros:
A Julio Aizpurúa Álvarez, Ronald Madrigal Jiménez,
Carlos Granados Aragón, Rodolfo Garita Serrano,
a Christian, Jessica y Karina Vargas Thomas,
Jackeline Chávez Delgado, Rey Castro Ortiz,
Fausto Roldan Gamboa, Esteban Tencio Arce,
Henry Guerrero Vindas y tantos otros.
Gracias a todos por todo.
... Gracias.

"Amigos son los que
en las prosperidades acuden
al ser llamados
y en las adversidades
sin serlo."

Demetrio I.

A mi novia

Mi más sincero agradecimiento a
mi querida novia, Paula Calderón Chacón,
cuya presencia y ayuda
durante este período decisivo de mi vida.
Me a permitido enriquecerme como persona,
crecer como futuro profesional,
me a reconfortado, apoyado y brindado su cariño,
me a llenado de alegrías y me a distraído y relajado,
cuando la presión y los deberes
de mis estudios y de la práctica me sobrecogieron.
A la que a sacrificado su tiempo y su sueño,
sin yo pedirlo, para ayudarme en mis tareas.
A la que me a facilitado el equipo necesario
para el desarrollo de mi proyecto.
A la que a llenado otra parte y faceta de mi vida,
haciéndome una mejor persona
y posiblemente mejor ingeniero, al concluir
está etapa en la que conté con su valiosa presencia.
Todo esto de manera sincera y desinteresada.
Es mi deseo manifestar y dejar patente
lo agradecido que estoy por todo lo que ha hecho
por mi, la mujer a la que amo.
Gracias.

"Todo tiene su tiempo
y todo lo que se quiere
debajo del cielo tiene su hora y lugar.
Es el intelecto el que busca;
pero el corazón es el que halla."

J. Bossuet.

TABLA DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....ii
Agradecimientos:
A Dios.....iii
Al I.C.E. Telecomunicaciones.....iv
Al tecnológico.....v
A mis profesores.....vi
Gracias madre.....vii
A mi familia.....viii
A mis amigos y compañeros.....ix
A mi novia.....x

1. PROLOGO:

Reseña histórica.....1
Reseña histórica del departamento de suministro de energía.....3
Introducción.....7
Resumen.....9
Definición del problema.....11
Metodología para el rediseño del sistema Chiller.....12
Metodología para el P.M.P: 14

2. CAPITULO I:

1. Rediseño del sistema Chiller y su sistema de aguas frías y de retorno.....15
    1.1. Objetivos.....15
        1.1.1 Objetivo general.....15
        1.1.2 Objetivos específicos.....15
1.2 Estudio de la ubicación y condiciones climáticas de la zona de las instalaciones.....16
1.3 Estudio de los planos actuales del edificio 22
1.4 Estudio de los equipos actualmente instalados.....23
1.5 Datos ambientales.....25
1.6 Toma de mediciones.....22
1.7 Cálculo de carga térmica.....32
1.8 Cálculo de carga térmica a través de estructura.....34
1.9 Cálculo de carga térmica por radiación solar a través de vidrios.....40
1.10 Cálculo de carga térmica por iluminación.....46
1.11 Cálculo de carga térmica por personas en el recinto.....54
1.12 Cálculo de carga térmica por equipos en el recinto.....57
1.13 Cálculo de carga térmica por infiltración y cambio de aire.....62
1.14 Cálculo de carga térmica total, real y diseño.....69
1.15 Cálculo y selección del equipo Chiller.....71
1.16 Cálculo y determinación del caudal máxima requerida.....77
1.17 Diseño de la tubería de aguas frías y de retorno.....79
    1.17.1. Objetivos del diseño.....79

1.17.2. Descripción del proceso actual de enfriamiento de las instalaciones.....72
1.17.3. Clasificación de los sistemas de tuberías.....81
1.18 Determinación de las tuberías por tramo.....82
1.19Cálculo y determinación de los diámetros de la tubería, pérdidas y accesorios.....91
1.19.1 Cálculo de diámetros por tramo.....91
1.19.2 Determinación de los diámetros reales de acuerdo de los estándares de la tubería de P.V.C.....94
1.19.3 Pérdidas de energía debido a la fricción.....96
1.19.4 Pérdidas en los intercambiadores de calor.....100
1.20 Cálculo de la presión de succión disponible $NPSH_D$.....101
1.21Determinación de las condiciones necesarias para la selección de la bomba o bombas necesarias.....104

3. CAPITULO II:

2. Programa de mantenimiento preventivo (P.M.P.).....105
2.1. Objetivos.....106
2.1.1. Objetivo general.....106
2.1.2. Objetivos específicos.....106
2.1.3. Mantenimiento Preventivo (M.P.).....107
2.1.4. Los cinco elementos claves para el éxito de un programa de mantenimiento preventivo.....109
2.1.5. Criterio preventivo.....111
2.1.6. Mentalidad preventiva.....111
2.1.7. Seguimiento del P.M.P.....112
2.1.8. Objetivos del mantenimiento industrial.....113
2.1.9. Reducción de costos.....114
2.1.10. Garantizar la seguridad industrial.....116
2.1.11. Funciones del mantenimiento industrial.....118
2.1.12. Importancia del mantenimiento para el desarrollo de las instalaciones de la central de San José, del I.C.E. Telecomunicaciones.....120
2.2. Selección de máquinas que formaran parte del P.M.P.....121
2.3. Valoración del grado de deterioro de las máquinas.....128
2.4. Estudio técnico de las máquinas.....129
2.5. Formación del archivo técnico.....130
2.5.1. Ficha técnica.....131
2.5.2. Histórico de unidades de mantenimiento.....133
2.5.3. Listado de tareas.....134
2.5.4. Tareas por unidad.....136
2.5.5. Orden de trabajo (OT).....137
2.5.6. Requisiciones a bodega.....140
2.6. Codificación de las máquinas.....143
2.6.1. Codificación de la central de San José, por secciones de labores.....144
2.6.2. Codificación de la central por secciones físicas.....145
2.6.3. Codificación de los equipos.....146
2.7. Determinación de los parámetros de funcionamiento global.....148
2.8. Definición de los objetivos específicos del P.M.P.....149

2.9. División de las partes principales de las máquinas para P.M.P.....150
2.10. Elaboración del manual de mantenimiento preventivo (listado de tareas).....162
2.10.1 Definiciones teóricas necesarias para comprender el funcionamiento de los Chillers.....163
2.10.2. Revisiones de operación de rutina de las partes que conforman el sistema Chiller.....170
2.10.2.1. Revisiones diarias.....171
2.10.2.2. Revisiones semanales.....172
2.10.2.3. Revisiones adicionales.....172
2.10.2.4. Procedimientos apropiados.....173
2.10.2.5. Mantenimiento preventivo para las bombas.....174
2.10.3. Revisiones de operación de rutina de las partes que conforman la subestación.....178
2.10.3.1. Transformador seco.....178
2.10.3.2. Características de construcción especiales.....179
2.10.3.3. Pruebas de transformadores.....181
2.10.3.4. Bóvedas de transformadores.....186
2.10.3.5. Requisitos.....187
2.11. Determinación de repuestos requeridos para cada tarea.....191
2.12. Cálculo de la disponibilidad de mantenimiento preventivo.....192
2.12.1. Tiempo de no producción.....192
2.12.2. Operarios disponibles.....193
2.12.3. Tiempo de no producción equivalente.....194
2.12.4. Tiempo para otros trabajos.....194
2.12.5. Disponibilidad de mantenimiento preventivo.....195
2.13. Elaboración del Gantt anual.....196
2.14. Organización de las tareas.....198
2.15. Definir la estrategia de motivación.....200
2.16. Cálculo del costo total del P.M.P.....200
2.16.1. Costo por mano de obra.....201
2.16.2. Costos por repuestos.....201
2.17. Costo total del programa de mantenimiento preventivo.....202
2.18. Inicio del P.M.P.....204
2.19. Conclusiones.....205
Bibliografía.....206
Anexos.....210

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

1. Prologo

Figuras:

Figura Nº 1. Torres de Transmisión de la Centra de San José.....3
Figura Nº 2. Organigrama de la institución.....6

2. Capítulo I

Figuras:

Figura Nº 1 – 1. Mapa de Costa Rica.....16
Figura Nº 1 – 2. Gráfico precipitación o lluvias de la región.....18
Figura Nº 1 – 3. Gráfico de temperatura de la región.....19
Figura Nº 1 – 4. Gráfico de humedad relativa de la región.....20
Figura Nº 1 – 5. Gráfico de incidencia solar de la región.....21
Figura Nº 1 – 6. Central digital.....23
Figura Nº 1 – 7. Manejadoras.....24
Figura Nº 1 – 8. Equipo de cómputo.....24
Figura Nº 1 – 9. Unidad Split de aire acondicionado.....25
Figura Nº 1 – 10. Instrumentos de medición.....26
Figura Nº 1 – 11. El efecto de almacenamiento de calor.....32
Figura Nº 1 – 12. Ventanales de los edificios.....42
Figura Nº 1 – 13. Muestra de los vidrios de los ventanales.....43
Figura Nº 1 – 14. Muestras de luminarias en las instalaciones.....47
Figura Nº 1 – 15. Cuadro de cargas producidas por los diferentes equipos eléctricos.....58
Figura Nº 1 – 16. Muestra de equipos.....58
Figura Nº 1 – 17. Distribución del espacio físico del sótano.....63
Figura Nº 1 – 18. Distribución del espacio físico del piso Nº 1.....64
Figura Nº 1 – 19. Distribución del espacio físico del piso Nº 2.....65
Figura Nº 1 – 20. Distribución del espacio físico de los pisos Nº 4 al 9.....66
Figura Nº 1 – 21. Esquema técnico del Chiller Carrier sugerido.....76
Figura Nº 1 – 22. Tuberías actuales en los ductos de los edificios.....80
Figura Nº 1 – 23. Diagrama unifilar de los tramos de tubería.....82
Figura Nº 1 – 24. Plano propuesto de la tubería.....83
Figura Nº 1 – 25. Plano de tubería de planta del sótano.....84
Figura Nº 1 – 26. Plano de tubería de planta del piso Nº 1.....85
Figura Nº 1 – 27. Plano de tubería de planta del piso Nº 2.....86
Figura Nº 1 – 28. Plano de tubería de planta del pisos Nº 3 al 6.....87
Figura Nº 1 – 29. Plano de tubería de planta del pisos Nº 7 al 9.....88
Figura Nº 1 – 30. Azoteas.....89

Tablas:

Tabla Nº 1 – 1. Datos estructurales del edificio nuevo.....22
Tabla Nº 1 – 2. Datos estructurales del edificio viejo.....22
Tabla Nº 1 – 3. Rediseño del Chiller.....24
Tabla Nº 1 – 4. Datos de condiciones del edificio nuevo.....26
Tabla Nº 1 – 5. Datos ambientales y dimensiones de cada piso del edificio nuevo.....27
Tabla Nº 1 – 6. Datos de condiciones del edificio viejo.....29
Tabla Nº 1 – 7. Datos ambientales y dimensiones de cada piso del edificio viejo.....30
Tabla Nº 1 – 8. Transmisión a través de la estructura.....35

Tabla Nº 1 – 9. Transmisión a través de la estructura.....37
Tabla Nº 1 – 10. Datos generales de los ventanales del edificio nuevo.....41
Tabla Nº 1 – 11. Datos generales de los ventanales del edificio viejo.....41
Tabla Nº 1 – 12. Transmisión a través de los vidrios del edificio nuevo.....43
Tabla Nº 1 – 13. Transmisión a través de los vidrios del edificio viejo.....45
Tabla Nº 1 – 14. Datos de las luminarias del edificio nuevo.....48
Tabla Nº 1 – 15. Datos de las luminarias del edificio viejo.....49
Tabla Nº 1 – 16. Transmisión por luminarias del edificio nuevo.....51
Tabla Nº 1 – 17. Transmisión por luminarias del edificio viejo.....53
Tabla Nº 1 – 18. Transmisión por personas del edificio nuevo.....55
Tabla Nº 1 – 19. Transmisión por personas del edificio viejo.....56
Tabla Nº 1 – 20. Transmisión por equipos del edificio nuevo.....59
Tabla Nº 1 – 21. Transmisión por equipos del edificio viejo.....60
Tabla Nº 1 – 22. Transmisión por aire del edificio nuevo.....67
Tabla Nº 1 – 23. Transmisión por aire del edificio viejo.....68
Tabla Nº 1 – 24. Cargas térmicas totales.....70
Tabla Nº 1 – 25. Tramos de la tubería de la red hidráulica.....90
Tabla Nº 1 – 26. Caudal requerido por recinto.....91
Tabla Nº 1 – 27. Diámetros de la línea de enfriamiento.....92
Tabla Nº 1 – 28. Diámetros de la línea de retorno.....93
Tabla Nº 1 – 29. Datos estándares de la tubería P.V.C. para los tramos de enfriamiento.....94
Tabla Nº 1 – 30. Datos estándares de la tubería P.V.C. para los tramos de retorno.....95
Tabla Nº 1 – 31. Perdidas por fricción en la tubería de enfriamiento y accesorios.....98
Tabla Nº 1 – 32. Perdidas por fricción en la tubería de retorno y accesorios.....99
Tabla Nº 1 – 33. Presión de succión disponible por tramo.....103

2. Capítulo II

Figuras:

Figura Nº 2 – 1. Planta de generación Cummins.....124
Figura Nº 2 – 2. Planta de generación Kohler.....125
Figura Nº 2 – 3. Subestación.....126
Figura Nº 2 – 4. Chiller.....127
Figura Nº 2 – 5. Ficha técnica.....132
Figura Nº 2 – 6. Histórico de unidades de mantenimiento.....134
Figura Nº 2 – 7. Listado de Tareas.....135
Figura Nº 2 – 8. Tareas por Unidad.....137
Figura Nº 2 – 9. Orden de trabajo.....139
Figura Nº 2 – 10. Requisición a bodega.....141
Figura Nº 2 – 11. Motor Diesel.....150
Figura Nº 2 – 12. Generador.....150
Figura Nº 2 – 13. Arrancador.....150
Figura Nº 2 – 14. Bomba de inyección.....150
Figura Nº 2 – 15. Batería.....151
Figura Nº 2 – 16. Cargador de batería.....151
Figura Nº 2 – 17. Turbo.....151
Figura Nº 2 – 18. Solenoide.....151
Figura Nº 2 – 19. Tanque de combustible.....152
Figura Nº 2 – 20. Filtros de combustible.....152
Figura Nº 2 – 21. Filtros de aceite.....152
Figura Nº 2 – 22. Filtros de aire.....152
Figura Nº 2 – 23. Radiador externo.....152
Figura Nº 2 – 24. Controles.....153
Figura Nº 2 – 25.Distribución.....153
Figura Nº 2 – 26. Motor Diesel.....153

Figura Nº 2 – 27. Generador.....153
Figura Nº 2 – 28. Arrancador.....154
Figura Nº 2 – 29. Batería.....154
Figura Nº 2 – 30. Cargador de batería.....154
Figura Nº 2 – 31. Turbo.....154
Figura Nº 2 – 32. Solenoide.....155
Figura Nº 2 – 33. Tanque de combustible.....155
Figura Nº 2 – 34. Filtros de combustible.....155
Figura Nº 2 – 35. Filtros de aceite.....155
Figura Nº 2 – 36. Filtros de aire.....156
Figura Nº 2 – 37. Radiador externo.....156
Figura Nº 2 – 38. Controles.....156
Figura Nº 2 – 39. Distribución.....156
Figura Nº 2 – 40. Transformador.....157
Figura Nº 2 – 41. Banco de condensadores.....157
Figura Nº 2 – 42. Transferencias eléctricas.....157
Figura Nº 2 – 43. Tableros.....157
Figura Nº 2 – 44. Interruptores.....158
Figura Nº 2 – 45. Compresores.....158
Figura Nº 2 – 46. Panel de control.....158
Figura Nº 2 – 47. Condensador.....158
Figura Nº 2 – 48. Bombas de agua.....159
Figura Nº 2 – 49. Puerta de la bóveda de transformadores.....187
Figura Nº 2 – 50. Bóveda de transformadores.....188
Figura Nº 2 – 51. Circulación de aire.....188
Figura Nº 2 – 52. Circulación de aire.....189
Figura Nº 2 – 53. Entradas de aire.....189
Figura Nº 2 – 54. Ductos y protecciones del transformador seco.....190

Tablas:

Tabla Nº 2 – 1. Codificación para las frecuencias por tiempo de las tareas.....142
Tabla Nº 2 – 2. Codificación para los tipos de rubros.....142
Tabla Nº 2 – 3. Codificación para los tipos de tareas.....142
Tabla Nº 2 – 4. Códigos de las secciones y distribución física de la Central de San José.....145
Tabla Nº 2 – 5. Tabla de códigos de los equipos.....146
Tabla Nº 2 – 6. Salarios de los mecánicos y sus ayudantes.....202
Tabla Nº 2 – 7. Estimación optimista, promedio y pesimista de los costos del P.M.P..... .203

PROLOGO

RESEÑA HISTÓRICA DEL I.C.E.

El Instituto Costarricense de Electricidad (I.C.E) nace como respuesta a las necesidades de energía eléctrica y al monopolio establecido por la American Foreign Power Company Incorporated, que controlaba el sector eléctrico desde 1928. Varias organizaciones nacieron a raíz de este problema, como la Liga Cívica, la Asociación para Defensa del Consumidor y El Servicio Nacional de Electricidad, hasta que el Gobierno, mediante el Decreto Ley No. 449 del 8 de abril de 1949 establece el Instituto.

Cuenta con personería jurídica propia y actualmente es una de las principales instituciones autónomas con que cuenta la nación. Tiene un promedio de 10 000 empleados, ubicados en los principales centros de población nacional, genera 92% de la energía demandada y es responsable de la planificación total de los servicios eléctricos.

El 28 de octubre de 1963, la Ley No. 3226 le confiere al ICE la potestad de establecer, mejorar y operar los servicios de telecomunicaciones. Para responder a esta doble expectativa y llevar a cabo una adecuada labor, se crearon el sector administrativo y el sector técnico, todo regulado por la Ley de Contratación Administrativa y la Ley de Administración Financiera, mediante las cuales se rigen las gestiones que sirven de apoyo como: capacitación, presupuesto, proveeduría y personal. Hasta 1995, inclusive, estas dos grandes empresas de servicios, electricidad y telecomunicaciones, trabajaron bajo una sola expectativa administrativa y financiera, y a partir de ahí serán empresas regidas bajo sistemas independientes, con el nombre siempre de Corporación ICE, con el fin de facilitar la gestión.

El estado caótico que presentaban las comunicaciones antes de 1963, con un total de 10000 abonados bajo un sistema manual, distribuidos en algunas cabeceras de provincias y en San José, ha sido sustituido por modernas centrales automáticas, primero analógicas, luego digitales y ahora celulares, que abarcan todo lo largo y ancho del territorio nacional.

Figuran también servicios de red de transmisión de datos, facsímiles, canales arrendados y comunicación internacional vía satélite con el resto del mundo. Se ha pasado ya de tener un sistema de numeración de seis dígitos a uno de siete dígitos, para con esto cubrir la demanda de servicios durante los próximos cincuenta años.

El instituto ha sido estructurado de la siguiente forma: una junta directiva llamada también Consejo Directivo, que es la máxima autoridad dentro de la institución, compuesta por el Presidente ejecutivo, quien es el funcionario de mayor posición jerárquica, y por seis directores, uno de los cuales es el vicepresidente ejecutivo. Los seis miembros son nombrados por el Consejo de Gobierno de la Republica, que es el que define los lineamientos que deben seguirse.

La Junta Directiva cuenta también con la Secretaría, la Asistencia Técnica y Administrativa y la Auditoría. Esta ultima tiene autonomía operacional. La Junta Directiva nombra al gerente, subgerentes, auditor, subauditor y tesorero.

De la Presidencia Ejecutiva depende la Gerencia General, que incluye seis subgerencias, con sus direcciones y cada una de ellas con sus respectivas subdirecciones, departamentos, oficinas y secciones.

RESEÑA HISTÓRICA DEL DEPARTAMENTO DE SUMINISTRO DE ENERGÍA

Ubicado dentro de la Subgerencia de Operaciones en Telecomunicaciones, se encuentra el Departamento de Suministro de Energía, encargado del mantenimiento preventivo y correctivo, de mejoras, de proyectos de sustitución y de asesoría a otras dependencias relacionadas con él.

Este Departamento con cuenta con 47 empleados, divididos en dos oficinas y cuatro secciones que trabajan siguiendo cronogramas elaborados por áreas geográficas para dar solución a las necesidades de sus clientes internos.

Además, cuenta con una unidad administrativa encargada del control del presupuesto y con un staff para el control de planillas, reporte y cierre de averías, ubicación de técnicos y su control de tiempos en la realización de labores, requisición de materiales, control de vacaciones, y control de vehículos.

Cada uno de los responsables de esta estructura debe rendir sus reportes mensuales de actividades, que según su importancia, deben discriminarse para la información que se debe suministrar a los entes superiores, los cuales a su vez evalúan el desempeño del departamento.

Figura Nº 1 (Torres de Transmisión de la Centra de San José)

El departamento del I.C.E. Telecomunicaciones en el que se desarrollaron los proyectos de la práctica, es el correspondiente al de Gestión de Red y Mantenimiento Electromecánico de la Zona Oeste, con la gerencia principal en la Central Norte en la Florida de Tibas.

La normativa y estructuración de este departamento son las siguientes:

- **VISIÓN:**

"Modernizar la gestión de las actividades de Operación y Mantenimiento del Sector de Telecomunicaciones"

- **MISIÓN:**

"Facilitar las actividades de operación y mantenimiento, por medio del desarrollo de las funcionalidades de la RGT y la integración de las redes y subredes que conforman el Sector de Telecomunicaciones por medio de una plataforma normalizada".

- **DIRECTRICES:**

- Excelencia en el servicio al cliente.
- Trabajo en equipo como clave del éxito.
- Proactividad en la identificación y solución de problemas.
- Mejorar y desarrollar servicios que agreguen valor a los clientes.
- Responsabilidad y profesionalismo.
- Mejorar continuamente la base tecnológica.
- Capacitar al personal profesional y técnico.

❑ POLÍTICAS DE GESTIÓN DE RED:

La Subgerencia de Telecomunicaciones, en coordinación con el Proceso Gestión de Red de la UEN GRM, elaboraron las políticas generales (Nota ICETEL -1337 del 20 de marzo de 2001), encaminadas a ordenar los esfuerzos para la integración de un centro de gestión de Telecomunicaciones. Estas políticas se detallan seguidamente:

1. El Centro de Gestión de Telecomunicaciones, a cargo de la UEN GRM, es el centro desde donde se supervisará la totalidad de las redes del I.C.E. Telecomunicaciones. En situaciones de contingencia que afecten severamente el Sistema de Telecomunicaciones, el Centro de Gestión de Telecomunicaciones coordinará con los Centros de Operación Especializados, los cuales harán lo pertinente en las redes especializadas para el restablecimiento del servicio.

2. La UEN GRM es la responsable tanto de gestionar y mantener la infraestructura común en operación del Sistema de Telecomunicaciones como de desarrollar el Centro de Gestión de Telecomunicaciones, entendiéndose por infraestructura común los elementos compartidos entre dos o más UENS.

3. Las UEN a cargo de redes y plataformas de servicios son las responsables de gestionar y mantener los elementos especializados que las conforman, y debe existir un vínculo de interconexión normalizado con el Centro de Gestión de Telecomunicaciones para permitir la incorporación de las diferentes redes.

4. Los centros de gestión especializados de las diferentes UEN coordinarán con el Centro de Gestión de Telecomunicaciones, de tal forma que se garantice tanto la visión completa de los eventos más importantes presentes en la red, como su análisis, seguimiento, correlación y pronta restauración.

5. Para mejorar la calidad de los servicios de telecomunicaciones prestados a los clientes, el Centro de Gestión de Telecomunicaciones, en conjunto con los centros Operativos existentes, establecerá la normativa correspondiente para la efectiva incorporación de la información de supervisión de las diferentes redes en operación al sistema de gestión del ICE Telecomunicaciones.

6. Los sistemas de gestión de red que en el futuro se incorporen a la red del ICE Telecomunicaciones deben estar en concordancia con lo definido en el punto 5, y la responsable de la configuración inicial de la red (infraestructura común) la UEN DEP.

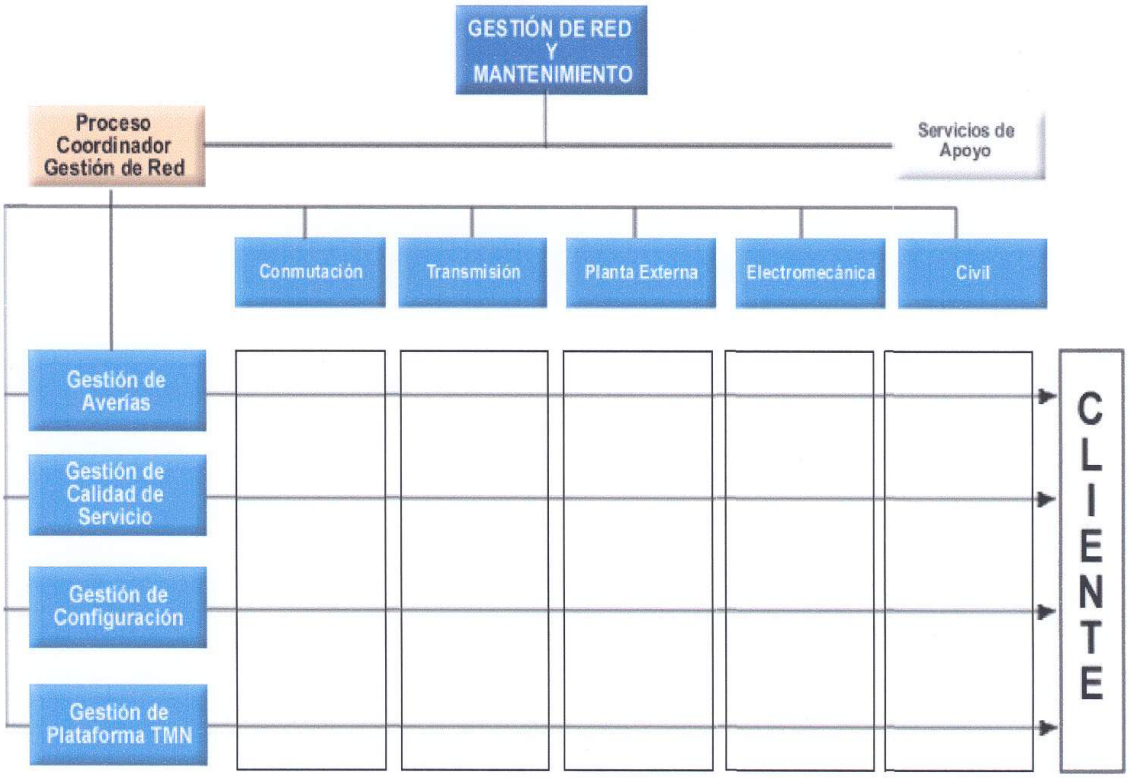


Figura N° 2. (Organigrama de la institución)

INTRODUCCIÓN

El I.C.E. Telecomunicaciones se dedica a prestar sus servicios en todo el territorio nacional en de todo lo referente a telecomunicaciones e información, como telefonía residencial, celular, radiográfica e Internet; así como de distribución de información. Para ello cuenta con una estructura muy bien organizada, conformada por personal de alta calidad de formación y preparación, y del equipo y la tecnología necesarios.

De lo que corresponde a telecomunicaciones, parte de sus principales equipos e instalaciones en el manejo, recepción y la transmisión se encuentran en la agencia de la Central de la Avenida Segunda, ésta cuenta con dos edificios de nueve y seis pisos, respectivamente. Por tal razón se hace necesario establecer algún tipo de control que permita conformar un mantenimiento adecuado para estos equipos, y no esperar a que por falta de un mantenimiento adecuado se deterioren muy rápido.

A raíz de estas condiciones se propone diseñar un programa de mantenimiento preventivo (PMP), que abarque inicialmente a las plantas de generación de energía eléctrica para emergencia de los equipos de los edificios, y la subestación de corriente directa para los mismos equipos. También se piensa contemplar el equipo Chiller que se desea conservar como respaldo del nuevo, y que se extienda posteriormente al resto de los equipos que hay en las instalaciones.

Este programa más que un control para el mantenimiento preventivo de los equipos, será la base para poder controlar la gestión del mantenimiento de la empresa, y de esta manera se cubren los requerimientos del proyecto administrativo del mantenimiento industrial.

En cuanto al proyecto técnico, éste será cubierto con la necesidad que tiene el I.C.E. Telecomunicaciones de rediseñar y sustituir el sistema de aire acondicionado, así como de su sistema de aguas frías y calientes, ya que el de las instalaciones de la Avenida Segunda requiere de un constante control y climatización de todos sus pisos donde tienen equipos.

Es por ello que es necesario modernizar y mantener la mejor calidad en los equipos e instalaciones encargadas de la imprescindible ambientación de los recintos que poseen equipos de telecomunicaciones.

Se necesita tener la capacidad de solventar una carga térmica máxima en cada uno de los pisos de los dos edificios, ya que las instalaciones están en constantes remodelaciones y sustitución de equipos; y en estos momentos con los Chiller actuales no tienen esa capacidad ni solvencia.

Además las condiciones en las que se encuentra la instalación de la tubería y el equipo, aunque no esta del todo mal, es muy antigua y requiere reestructuración y modernización.

De este modo se establecen dos proyectos para realizar en la empresa I.C.E Telecomunicaciones, un programa de mantenimiento preventivo y un rediseño del sistema de aire acondicionado (Chiller).

RESUMEN

Una vez entendida la estructura y el fin del departamento Gestión de Red y Mantenimiento Electromecánico de la Zona Oeste, se puede ahondar más en los detalles de la central o agencia de la Avenida Segunda, la cual se dedica o tiene como función la de ser centro o base de operaciones del equipo encargado de brindar y facilitar todo tipo de telecomunicación y manejo de información, dentro del país e internacionalmente.

El buen manejo de estos recursos le ha permitido al Instituto Costarricense de Electricidad poder superarse, incrementar su capacidad en el manejo de información, contar con líneas de toda índole y almacenamiento e incorporar nuevas tecnologías en sus procesos. En fin, ha logrado aumentar el nivel de servicios en este sector para beneficio del país.

Dicha institución por su actividad en las telecomunicaciones, esta institución pasa en constante remodelación de las instalaciones, y adquiere contaminante de nuevos y más modernos equipos. De ahí nace la exigencia de mantener las condiciones necesarias en la infraestructura y en la climatización y control del ambiente de los diferentes recintos de los pisos, donde se instalan y desarrollan las diferentes operaciones referentes a telecomunicación y manejo de información. Esto le ha permitido tener la solvencia necesaria para realizar constantes cambios en los diferentes requerimientos que se le hacen a este departamento.

El primer problema era establecer un programa de mantenimiento preventivo que abarcara inicialmente las plantas de generación eléctrica, la subestación y el Chiller, que en un futuro se expandiera al resto de los equipos. Este programa debería ser la base de un sistema que permitiera controlar la gestión del mantenimiento, ya que hasta el momento ésta era una de las labores del departamento de Electromecánica del edificio que no se estaba realizando.

Esta práctica de especialidad se centró, así, en la elaboración de los medios necesarios para implementar dichos controles. Primero se inició con el diseño de una serie de documentos básicos para la administración del mantenimiento, ya que no se contaba con ninguno.

Luego se procedió con el estudio técnico de las máquinas, revisión de manuales y búsqueda de información adicional.

Posteriormente, con los documentos y la información recopilada se formó un archivo técnico de los equipos. Paulatinamente se siguieron una serie de pasos que condujeran a la elaboración del manual de mantenimiento preventivo, para finalmente hacer una programación en el tiempo de las tareas y culminar con una estimación de los costos del proyecto.

El segundo problema que se quería corregir era el deficiente sistema de aire acondicionado de los Chillers de los edificios de esta central ya que las condiciones actuales de capacidad de enfriamiento y de la red de distribución de aguas frías, por la infraestructura, no eran muy prometedoras.

La meta era hacer un rediseño del sistema para una posterior sustitución por un solo y nuevo Chiller de tornillo, que tenga la capacidad de abarcar toda la carga térmica de los dos edificios y eventuales modificaciones; como el proyecto desarrollado anteriormente en otra central del I.C.E. Telecomunicaciones (Central Oeste), así como la reestructuración y el rediseño de la red hidráulica de aguas frías y calientes para ambos edificios, de modo que se obtuviera un sistema más eficiente y accesible a todos los pisos para su posterior utilización.

Palabras Claves: Rediseño, Chiller, Reestructuración, Red Hidráulica, I.C.E. Telecomunicaciones.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

- La Institución del I.C.E. Telecomunicaciones tiene un sistema de aire acondicionado para los dos edificios que conforman la agencia o central de la Avenida Segunda, mediante dos Chillers, así como una red hidráulica de aguas calientes y frías. Estos deben ser cambiados, básicamente por las siguientes razones: su diseño deficiente, la falta de capacidad para los requerimientos de la compañía y los edificios, la antigüedad y necesidad de modernización de los equipos y la instalación y la necesidad de reestructuración y ampliación. En este último caso uno de los Chillers se encuentra en mal estado, y es, algo antiguos y se desea que quede como un sistema de respaldo, en paralelo con el nuevo que se quiere instalar.

- La Institución del I.C.E. Telecomunicaciones no cuenta con los medios que le permitan, al departamento de Gestión y Mantenimiento Electromecánico Zona Oeste controlar la gestión del mantenimiento; en este caso de la agencia o central de la Avenida Segunda propiamente dicha; ni cuenta con una parte de esos medios, que es un programa de mantenimiento preventivo.

METODOLOGÍA PARA EL REDISEÑO DEL SISTEMA CHILLER

De acuerdo con los estudios realizados por el autor de este estudio en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, se considera que el desarrollo del proyecto técnico debe ajustarse a la siguiente secuencia de pasos para calcular la carga térmica de los edificios y sus sistemas hidráulicos:

- Establecimiento de los objetivos generales y específicos del proyecto.
- Estudio de la ubicación y las condiciones climáticas de la zona de las instalaciones.
- Estudio de los planos actuales.
- Estudio de los equipos actualmente instalados.
- Toma de mediciones.
- Cálculo de la carga térmica.
- Cálculo de la carga térmica a través de la estructura.
- Cálculo de la carga térmica por radiación solar a través de vidrios.
- Cálculo de la carga térmica por iluminación.
- Cálculo de la carga térmica por personas en el recinto.
- Cálculo de la carga térmica por equipos en el recinto.
- Cálculo de la carga térmica por infiltración y cambio de aire.
- Cálculo de la carga térmica total real, de diseño y sugerida.
- Cálculo y selección del equipo Chiller.
- Cálculo y determinación del caudal de agua máxima requerida.
- Cálculo de la presión absoluta del sistema.
- Diseño de la tubería de aguas frías y calientes.

- Cálculo y determinación de los diámetros de las tuberías, perdidas y accesorios.
- Cálculo de la presión de succión disponible $N.P.S.H._D$.
- Determinación de las condiciones necesarias para la selección de la bomba o bombas necesarias.

METODOLOGÍA PARA EL P.M.P

Para elaborar el P.M.P. se tomaron como guía los pasos para el diseño de un programa de mantenimiento preventivo[1], pero con ciertas variaciones. Los pasos propuestos son los siguientes:

- Selección de máquinas para el P.M.P.
- Valorar el grado de deterioro de las máquinas.
- Estudio técnico de las máquinas.
- Formación del archivo técnico.
- Codificación de las máquinas.
- Determinación de los parámetros de funcionamiento global.
- Definir los objetivos específicos del P.M.P.
- Dividir la máquina en partes.
- Elaboración del manual de mantenimiento preventivo.
- Determinación de los repuestos para las inspecciones.
- Cálculo de la disponibilidad de mantenimiento.
- Elaboración del Gantt anual.
- Organizar la ejecución de las inspecciones.
- Definir la estrategia de motivación.
- Calcular el costo total del P.M.P.
- Inicio del P.M.P.

[1] Folleto para el Curso de Administración de Mantenimiento I, del Ing. Jorge Valverde Vega.

CAPÍTULO I

1. REDISEÑO DEL SISTEMA CHILLER Y SU SISTEMA DE AGUAS FRÍAS Y DE RETORNO

1.1 OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

Rediseñar, mediante el cálculo, un nuevo sistema Chiller para el acondicionamiento máximo de todos los recintos de las instalaciones de la agencia central del I.C.E. Telecomunicaciones, ubicada en la Avenida Segunda de San José.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a. Establecer mediante el cálculo, la nueva carga térmica de los edificios, para cubrir por completo la demanda en el acondicionamiento de los diferentes recintos de los pisos de las instalaciones, si todos éstos se acondicionan para mantener equipos de telecomunicaciones a su capacidad y cantidad máxima.

b. Determinar un nuevo sistema hidráulico para las aguas frías y las de retorno que requieren el nuevo equipo Chiller, que se debería instalar para cubrir los requerimientos de la carga térmica del objetivo anterior, de la manera más eficiente posible.

1.2 ESTUDIO DE LA UBICACIÓN Y CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA ZONA DE LAS INSTALACIONES

Cuando se hace referencia al clima de un país, se trata de describir el comportamiento promedio de las principales variables meteorológicas de la manera más sencilla posible.

Al conocer la temperatura, la humedad, la cantidad de precipitación y otras variables, se tiene una idea de cuál es la mejor época del año para visitar esa región y dependiendo de nuestras necesidades, asumimos cómo debemos vestir y hasta qué tan recomendable es para nuestra salud. Por esta razón es muy importante saber como es el clima del país.

Nuestro país, Costa Rica se encuentra ubicado en la parte sur de América Central, al norte del Ecuador, en la región conocida como neotrópica. Tiene una extensión de 51 100 kilómetros cuadrados (de los cuales 24% son áreas de protección silvestre), limita al noroeste con Nicaragua, al sureste con Panamá, al este con el Mar Caribe y al oeste con el Océano Pacífico. Su localización esta entre la latitud 08°00’ y 11°15’ norte y las longitudes 82°30’ y 86°00 oeste. La latitud media se estima en los 10º norte y la longitud media en 84°15’ oeste.

Está dividida en siete provincias: San José (la capital) (4959 km^2), Alajuela (9752km^2), Heredia (2656 km2), Cartago(3124 km^2), Puntarenas (11 276km^2), Limón (9188 km^2), Guanacaste(10 140 km^2) y la Isla del Coco, bajo soberanía nacional en el océano Pacífico, en la posición: latitud 5°30’norte y longitud de 87°06’oeste.

Figura Nº 1 – 1. (Mapa de Costa Rica)

El último cálculo de población realizado en el año 2000, dio como resultado una población de 3 824 593 habitantes y 50 % de éstos viven en la Gran Área Metropolitana, que comprende la parte central del país, a una altitud promedio de 1000 metros sobre el nivel del mar.

Costa Rica por su posición en una zona tropical del planeta, se caracteriza por las altas temperaturas y lluvias durante gran parte del año.

La influencia del mar Caribe, del océano Pacífico y el área continental pequeña, hacen que la mayoría de los elementos meteorológicos del clima no presenten grandes oscilaciones anuales, como las que se observan en las grandes masas continentales.

La variación anual más importante que se presenta es en el viento y se debe fundamentalmente a la interacción que presentan los diferentes sistemas de viento que afectan el país y su topografía, la cual cuenta con una cadena montañosa (compuesta por sierras y cordilleras) que atraviesa el país de noroeste a sureste, con elevaciones de hasta 3 820 metros sobre el nivel medio del mar (cerro Chirripó). Esta variación se ve reflejada en la distribución de la precipitación.

Tomando como referencia las características en la distribución de la precipitación, se han designado las seis regiones climáticas, que se indican a continuación:

a) Valle Central

b) Pacífico Norte

c) Pacífico Central

d) Pacífico Sur

e) Vertiente del Caribe

f) Zona Norte

Para fines del rediseño del sistema Chiller de la central de I.C.E. Telecomunicaciones, ubicado en la Avenida Segunda de San José, se toma la región del Valle Central como fuente de información de las condiciones climáticas y ambiéntales de la zona.

- **VALLE CENTRAL**

La región del Valle Central comprende parte de las provincias de San José, Alajuela, Heredia y Cartago. Para representar esta región se analizan las estaciones meteorológicas de Pavas en el centro del Valle y Fraijanes para el sector montañoso, debido a que son las más representativas de las condiciones climáticas de la región.

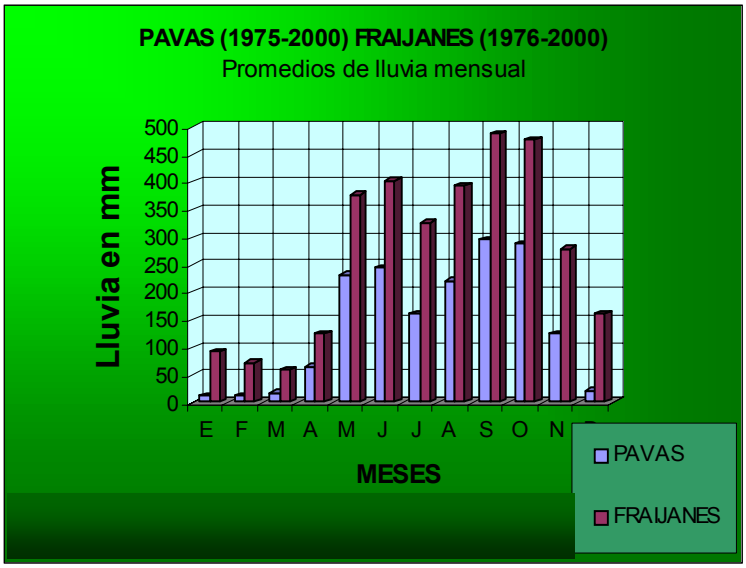


Figura N° 1 – 2. (Gráfico precipitación o lluvias de la región)

La cantidad de lluvia registrada varía de acuerdo con la zona. Por ejemplo, en el sector central (Pavas), de 997m de altitud, se acumula durante el año una cantidad promedio de 1 967 mm (1mm es equivalente a 1 litro por metro cuadrado). Mientras en el sector montañoso (laguna de Fraijanes), a 1 850m de altitud, el registro anual es de 3 230,8 mm. Cabe indicar que el sector montañoso, tanto a inicio como a finales de año, la cantidad de lluvia es mayor que la registrada en el Valle.

En el gráfico, para ambas estaciones meteorológicas se observa en general, una época seca que va desde diciembre hasta marzo, y una lluviosa que se extiende de mayo a octubre (bajo condiciones normales). Se considera que abril y noviembre son meses de transición de una época a otra. En julio se nota una disminución de las lluvias denominada "veranillo", provocada por un cambio en la circulación del viento. Esta condición puede prolongarse de una a tres semanas.

TEMPERATURA

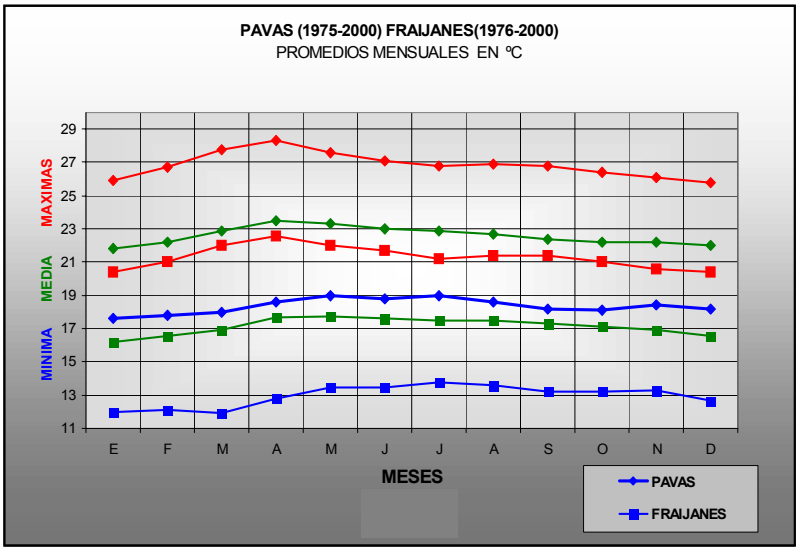


Figura N° 1 – 3. (Gráfico de temperatura de la región)

En Pavas la temperatura promedio se mantiene entre 22 y 24 grados Celsius (°C) y no tiene grandes cambios a través del año, mientras que la máxima promedio no excede los 29º C y los promedios de la temperatura mínima oscilan en alrededor de los 18º C. Mientras en la laguna de Fraijanes, sector montañoso del Valle, la temperatura máxima apenas alcanza 23 grados en los meses de marzo y abril, durante enero y febrero fácilmente baja en algunas ocasiones hasta 7º C.

HUMEDAD RELATIVA

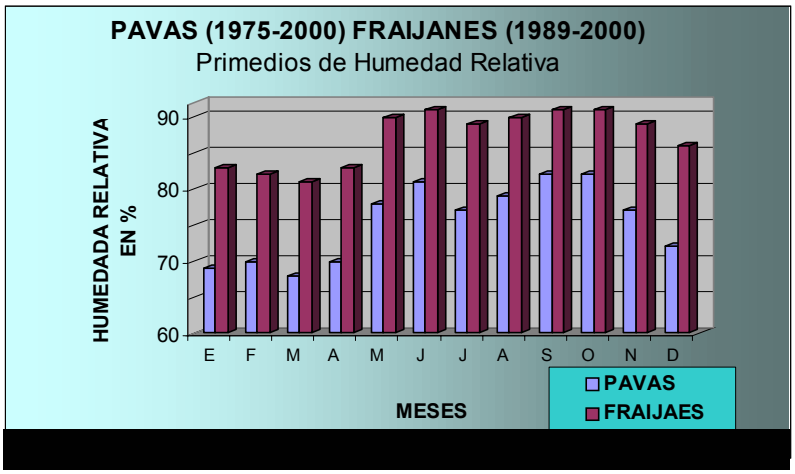


Figura N° 1 – 4. (Gráfico de humedad relativa de la región)

La humedad relativa promedio anual en la estación de Pavas en San José es de 75%, con valores de 69% en la época seca y una oscilación de 10%, a lo largo de cada año. En las partes montañosas (1850 m de altitud, en Fraijanes) el promedio es de 87% y pocas veces se registran humedades por debajo de 80%.

VIENTO

La época seca está marcada por la persistencia del viento Alisio (dirección NE), con velocidades altas de 30 kilómetros por hora (km / h) en enero, febrero y marzo. En la época lluviosa el viento Alisio disminuye la intensidad en horas de la mañana, aproximadamente a las 10:00 a.m. (16:00 Tiempo Coordinado Universal (TCU), con lo cual la brisa del Pacífico con dirección oeste, suroeste, se adentra hasta el Valle Central y forma un "frente de brisa “. Esto favorece la formación de nubes de tipo cúmulos, con suficiente desarrollo vertical como para provocar tormentas eléctricas y lluvias.

INCIDENCIA SOLAR

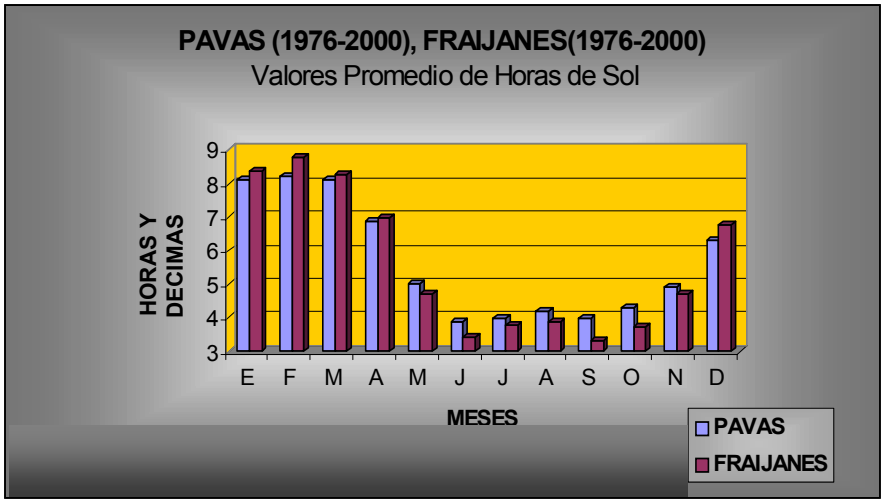


Figura N° 1 – 5. (Gráfico de incidencia solar de la región)

Se podría decir que en el Valle Central siempre hay algunas horas de sol por ejemplo; en las partes centrales varían entre cuatro horas en la época lluviosa cuando la cobertura nubosa varía de parcial a total a lo largo del día, y 8 horas en época seca, cuando predominan el cielo despejado o con poca nubosidad. Tanto en Fraijanes como en Pavas los meses más soleados son enero, febrero, marzo y abril.

1.3 ESTUDIO DE LOS PLANOS ACTUALES DEL EDIFICIO

Con base en los planos existentes en la biblioteca y en el departamento de Ingeniería del I.C.E. situado en la Sábana, así como en los respectivos planos del departamento de Gestión de Red y Mantenimiento Electromecánico Zona Oeste, se establece que las instalaciones del I.C.E. Telecomunicaciones tienen como dimensiones y características estructurales, para fines del proyecto, los siguientes datos correspondientes a la central de la Avenida Segunda:

Tabla N° 1 - 1

DATOS ESTRUCTURALES DEL EDIFICIO NUEVO	
Ubicación:	Sobre Ave. 2° y Calle 3
Altura total:	41.24 m (135.3 ft)
Número de pisos:	9 Pisos y sotano.
Colindad de las paredes:	
Pared norte:	Edificio viejo del I.C.E.
Pared sur:	Avenida Segunda.
Pared oeste:	Calle 3.
Pared este:	Edificio viejo del I.C.E.
Disposición:	Central de telecomunicaciones.
Material de las paredes:	Concreto pesado armado sin aislamiento.
Espesor de las paredes:	0.31 m (1.02 ft)
Material de las divisiones por piso:	Concreto pesado armado sin aislamiento.
Espesor de las divisiones:	0.22 m (0.72 ft)

Tabla N° 1 - 2

DATOS ESTRUCTURALES DEL EDIFICIO VIEJO	
Ubicación:	Sobre Ave. 2° y Calle 3
Altura total:	29.1 m (95.47 ft)
Número de pisos:	6 Pisos y sotano.
Colindad de las paredes:	
Pared norte:	Edificio Las Arcadas.
Pared sur:	Avenida Segunda.
Pared oeste:	Calle 3.
Pared este:	Edificio Las Arcadas.
Disposición:	Central de telecomunicaciones.
Material de las paredes:	Concreto pesado armado sin aislamiento.
Espesor de las paredes:	0.24 m (0.79 ft)
Material de las divisiones por piso:	Concreto pesado armado sin aislamiento.
Espesor de las divisiones:	0.30 m (0.98 ft)

1.4 ESTUDIO DE LOS EQUIPOS ACTUALMENTE INSTALADOS

Con base en las actividades que se realizan en las instalaciones de la Central de la Avenida Segunda, I.C.E. Telecomunicaciones, que consisten en el manejo de información y en telecomunicaciones, y bajo supervisión visual, se pudo determinar que los equipos actualmente instalados en los diferentes pisos de ambos edificios son estrictamente de índole electrónico, digital o analógico y como previamente se dijo únicamente utilizados para fines de comunicación y manejo de información.

Además, a ellos se debe agregar el equipo de oficina y de cómputo, así como el equipo de ambientación o climatización para el control de la temperatura y la humedad de los diversos recintos.

A continuación se muestra una serie de ejemplos de los equipos con los que cuentan estas instalaciones y los que, a su vez, determinaran las fuentes de carga térmica para el desarrollo del rediseño del Chiller.

Figura N° 1 – 6. (Central digital)

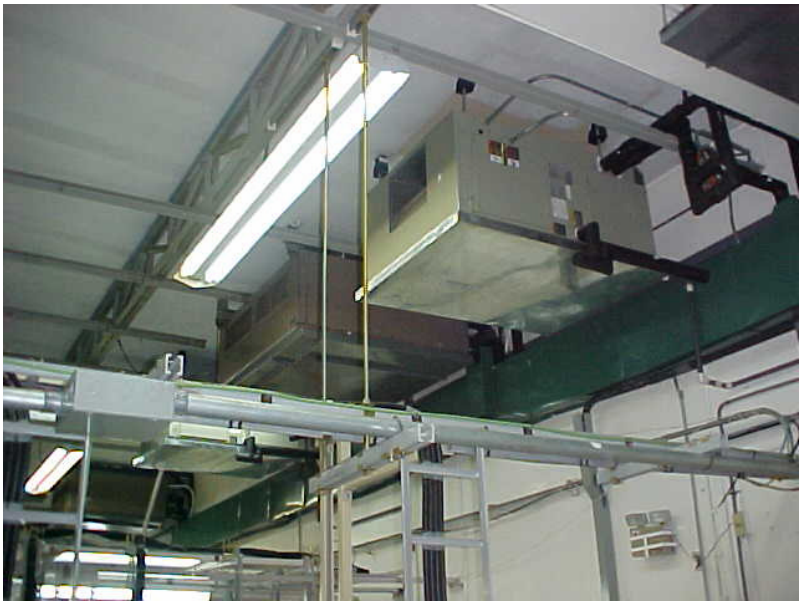


Figura N° 1 – 7. (Manejadoras)

Figura N° 1 – 8. (Equipo de cómputo)

Figura N° 1 – 9. (Unidad Split de aire acondicionado)

1.5 DATOS AMBIENTALES

De acuerdo con los datos del Instituto Metereológico de Costa Rica, presentados en la sección 1.1 de este capítulo, se observa que las instalaciones del I.C.E. Telecomunicaciones se encuentran en la región del valle Central. Por lo tanto, para fines del proyecto, usaremos las siguientes condiciones climáticas y ambientales para la zona correspondiente a la central de la Avenida Segunda:

Tabla N° 1 – 3

Proyecto: REDISEÑO DEL CHILLER.
Recinto: Agencia Avenida Segunda (ICETEL)
Fecha: Setiembre de 2002.
Mes de diseño: Abril.
Hora solar: 14 horas
Latitud: 10º 09` N
Altitud: 1172 msnm
Ubicación: Valle Central (San José, Ave 2° Calle 3)
Temperatura Ambiente Promedio: 22.6 ° C
Humedad Relativa Promedio: 83.26 %
Presión Atmosférica: 88.38 kPa
Presipitación Promedio: 1865 mm

1.6 TOMA DE MEDICIONES

En la agencia del Instituto Costarricense de Electricidad Telecomunicaciones, que cuentan con dos edificios, situados en San José centro sobre la avenida segunda. Estas edificaciones serán destinadas a establecer todos aquellos aposentos necesarios para el buen desempeño de las diversas labores que ahí se realizan.

En el caso de este proyecto, se rediseñará el sistema de aire acondicionado para ambos edificios que conforman las instalaciones.

Mediante el uso de un termómetro láser digital y su similar en un higrómetro, además de una cinta métrica convencional, se logró determinar las siguientes valoraciones y medidas de las condiciones de cada piso o recinto de los dos edificios en estudio, para el proyecto técnico:

Figura N° 1 – 10. (Instrumentos de medición)

Tabla Nº 1 - 4

Datos de condiciones del edificio nuevo	
Ambiente:	
Ubicación:	San José (Avenida Segunda)
Altura:	1 172,00 msnm (3845,14 psnm)
Temperatura ambiente:	22,60 º C (72,68 º F)
Presión atmosférica ambiente:	88,38 kPa (12,82 psia)
Humedad Relativa Ambiente:	83,26 %

Tabla Nº 1 – 5 (Datos ambientales y dimensiones de cada piso del edificio nuevo)

Piso N° 1:	
Ubicación:	San José (Avenida Segunda)
Altura:	1 172,22 msnm (3 845,87 psnm)
Temperatura:	24,60 º C (76,28 º F)
Presión atmosférica:	88,38 kPa (12,82 psia)
Humedad relativa:	59,50 %
Altura del recinto:	4,15 m
Largo de recinto:	22,20 m
Ancho recinto:	13,57 m
Volumen del recinto:	1250,20 m^3
Piso N° 2:	
Ubicación:	San José (Avenida Segunda)
Altura:	1 176,37 msnm (3 859,48 psia)
Temperatura:	24,50 º C (76.10 º F)
Presión atmosférica:	88,38 kPa (12,82 psia)
Humedad relativa:	53,40 %
Altura del recinto:	4,15 m
Largo de recinto:	22,20 m
Ancho recinto:	13,57 m
Volumen del recinto:	1 250,20 m^3
Piso N° 3:	
Ubicación:	San José (Avenida Segunda)
Altura:	1 180,74 msnm (3 873,82 psnm)
Temperatura:	23,30 º C (73,94)
Presión atmosférica:	88,38 kPa (12,82 psia)
Humedad relativa:	55,60 %
Altura del recinto:	4,15 m
Largo de recinto:	22,20 m
Ancho recinto:	13,57 m
Volumen del recinto:	1 250,20 m^3
Piso N° 4:	
Ubicación:	San José (Avenida Segunda)
Altura:	1 185,11 msnm (3 888,16 psnm)
Temperatura:	24,20 º C (75.56 º F)
Presión atmosférica:	88,38 kPa (12,82 psia)
Humedad relativa:	60,90 %
Altura del recinto:	4,15 m
Largo de recinto:	22,20 m
Ancho recinto:	13,57 m
Volumen del recinto:	1 250,20 m^3

Tabla Nº 1 – 5 (Continuación)

Piso N° 5:	
Ubicación:	San José (Avenida Segunda)
Altura:	1 189,48 msnm (3 902,49 psnm)
Temperatura:	24,00 º C (75,20 º F)
Presión atmosférica:	88,38 kPa (12,82 psia)
Humedad relativa:	60,80 %
Altura del recinto:	4,15 m
Largo de recinto:	22,20 m
Ancho recinto:	13,57 m
Volumen del recinto:	1250,20 m^3
Piso N° 6:	
Ubicación:	San José (Avenida Segunda)
Altura:	1 193,85 msnm (3 916,83 psnm)
Temperatura:	20,40 º C (68,72 º F)
Presión atmosférica:	88,38 kPa (12,82 psia)
Humedad relativa:	53,50 %
Altura del recinto:	4,15 m
Largo de recinto:	22,20 m
Ancho recinto:	13,57 m
Volumen del recinto:	1 250,20 m^3
Piso N° 7:	
Ubicación:	San José (Avenida Segunda)
Altura:	1 198,22 msnm (1 198,22 psnm)
Temperatura:	20,90 º C (69,62 º F)
Presión atmosférica:	88,38 kPa (12,82 psia)
Humedad relativa:	56,70 %
Altura del recinto:	4,15 m
Largo de recinto:	22,20 m
Ancho recinto:	13,57 m
Volumen del recinto:	1 250,20 m^3

Tabla Nº 1 – 5 (Continuación)

Piso N° 8:	
Ubicación:	San José (Avenida Segunda)
Altura:	1 202,59 msnm (3 945,51 psnm)
Temperatura:	26,20 º C (79,16 º F)
Presión atmosférica:	88,37 kPa (12,82 psia)
Humedad relativa:	59,10 %
Altura del recinto:	4,15 m
Largo de recinto:	22,20 m
Ancho recinto:	13,57 m
Volumen del recinto:	1 250,20 m^3
Piso N° 9:	
Ubicación:	San José (Avenida Segunda)
Altura:	1 206,96 msnm (3 959,84 psnm)
Temperatura:	23,20 º C (73,76 º F)
Presión atmosférica:	88,37 kPa (12,82 psia)
Humedad relativa:	49,80 %
Altura del recinto:	4,15 m
Largo de recinto:	22,20 m
Ancho recinto:	13,57 m
Volumen del recinto:	1 250,20 m^3

Tabla Nº 1 – 6

Datos de condiciones del edificio viejo	
Ambiente:	
Ubicación:	San José (Avenida Segunda)
Altura:	1 172,00 msnm (3 845,14 psnm)
Temperatura ambiente:	22,60 º C (72,68 º F)
Presión atmosférica ambiente:	88,38 kPa (12,82 psia)
Humedad relativa ambiente:	83,26 %

Tabla Nº 1 – 7 (Datos ambientales y dimensiones de cada piso del edificio viejo)

Piso N° 1:	
Ubicación:	San José (Avenida Segunda)
Altura:	1 172,30 msnm (3 846,13 psnm)
Temperatura:	24,60 º C (72,68 º F)
Presión atmosférica:	88,38 kPa (12,82 psia)
Humedad relativa:	59,50 %
Altura del recinto:	4,05 m
Largo de recinto:	22,20 m
Ancho recinto:	12,50 m
Volumen del recinto:	1 123,88 m^3
Piso N° 2:	
Ubicación:	San José (Avenida Segunda)
Altura:	1 176,65 msnm (3 860,40 psnm)
Temperatura:	23,70 º C (74,66 º F)
Presión atmosférica:	88,38 kPa (12,82 psia)
Humedad relativa:	52,30 %
Altura del recinto:	4,05 m
Largo de recinto:	22,20 m
Ancho recinto:	12,50 m
Volumen del recinto:	1 123,88 m^3
Piso N° 3:	
Ubicación:	San José (Avenida Segunda)
Altura:	1 181,00 msnm (3 874,67 psnm)
Temperatura:	24,50 º C (76,1 º F)
Presión atmosférica:	88,38 kPa (12.82 psia)
Humedad relativa:	47,90 %
Altura del recinto:	4,05 m
Largo de recinto:	22,20 m
Ancho recinto:	12,50 m
Volumen del recinto:	1 123,88 m^3
Piso N° 4:	
Ubicación:	San José (Avenida Segunda)
Altura:	1 185,35 msnm (3 888,94 pnsm)
Temperatura:	23,40 º C (74,12 º F)
Presión atmosférica:	88,38 kPa (12,82 psia)
Humedad relativa:	54,80 %
Altura del recinto:	4,05 m
Largo de recinto:	22,20 m
Ancho recinto:	12,50 m
Volumen del recinto:	1 123,88 m^3

Tabla Nº 1 – 7 (Continuación)

Piso N° 5:	
Ubicación:	San José (Avenida Segunda)
Altura:	1 189,70 msnm (3 903,22 psnm)
Temperatura:	23,10 º C (73,58 º F)
Presión atmosférica:	88,38 kPa (12,82 psia)
Humedad relativa:	54,30 %
Altura del recinto:	4,05 m
Largo de recinto:	22,20 m
Ancho recinto:	12,50 m
Volumen del recinto:	1 123,88 m^3
Piso N° 6:	
Ubicación:	San José (Avenida Segunda)
Altura:	1 194,05 msnm (3 917,47 psnm)
Temperatura:	22,60 º C (72,68 º F)
Presión atmosférica:	88,38 kPa (12,82 psia)
Humedad relativa:	52,40 %
Altura del recinto:	4,05 m
Largo de recinto:	22,20 m
Ancho recinto:	12,50 m
Volumen del recinto:	1 123,88 m^3
SOTANO:	
Ubicación:	San José (Avenida Segunda)
Altura:	1 167,95 msnm (3 831,85 psnm)
Temperatura:	24,80 º C (72,68 º F)
Presión atmosférica:	88,38 kPa (12,82 psia)
Humedad relativa:	66,30 %
Altura del recinto:	4,66 m
Largo de recinto:	44,40 m
Ancho recinto:	26,07 m
Volumen del recinto:	5 393,92 m^3

1.7 CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA

Antes de hacer los respectivos cálculos de la carga térmica de los edificios de la central del I.C.E Telecomunicaciones, en la Avenida Segunda, para la práctica de especialidad del autor de este estudio, es necesario entender las bases teóricas en las que se sustentan esos cálculos, así como conocer las fuentes de referencia de los datos por utilizar en los ellos.

En el interior de estos edificios estos ganan calor de varias fuentes. Si la temperatura y humedad del aire en los recintos se deben mantener a un nivel confortable, se debe extraer calor para compensar las ganancias mencionadas.

A esta cantidad neta de calor que se retira se le llama carga de enfriamiento y es la que se necesita calcular para los proposiutos de este proyecto.

El cálculo de la carga de enfriamiento se basa en los principios de transferencia de calor y es el resultado directo de la suma de ganancias de calor en los diferentes recintos de cada piso del ambos edificios.

Los métodos de cálculo de las cargas de enfriamiento que se emplearón aquí son esencialmente los que recomienda el ***ASHRAE (Fundanienlals Handbook,* 1985**).

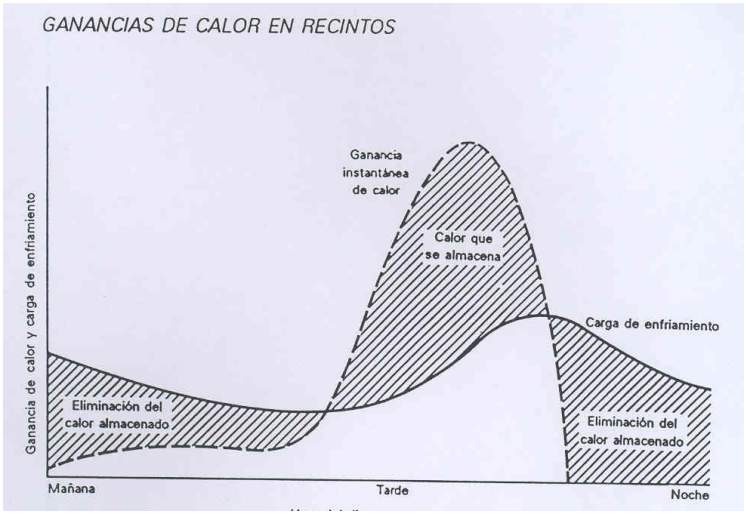


Figura Nº 1 – 11 (El efecto de almacenamiento de calor)

La ganancia de calor bruto de los recintos, que componen los diversos pisos de los dos edificios de la agencia central del I.C.E. Telecomunicaciones, se considerará como la velocidad a la que se recibe calor en cualquier momento en el recinto. Esta ganancia de calor está constituida por partes procedentes de muchas fuentes especificados en diferentes secciones de este documento: radiación solar, alumbrado, conducción y convección, personas, equipo e infiltración.

Como todo el calor que se recibe de esas fuentes en general no se emplea en forma inmediata para calentar el aire del recinto, algo del calor, en especial la energía radiante del sol, las luces y la gente, se absorbe en los materiales dentro del recinto, tanto de su estructura como de sus equipos.

Según lo estudiado y los conceptos teóricos, a esto se le llama efecto de almacenamiento de calor, el cual es el calor que se absorbe y almacena en los materiales que conforman las estructuras y diferentes equipos dentro de los recintos en los cuales se estudia la carga térmica. El efecto de almacenamiento se puede considerar también como un período de retraso del calor. Esto es, algo del calor que se recibe en el recinto se retrasa en el tiempo para alcanzar el aire de éste. Al final, la temperatura de los materiales de construcción se elevan lo suficiente como para ceder calor al aire de la estancia.

Tomando en cuenta este importante efecto de almacenamiento de calor, porque puede ocasionar cargas reales apreciablemente menores y un diseño más eficiente y económico, los métodos que utilice para el cálculo de las diversas cargas térmicas, y por ende al final la carga total, expuestos en las secciones siguientes de este trabajo, toman en cuenta el efecto de almacenamiento y el período de retraso de modo directo y sencillo.

Las secciones subsecuentes de este documento valoran las ganancias de calor en los diferentes pisos y como base de ellas el siguiente ordenamiento o metodología:

1. Conducción a través de paredes, techo y vidrios al exterior.
2. Conducción a través de divisiones internas, cielorrasos y pisos.
3. Radiación solar a través de vidrios.
4. Alumbrado.
5. Personas.
6. Equipos.
7. Infiltración del aire exterior a través de aberturas y renovación de aire.

1.8 CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA A TRAVÉS DE ESTRUCTURA

Las condiciones estructurales y ambientales que conforman o a las que esta sometidas estas instalaciones, respectivamente, ya han sido detalladas en los diferentes cuadros, esquemas y figuras de las secciones anteriores.

Para fines de cálculo las ganancias de calor por conducción a través de paredes, techo y vidrios que dan al exterior se han calculado con el uso de las tablas extraídas del ASHRAE (Fundamentals Handbook; 1985) y (presentes en los anexos de este documento) y mediante el empleo de la siguiente ecuación:

$$Q = U \times A \times DTCE$$

;en la que:

Q = ganancia neta del recinto por conducción a través del techo, paredes o vidrios, BTU/h

U = coeficiente general <k transferencia de calor para el techo, paredes o vidrios, BTU/h – ft^2 – ºF

A = área del techo, pared o vidrios, ft^2

DTCE = diferencia de temperatura para carga de enfriamiento, ºF

Tabla Nº 1 – 8 (Transmisión a través de la estructura)

Carga térmica de transmisión a través de paredes y techos del edificio nuevo

PISO N° 1:

Superficie:	*DTCE:*	*Área de la superficie (ft²)*			*U:*	*Carga térmica:*	*Carga térmica:*	*Carga térmica:*
	(º F)	Alto (ft)	Largo (ft)	Área (ft²)	(BTU / ft²·ºF)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared norte	22,3	13,62	44,52	606,17	0,421	5 690,95	1 434,12	0,47
Pared sur	46,3	13,62	44,52	606,17	0,421	11 815,74	2 977,57	0,98
Pared este	0	13,62	72,83	991,68	0,421	0,00	0,00	0,00
Pared oeste	23,3	13,62	72,83	991,68	0,421	9 727,68	2 451,37	0,81
Techo (sin cielo raso)	40,3	72,83	44,52	3 242,67	0,192	25 090,49	6 322,80	2,09
Piso	40,3	72,83	44,52	3 242,67	0,117	15 289,52	3 852,96	1,27
Salón total:				**9 681,05**		**67 614,39**	**17 038,83**	**5,63**

PISO N° 2:

Superficie:	*DTCE:*	*Área de la superficie (ft²)*			*U:*	*Carga térmica:*	*Carga térmica:*	*Carga térmica:*
	(º F)	Alto (ft)	Largo (ft)	Área (ft²)	(BTU / ft²·ºF)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared norte	22,3	13,62	44,52	606,17	0,421	5 690,95	1 434,12	0,47
Pared sur	46,3	13,62	44,52	606,17	0,421	11 815,74	2 977,57	0,98
Pared este	0	13,62	72,83	991,68	0,421	0,00	0,00	0,00
Pared oeste	23,3	13,62	72,83	991,68	0,421	9 727,68	2 451,37	0,81
Techo (sin cielo raso)	40,3	72,83	44,52	3 242,67	0,192	25 090,49	6 322,80	2,09
Piso	40,3	72,83	44,52	3 242,67	0,117	15 289,52	3 852,96	1,27
Salón total:				**9 681,05**		**67 614,39**	**17 038,83**	**5,63**

PISO N° 3:

Superficie:	*DTCE:*	*Área de la superficie (ft²)*			*U:*	*Carga térmica:*	*Carga térmica:*	*Carga térmica:*
	(º F)	Alto (ft)	Largo (ft)	Área (ft²)	(BTU / ft²·ºF)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared norte	22,3	13,62	44,52	606,17	0,421	5 690,95	1 434,12	0,47
Pared sur	46,3	13,62	44,52	606,17	0,421	11 815,74	2 977,57	0,98
Pared este	0	13,62	72,83	991,68	0,421	0,00	0,00	0,00
Pared oeste	23,3	13,62	72,83	991,68	0,421	9 727,68	2 451,37	0,81
Techo (sin cielo raso)	40,3	72,83	44,52	3 242,67	0,192	25 090,49	6 322,80	2,09
Piso	40,3	72,83	44,52	3 242,67	0,117	15 289,52	3 852,96	1,27
Salón total:				**9 681,05**		**67 614,39**	**17 038,83**	**5,63**

PISO N° 4:

Superficie:	*DTCE:*	*Área de la superficie (ft²)*			*U:*	*Carga térmica:*	*Carga térmica:*	*Carga térmica:*
	(º F)	Alto (ft)	Largo (ft)	Área (ft²)	(BTU / ft²·ºF)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared norte	22,3	13,62	44,52	606,17	0,421	5 690,95	1 434,12	0,47
Pared sur	46,3	13,62	44,52	606,17	0,421	11 815,74	2 977,57	0,98
Pared este	0	13,62	72,83	991,68	0,421	0,00	0,00	0,00
Pared oeste	23,3	13,62	72,83	991,68	0,421	9 727,68	2 451,37	0,81
Techo (sin cielo raso)	40,3	72,83	44,52	3 242,67	0,192	25 090,49	6 322,80	2,09
Piso	40,3	72,83	44,52	3 242,67	0,117	15 289,52	3 852,96	1,27
Salón total:				**9 681,05**		**67 614,39**	**17 038,83**	**5,63**

Tabla Nº 1 – 8 (Continuación)

PISO N° 5:								
Superficie:	***DTCE:***	***Área de la superficie (ft²)***			***U:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(º F)	Alto (ft)	Largo (ft)	Área (ft²)	(BTU / ft² ·ºF)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared norte	22,3	13,62	44,52	606,17	0,421	5 690,95	1 434,12	0,47
Pared sur	46,3	13,62	44,52	606,17	0,421	11 815,74	2 977,57	0,98
Pared este	0	13,62	72,83	991,68	0,421	0,00	0,00	0,00
Pared oeste	23,3	13,62	72,83	991,68	0,421	9 727,68	2 451,37	0,81
Techo (sin cielo raso)	40,3	72,83	44,52	3 242,67	0,192	25 090,49	6 322,80	2,09
Piso	40,3	72,83	44,52	3 242,67	0,117	15 289,52	3 852,96	1,27
Salón total:				**9 681,05**		**67 614,39**	**17 038,83**	**5,63**
PISO N° 6:								
Superficie:	***DTCE:***	***Área de la superficie (ft²)***			***U:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(º F)	Alto (ft)	Largo (ft)	Área (ft²)	(BTU / ft² ·ºF)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared norte	22,3	13,62	44,52	606,17	0,421	5 690,95	1 434,12	0,47
Pared sur	46,3	13,62	44,52	606,17	0,421	11 815,74	2 977,57	0,98
Pared este	0	13,62	72,83	991,68	0,421	0,00	0,00	0,00
Pared oeste	23,3	13,62	72,83	991,68	0,421	9 727,68	2 451,37	0,81
Techo (sin cielo raso)	40,3	72,83	44,52	3 242,67	0,192	25 090,49	6 322,80	2,09
Piso	40,3	72,83	44,52	3 242,67	0,117	15 289,52	3 852,96	1,27
Salón total:				**9 681,05**		**67 614,39**	**17 038,83**	**5,63**
PISO N° 7:								
Superficie:	***DTCE:***	***Área de la superficie (ft²)***			***U:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(º F)	Alto (ft)	Largo (ft)	Área (ft²)	(BTU / ft² ·ºF)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared norte	22,3	13,62	44,52	606,17	0,421	5 690,95	1 434,12	0,47
Pared sur	46,3	13,62	44,52	606,17	0,421	11 815,74	2 977,57	0,98
Pared este	33,3	13,62	72,83	991,68	0,421	13 902,65	3 503,47	1,16
Pared oeste	23,3	13,62	72,83	991,68	0,421	9 727,68	2 451,37	0,81
Techo (sin cielo raso)	40,3	72,83	44,52	3 242,67	0,192	25 090,49	6 322,80	2,09
Piso	40,3	72,83	44,52	3 242,67	0,117	15 289,52	3 852,96	1,27
Salón total:				**9 681,05**		**81 517,03**	**20 542,29**	**6,79**
PISO N° 8:								
Superficie:	***DTCE:***	***Área de la superficie (ft²)***			***U:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(º F)	Alto (ft)	Largo (ft)	Área (ft²)	(BTU / ft² ·ºF)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared norte	22,3	13,62	44,52	606,17	0,421	5 690,95	1 434,12	0,47
Pared sur	46,3	13,62	44,52	606,17	0,421	11 815,74	2 977,57	0,98
Pared este	33,3	13,62	72,83	991,68	0,421	13 902,65	3 503,47	1,16
Pared oeste	23,3	13,62	72,83	991,68	0,421	9 727,68	2 451,37	0,81
Techo (sin cielo raso)	40,3	72,83	44,52	3 242,67	0,192	25 090,49	6 322,80	2,09
Piso	40,3	72,83	44,52	3 242,67	0,117	15 289,52	3 852,96	1,27
Salón total:				**9 681,05**		**81 517,03**	**20 542,29**	**6,79**

Tabla Nº 1 – 8 (Continuación)

PISO N° 9:								
Superficie:	***DTCE:***	***Área de la superficie (ft ²)***			***U:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(º F)	Alto (ft)	Largo (ft)	Área (ft ²)	(BTU / ft² ·ºF)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared norte	22,3	13,62	44,52	606,17	0,421	5 690,95	1 434,12	0,47
Pared sur	46,3	13,62	44,52	606,17	0,421	11 815,74	2 977,57	0,98
Pared este	33,3	13,62	72,83	991,68	0,421	13 902,65	3 503,47	1,16
Pared oeste	23,3	13,62	72,83	991,68	0,421	9 727,68	2 451,37	0,81
Techo (sin cielo raso)	40,3	72,83	44,52	3 242,67	0,192	25 090,49	6 322,80	2,09
Piso	40,3	72,83	44,52	3 242,67	0,117	15 289,52	3 852,96	1,27
Salón total:				**9 681,05**		**81 517,03**	**20 542,29**	**6,79**
Carga térmica total por transmisión en paredes:						**650 237,40**	**16 3859,83**	**54,19**

Tabla Nº 1 – 9 (Transmisión a través de la estructura)

Carga térmica de transmisión a través de paredes y techos del edificio viejo

PISO N° 1:								
Superficie:	***DTCE:***	***Área de la superficie (ft ²)***			***U:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(º F)	Alto (ft)	Largo (ft)	Área (ft ²)	(BTU / ft² ·ºF)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared norte	22,3	13,29	41,01	544,92	0,421	5 115,90	1 289,21	0,43
Pared sur	46,3	13,29	41,01	544,92	0,421	10 621,80	2 676,69	0,89
Pared este	33,3	13,29	72,83	967,78	0,421	13 567,64	3 419,05	1,13
Pared oeste	0	13,29	72,83	967,78	0,421	0,00	0,00	0,00
Techo (sin cielo raso)	40,3	72,83	41,01	2 986,99	0,192	23 112,10	5 824,25	1,93
Piso	40,3	72,83	41,01	2 986,99	0,117	14 083,93	3 549,15	1,17
Salón total:				**8 999,38**		**66 501,37**	**16 758,35**	**5,54**
PISO N° 2:								
Superficie:	***DTCE:***	***Área de la superficie (ft ²)***			***U:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(º F)	Alto (ft)	Largo (ft)	Área (ft ²)	(BTU / ft² ·ºF)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared norte	22,3	13,29	41,01	544,92	0,421	5 115,90	1289,21	0,43
Pared sur	46,3	13,29	41,01	544,92	0,421	10 621,80	2676,69	0,89
Pared este	33,3	13,29	72,83	967,78	0,421	13 567,64	3419,05	1,13
Pared oeste	0	13,29	72,83	967,78	0,421	0,00	0,00	0,00
Techo (sin cielo raso)	40,3	72,83	41,01	2 986,99	0,192	23 112,10	5 824,25	1,93
Piso	40,3	72,83	41,01	2 986,99	0,117	14 083,93	3 549,15	1,17
Salón total:				**8 999,38**		**66 501,37**	**16 758,35**	**5,54**

Tabla Nº 1 – 9 (Continuación)

PISO N° 3:								
Superficie:	***DTCE:***	***Área de la superficie (ft ²)***			***U:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(º F)	Alto (ft)	Largo (ft)	Área (ft ²)	(BTU / ft² ·ºF)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared norte	22,3	13,29	41,01	544,92	0,421	5 115,90	1 289,21	0,43
Pared sur	46,3	13,29	41,01	544,92	0,421	10 621,80	2 676,69	0,89
Pared este	33,3	13,29	72,83	967,78	0,421	13 567,64	3 419,05	1,13
Pared oeste	0	13,29	72,83	967,78	0,421	0,00	0,00	0,00
Techo (sin cielo raso)	40,3	72,83	41,01	2 986,99	0,192	23 112,10	5 824,25	1,93
Piso	40,3	72,83	41,01	2 986,99	0,117	14 083,93	3 549,15	1,17
Salón total:				**8 999,38**		**66 501,37**	**16 758,35**	**5,54**
PISO N° 4:								
Superficie:	***DTCE:***	***Área de la superficie (ft ²)***			***U:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(º F)	Alto (ft)	Largo (ft)	Área (ft ²)	(BTU / ft² ·ºF)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared norte	22,3	13,29	41,01	544,92	0,421	5 115,90	1 289,21	0,43
Pared sur	46,3	13,29	41,01	544,92	0,421	10 621,80	2 676,69	0,89
Pared este	33,3	13,29	72,83	967,78	0,421	13 567,64	3 419,05	1,13
Pared oeste	0	13,29	72,83	967,78	0,421	0,00	0,00	0,00
Techo (sin cielo raso)	40,3	72,83	41,01	2 986,99	0,192	23 112,10	5 824,25	1,93
Piso	40,3	72,83	41,01	2 986,99	0,117	14 083,93	3 549,15	1,17
Salón total:				**8 999,38**		**66 501,37**	**16 758,35**	**5,54**
PISO N° 5:								
Superficie:	***DTCE:***	***Área de la superficie (ft ²)***			***U:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(º F)	Alto (ft)	Largo (ft)	Área (ft ²)	(BTU / ft² ·ºF)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared norte	22,3	13,29	41,01	544,92	0,421	5 115,90	1 289,21	0,43
Pared sur	46,3	13,29	41,01	544,92	0,421	10 621,80	2 676,69	0,89
Pared este	33,3	13,29	72,83	967,78	0,421	13 567,64	3 419,05	1,13
Pared oeste	0	13,29	72,83	967,78	0,421	0,00	0,00	0,00
Techo (sin cielo raso)	40,3	72,83	41,01	2 986,99	0,192	23 112,10	5 824,25	1,93
Piso	40,3	72,83	41,01	2 986,99	0,117	14 083,93	3 549,15	1,17
Salón total:				**8 999,38**		**66 501,37**	**16 758,35**	**5,54**
PISO N° 6:								
Superficie:	***DTCE:***	***Área de la superficie (ft ²)***			***U:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(º F)	Alto (ft)	Largo (ft)	Área (ft ²)	(BTU / ft² ·ºF)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared norte	22,3	13,29	41,01	544,92	0,421	5 115,90	1 289,21	0,43
Pared sur	46,3	13,29	41,01	544,92	0,421	10 621,80	2 676,69	0,89
Pared este	33,3	13,29	72,83	967,78	0,421	13 567,64	3 419,05	1,13
Pared oeste	0	13,29	72,83	967,78	0,421	0,00	0,00	0,00
Techo (sin cielo raso)	40,3	72,83	41,01	2 986,99	0,192	23 112,10	5 824,25	1,93
Piso	40,3	72,83	41,01	2 986,99	0,117	14 083,93	3 549,15	1,17
Salón total:				**8 999,38**		**66 501,37**	**16 758,35**	**5,54**

Tabla Nº 1 – 9 (Continuación)

SOTANO:								
Superficie:	***DTCE:***	***Área de la superficie (ft ^{2})***			***U:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(º F)	Alto (ft)	Largo (ft)	Área (ft ^{2})	(BTU / ft^2 ·ºF)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared norte	16,25	15,29	85,53	1 307,78	0,421	8 946,83	2 254,60	0,75
Pared sur	16,25	15,29	85,53	1 307,78	0,421	8 946,83	2 254,60	0,75
Pared este	16,25	15,29	145,67	2 227,28	0,421	15 237,40	3 839,83	1,27
Pared oeste	16,25	15,29	145,67	2 227,28	0,421	15 237,40	3 839,83	1,27
Techo (sin cielo raso)	40,3	145,67	85,53	12 459,31	0,192	96 405,18	24 294,10	8,03
Piso	40,3	145,67	85,53	12 459,31	0,117	58 746,90	14 804,22	4,90
Salón total:						**20 3520,54**	**51 287,18**	**16.96**
Carga térmica total por transmisión en paredes:						**60 2528,79**	**15 1837,25**	**50,21**

Otro aspecto importante es el relativo a las paredes, ya que cada una, además de tener una orientación diferente posee un factor de corrección de la DTCE por latitud y mes, de acuerdo a la tabla 6.4. que se detalla más adelante en los anexos. Los valores anteriormente citados se detallan en el cálculo de cargas de enfriamiento.

De acuerdo a la tabla A.7, también incluida en los anexos, se toman los valores de coeficiente global de transferencia de calor respectivos, tanto para las paredes como para el piso y el techo.

Es importante hacer notar que el techo se considerará como piso superior, por lo que no cuenta con un techo sino con un entrepiso.

1.9 CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA POR RADIACIÓN SOLAR A TRAVÉS DE VIDRIOS

En los edificios de la agencia del I.C.E. Telecomunicaciones en San José, por su ubicación en el Valle Central, y por las condiciones propias del país y más específicamente por la zona donde se encuentra.

De acuerdo con los datos suministrados por el Instituto Tecnológico de Costa Rica y por la orientación espacial de las instalaciones, se determina que el mes de abril es el de mayor temperatura y que la pared oeste es la de más incidencia solar, y esto a las 2 de la tarde.

Además no existe, condiciones especiales, proyecciones o sombreados que incidan en los diversos ventanales de los edificios.

Por ende, se considera como la energía radiante del sol a través de materiales transparentes como el vidrio y se transforma en ganancia de calor del recinto. Su valor varía con la hora, orientación, el sombreado y el efecto de almacenamiento, por ello, para el cálculo de la carga térmica, la ganancia neta de calor esto se hizo mediante la siguiente ecuación:

$$Q = FGCS \times A \times CS \times FCE$$

;en que:

Q = ganancia neta por radiación solar a través del vidrio, BTU / h

FGCS = factor de ganancia máxima de calor solar, BTU / h – ft^2

A = área del vidrio, ft^2

CS = coeficiente de sombreado

FCE = factor de carga de enfriamiento para el vidrio

Tabla N° 1 – 10

DATOS GENERALES DE LOS VENTANALES DEL EDIFICIO NUEVO	
PISOS DEL N° 1 AL N° 9:	
Tipo vidrio:	Sencillo claro.
Espesor nominal:	6.35 mm (1 / 4 pulgada)
Tipo de sombreado:	Sin sombreado interior.
Proyecciones:	Ninguna.
Ubicación:	Pared oeste.
Factor de transmisión:	0.80
Superficie del ventanal:	1.12 m^2 (11.99 ft^2)
Número de ventanales:	6

Tabla N° 1 – 11 (Datos de los ventanales)

DATOS DE LOS GENERALES DE LOS VENTANALES DEL EDIFICIO VIEJO	
PISOS N° 1 AL N° 5:	
FRENTE:	
Tipo vidrio:	Sencillo claro.
Espesor nominal:	6.35 mm (1 / 4 pulgada)
Tipo de sombreado:	Sin sombreado interior.
Proyección:	Ninguna.
Ubicación:	Pared sur.
Factor de transmisión:	0.80
Superficie del ventanal:	0.98 m^2 (10.55 ft^2)
Número de ventanales:	6
COSTADO:	
Tipo vidrio:	Sencillo claro.
Espesor nominal:	6.35 mm (1 / 4 pulgada)
Tipo de sombreado:	Sin sombreado interior.
Proyección:	Ninguna.
Ubicación:	Pared oeste.
Factor de transmisión:	0.80
Superficie del ventanal:	0.98 m^2 (10.55 ft^2)
Número de ventanales:	4

Cuadro N° 1 – 11 (Continuación)

PISO N° 6:	
FRENTE:	
Tipo vidrio:	Sencillo claro.
Espesor nominal:	6.35 mm (1 / 4 pulgada)
Tipo de sombreado:	Sin sombreado interior.
Proyección:	Ninguna.
Ubicación:	Pared sur.
Factor de transmisión:	0.80
Superficie del ventanal:	8.45 m^2 (90.96 ft^2)
Número de ventanales:	3
COSTADO:	
Tipo vidrio:	Sencillo claro.
Espesor nominal:	6.35 mm (1 / 4 pulgada)
Tipo de sombreado:	Sin sombreado interior.
Proyección:	Ninguna.
Ubicación:	Pared oeste.
Factor de transmisión:	0.80
Superficie del ventanal:	7.78 m^2 (83.73 ft^2)
Número de ventanales:	2

Figura N° 1 – 12 (Ventanales de los edificios)

Figura N° 1 – 13 (Muestra de los vidrios de los ventanales)

Tabla N° 1 – 12 (Transmisión a través de los vidrios)

Carga térmica por radiación a través de vidrios del edificio nuevo								
PISO N° 1:								
Orientación:	***N °:***	***FGCS:***	***Área:***	***CS:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU / ft^2 ·°F)	(ft^2)	(BTU / ft^2 ·°F)	(BTU / ft^2 ·°F)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared oeste	6	225	11.99	0.94	0.49	7 455.50	1 878.79	0.62
Salón total:						**7 455.50**	**1 878.79**	**0.62**
PISO N° 2:								
Orientación:	***N °:***	***FGCS:***	***Área:***	***CS:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU / ft^2 ·°F)	(ft^2)	(BTU / ft^2 ·°F)	(BTU / ft^2 ·°F)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared oeste	6	225	11.99	0.94	0.49	7 455.50	1 878.79	0.62
Salón total:						**7 455.50**	**1 878.79**	**0.62**
PISO N° 3:								
Orientación:	***N °:***	***FGCS:***	***Área:***	***CS:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU / ft^2 ·°F)	(ft^2)	(BTU / ft^2 ·°F)	(BTU / ft^2 ·°F)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared oeste	6	225	11.99	0.94	0.49	7 455.50	1 878.79	0.62
Salón total:						**7 455.50**	**1 878.79**	**0.62**
PISO N° 4:								
Orientación:	***N °:***	***FGCS:***	***Área:***	***CS:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU / ft^2 ·°F)	(ft^2)	(BTU / ft^2 ·°F)	(BTU / ft^2 ·°F)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared oeste	6	225	11.99	0.94	0.49	7 455.50	1 878.79	0.62
Salón total:						**7 455.50**	**1 878.79**	**0.62**

Tabla N° 1 – 12 (Continuación)

PISO N° 5:								
Orientación:	***N °:***	***FGCS:***	***Área:***	***CS:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU / ft^2 ·ºF)	(ft ^{2})	(BTU / ft^2 ·ºF)	(BTU / ft^2 ·ºF)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared oeste	6	225	11.99	0.94	0.49	7 455.50	1 878.79	0.62
Salón total:						**7 455.50**	**1 878.79**	**0.62**
PISO N° 6:								
Orientación:	***N °:***	***FGCS:***	***Área:***	***CS:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU / ft^2 ·ºF)	(ft ^{2})	(BTU / ft^2 ·ºF)	(BTU / ft^2 ·ºF)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared oeste	6	225	11.99	0.94	0.49	7 455.50	1 878.79	0.62
Salón total:						**7 455.50**	**1 878.79**	**0.62**
PISO N° 7:								
Orientación:	***N °:***	***FGCS:***	***Área:***	***CS:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU / ft^2 ·ºF)	(ft ^{2})	(BTU / ft^2 ·ºF)	(BTU / ft^2 ·ºF)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared oeste	6	225	11.99	0.94	0.49	7 455.50	1 878.79	0.62
Salón total:						**7 455.50**	**1 878.79**	**0.62**
PISO N° 8:								
Orientación:	***N °:***	***FGCS:***	***Área:***	***CS:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU / ft2 ·ºF)	(ft 2)	(BTU / ft2 ·ºF)	(BTU / ft2 ·ºF)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared oeste	6	225	11.99	0.94	0.49	7455.50	1878.79	0.62
Salón total:						**7455.50**	**1878.79**	**0.62**
PISO N° 9:								
Orientación:	***N °:***	***FGCS:***	***Área:***	***CS:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU / ft^2 ·ºF)	(ft ^{2})	(BTU / ft^2 ·ºF)	(BTU / ft^2 ·ºF)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared oeste	6	225	11.99	0.94	0.49	7 455.50	1 878.79	0.62
Salón total:						**7 455.50**	**1 878.79**	**0.62**
Carga Térmica Total por Radiación a Través de Vidrios:						**67 099.52**	**16 909.08**	**5.59**

Tabla N° 1 – 13 (Transmisión a través de los vidrios)

Carga térmica por radiación a través de vidrios del edificio viejo								
PISO N° 1:								
Orientación:	***N °:***	***FGCS:***	***Área:***	***CS:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU / ft^2 ·°F)	(ft ^{2})	(BTU / ft^2 ·°F)	(BTU / ft^2 ·°F)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared sur:	6	225	10.55	0.94	0.49	6 560.10	1 653.14	0.55
Pared oeste:	4	225	10.55	0.94	0.49	4 373.40	1 102.10	0.36
Salón total:	**10**		**21.1**			**10 933.49**	**2 755.24**	**0.91**
PISO N° 2:								
Orientación:	***N °:***	***FGCS:***	***Área:***	***CS:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU / ft^2 ·°F)	(ft ^{2})	(BTU / ft^2 ·°F)	(BTU / ft^2 ·°F)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared sur:	6	225	10.55	0.94	0.49	6 560.10	1 653.14	0.55
Pared oeste:	4	225	10.55	0.94	0.49	4 373.40	1 102.10	0.36
Salón total:	**10**		**21.1**			**10 933.49**	**2 755.24**	**0.91**
PISO N° 3:								
Orientación:	***N °:***	***FGCS:***	***Área:***	***CS:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU / ft^2 ·°F)	(ft ^{2})	(BTU / ft^2 ·°F)	(BTU / ft^2 ·°F)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared sur:	6	225	10.55	0.94	0.49	6 560.10	1 653.14	0.55
Pared oeste:	4	225	10.55	0.94	0.49	4 373.40	1 102.10	0.36
Salón total:	**10**		**21.1**			**10 933.49**	**2 755.24**	**0.91**
PISO N° 4:								
Orientación:	***N °:***	***FGCS:***	***Área:***	***CS:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU / ft^2 ·°F)	(ft ^{2})	(BTU / ft^2 ·°F)	(BTU / ft^2 ·°F)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared sur:	6	225	10.55	0.94	0.49	6 560.10	1 653.14	0.55
Pared oeste:	4	225	10.55	0.94	0.49	4 373.40	1 102.10	0.36
Salón total:	**10**		**21.1**			**10 933.49**	**2 755.24**	**0.91**
PISO N° 5:								
Orientación:	***N °:***	***FGCS:***	***Área:***	***CS:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU / ft^2 ·°F)	(ft ^{2})	(BTU / ft^2 ·°F)	(BTU / ft^2 ·°F)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared sur:	6	225	10.55	0.94	0.49	6 560.10	1 653.14	0.55
Pared oeste:	4	225	10.55	0.94	0.49	4 373.40	1 102.10	0.36
Salón total:	**10**		**21.1**			**10 933.49**	**2 755.24**	**0.91**
PISO N° 6:								
Orientación:	***N °:***	***FGCS:***	***Área:***	***CS:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU / ft^2 ·°F)	(ft ^{2})	(BTU / ft^2 ·°F)	(BTU / ft^2 ·°F)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Pared sur:	3	225	90.96	0.94	0.49	28 279.92	7 126.54	2.36
Pared oeste:	2	225	83.73	0.94	0.49	17 354.72	4 373.39	1.45
Salón total:	**5**		**174.69**			**45 634.64**	**11 499.93**	**3.80**
Carga térmica total por radiación a través de vidrios:						**100 302.10**	**25 276.13**	**8.36**

1.10 CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA POR ILUMINACIÓN

Las áreas que requieren de una mayor incidencia y calidad luminosa son mínimas en las instalaciones de la agencia de San José, debido a su propósito como central de telecomunicaciones varias y debido al uso exclusivo de dos pisos para actividades laborales propias del personal humano y para atención de publico.

Únicamente estos pisos son los que requieren un mayor número de horas de iluminación artificial, y en los restantes se usa en condiciones mínimas y eventuales sujetas a la presencia de personal de la institución.

Los datos necesarios para los cálculos se obtienen seguidamente de diferentes tablas y los factores de cálculo se tomaran, como en las secciones anteriores, de las tablas del Handbook, presentes al final del documento en los anexos.

Por ende, para el cálculo de esta carga térmica utilicé la siguiente ecuación para calcular la ganancia de calor debida al alumbrado:

$$Q = 3.41 \text{ X } W \text{ x FB x FCE}$$

;en que:

Q = ganancia neta de calor debida al alumbrado, BTU / h
W = capacidad del alumbrado, Watts
FB = factor de balastra
FCE = factor de carga de enfriamiento para el alumbrado

Recuérdese que el término W representa la capacidad nominal de las luces en uso, de los diferentes fluorescentes de cada piso, expresada en Watts.
EI factor FB toma en cuenta las pérdidas de calor en la balastra de las unidades fluorescentes, u otras pérdidas especiales.

Figura Nº 1 – 14 (Muestras de luminarias en las instalaciones)

Tabla N° 1 – 14 (Datos de las luminarias del edificio nuevo)

DATOS DE ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO NUEVO	
PISO N° 1:	
Tipo de lámparas:	Fluorescentes
Número de lámparas:	50 y 32
Potencia de las lámparas:	73 W y 40 w
Área de iluminación:	3 242,67 ft^2 (301,25 m^2)
Horas de iluminación:	13 horas
Recubrimiento o aislamiento:	Ninguno
PISO N° 2:	
Tipo de lámparas:	Fluorescentes
Número de lámparas:	76 Y 60
Potencia de las lámparas:	73 W y 40 W
Área de iluminación:	3 242,67 ft^2 (301,25 m^2)
Horas de iluminación:	13 horas
Recubrimiento o aislamiento:	Ninguno
PISO N° 3:	
Tipo de lámparas:	Fluorescentes
Número de lámparas:	34 Y 30
Potencia de las lámparas:	73 W y 40 W
Área de iluminación:	3 242,67 ft^2 (301,25 m^2)
Horas de iluminación:	4 horas
Recubrimiento o aislamiento:	Ninguno
PISO N° 4:	
Tipo de lámparas:	Fluorescentes
Número de lámparas:	90
Potencia de las lámparas:	73 W
Área de iluminación:	3 242,67 ft^2 (301,25 m^2)
Horas de iluminación:	4 horas
Recubrimiento o aislamiento:	Ninguno
PISO N° 5:	
Tipo de lámparas:	Fluorescentes
Número de lámparas:	90
Potencia de las lámparas:	73 W
Área de iluminación:	3 242,67 ft^2 (301,25 m^2)
Horas de iluminación:	5 horas
Recubrimiento o aislamiento:	Ninguno
PISO N° 6:	
Tipo de lámparas:	Fluorescentes
Número de lámparas:	52
Potencia de las lámparas:	75 W
Área de iluminación:	3 242,67 ft^2 (301,25 m^2)
Horas de iluminación:	13 horas
Recubrimiento o aislamiento:	Ninguno

Tabla N° 1 – 14 (Continuación)

PISO N° 7:	
Tipo de lámparas:	Fluorescentes
Número de lámparas:	160
Potencia de las lámparas:	40 W
Área de iluminación:	3 242,67 ft^2 (301,25 m^2)
Horas de iluminación:	13 horas
Recubrimiento o aislamiento:	Ninguno
PISO N° 8:	
Tipo de lámparas:	Fluorescentes
Número de lámparas:	160
Potencia de las lámparas:	40 W
Área de iluminación:	3 242,67 ft^2 (301,25 m^2)
Horas de iluminación:	13 horas
Recubrimiento o aislamiento:	Ninguno
PISO N° 9:	
Tipo de lámparas:	Fluorescentes
Número de lámparas:	34 y 32
Potencia de las lámparas:	73 W y 40 W
Área de iluminación:	3 242,67 ft^2 (301,25 m^2)
Horas de iluminación:	13 horas
Recubrimiento o aislamiento:	Ninguno

Tabla Nº 1 – 15 (Datos de las luminarias del edificio viejo)

DATOS DE ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO VIEJO	
PISO N° 1:	
Tipo de lámparas:	Fluorescentes
Número de lámparas:	30
Potencia de las lámparas:	40 W
Área de iluminación:	2 986,99 ft^2 (277,50 m^2)
Horas de iluminación:	13 horas
Recubrimiento o aislamiento:	Ninguno
PISO N° 2:	
Tipo de lámparas:	Fluorescentes
Número de lámparas:	80 y 32
Potencia de las lámparas:	73 W y 40 W
Área de iluminación:	2 986,99 ft^2 (277,50 m^2)
Horas de iluminación:	13 horas
Recubrimiento o aislamiento:	Ninguno
PISO N° 3:	
Tipo de lámparas:	Fluorescentes
Número de lámparas:	68
Potencia de las lámparas:	73 W
Área de iluminación:	2 986,99 ft^2 (277,50 m^2)
Horas de iluminación:	4 horas
Recubrimiento o aislamiento:	Ninguno

Tabla Nº 1 – 15 (Continuación)

PISO N° 4:	
Tipo de lámparas:	Fluorescentes
Número de lámparas:	26
Potencia de las lámparas:	73 W
Área de iluminación:	2 986,99 ft^2 (277,50 m^2)
Horas de iluminación:	4 horas
Recubrimiento o aislamiento:	Ninguno
PISO N° 5:	
Tipo de lámparas:	Fluorescentes
Número de lámparas:	68
Potencia de las lámparas:	73 W
Área de iluminación:	2 986,99 ft^2 (277,50 m^2)
Horas de iluminación:	5 horas
Recubrimiento o aislamiento:	Ninguno
PISO N° 6:	
Tipo de lámparas:	Fluorescentes
Número de lámparas:	68
Potencia de las lámparas:	73 W
Área de iluminación:	2 986,99 ft^2 (277,50 m^2)
Horas de iluminación:	13 horas
Recubrimiento o aislamiento:	Ninguno
SOTANO:	
Tipo de lámparas:	Fluorescentes
Número de lámparas:	162
Potencia de las lámparas:	73 W
Área de iluminación:	12 459,31 ft^2 (1157,51 m^2)
Horas de iluminación:	5 horas
Recubrimiento o aislamiento:	Ninguno

Tabla Nº 1 – 16 (Transmisión por luminarias)

CARGA TÉRMICA POR ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO NUEVO								
PISO N° 1:								
Lámparas:	**N °:**	***Potencia:***	***Conversión:***	***FB:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
(Tipo)		(Watts)	(BTU/Watts·h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Fluorescentes	50	73	3,41	1,25	1,15	17 891,84	4 508,74	1,49
Fluorescentes	32	40	3,41	1,25	1,15	6 274,40	1 581,15	0,52
Salón total:	**82**	**113**				**24 166,24**	**6 089,89**	**2,01**
PISO N° 2:								
Lámparas:	**N °:**	***Potencia:***	***Conversión:***	***FB:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
(Tipo)		(Watts)	(BTU/Watts·h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Fluorescentes	76	73	3,41	1,25	1,15	27 195,60	6 853,29	2,27
Fluorescentes	60	40	3,41	1,25	1,15	11 764,50	2 964,65	0,98
Salón total:	**136**	**113**				**38 960,10**	**9 817,95**	**3,25**
PISO N° 3:								
Lámparas:	**N °:**	***Potencia:***	***Conversión:***	***FB:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
(Tipo)		(Watts)	(BTU/Watts·h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Fluorescentes	34	73	3,41	1,25	1,15	12 166,45	3 065,95	1,01
Fluorescentes	30	40	3,41	1,25	1,15	5 882,25	1 482,33	0,49
Salón total:	**64**	**113**				**18 048,70**	**4 548,27**	**1,50**
PISO N° 4:								
Lámparas:	**N °:**	***Potencia:***	***Conversión:***	***FB:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
(Tipo)		(Watts)	(BTU/Watts·h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Fluorescentes	90	73	3,41	1,25	1,15	32 205,32	8 115,74	2,68
Salón total:	**90**	**73**				**32 205,32**	**8 115,74**	**2,68**
PISO N° 5:								
Lámparas:	**N °:**	***Potencia:***	***Conversión:***	***FB:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
(Tipo)		(Watts)	(BTU/Watts·h)	(BTU / h)	(BTU / h)	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
Fluorescentes	90	73	3,41	1,25	1,15	32 205,32	8 115,74	2,68
Salón total:	**90**	**73**				**32 205,32**	**8 115,74**	**2,68**

Tabla Nº 1 – 16 (Continuación)

PISO N° 6:								
Lámparas:	**N °:**	***Potencia:***	***Conversión:***	***FB:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
(Tipo)		(Watts)	(BTU/Watts·h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Fluorescentes	52	75	3,41	1,25	1,15	19 117,31	4 817,56	1,59
Salón total:	**52**	**75**				**19 117,31**	**4 817,56**	**1,59**
PISO N° 7:								
Lámparas:	**N °:**	***Potencia:***	***Conversión:***	***FB:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
(Tipo)		(Watts)	(BTU/Watts·h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Fluorescentes	160	40	3,41	1,25	1,15	31 372,00	7 905,74	2,61
Salón total:	**160**	**40**				**31 372,00**	**7 905,74**	**2,61**
PISO N° 8:								
Lámparas:	**N °:**	***Potencia:***	***Conversión:***	***FB:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
(Tipo)		(Watts)	(BTU/Watts·h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Fluorescentes	160	40	3,41	1,25	1,15	31 372,00	7 905,74	2,61
Salón total:	**160**	**40**				**31 372,00**	**7 905,74**	**2,61**
PISO N° 9:								
Lámparas:	**N °:**	***Potencia:***	***Conversión:***	***FB:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
(Tipo)		(Watts)	(BTU/Watts·h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Fluorescentes	34	73	3,41	1,25	1,15	12 166,45	3 065,95	1,01
Fluorescentes	32	40	3,41	1,25	1,15	6 274,40	1 581,15	0,52
Salón total:	**66**	**113**				**18 440,85**	**4 647,10**	**1,54**
Carga térmica total por iluminación del edificio:						**245 887,85**	**61 963,74**	**20,49**

Tabla Nº 1 – 17 (Transmisión por Luminarias)

CARGA TÉRMICA POR ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO VIEJO								
PISO N° 1:								
Lámparas:	**N °:**	***Potencia:***	***Conversión:***	***FB:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
(Tipo)		(Watts)	(BTU/Watts·h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Fluorescentes	30	40	3,41	1,25	1,15	5 882,25	1 482,33	0,49
Salón total:	**30**	**40**				**5 882,25**	**1 482,33**	**0,49**
PISO N° 2:								
Lámparas:	**N °:**	***Potencia:***	***Conversión:***	***FB:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
(Tipo)		(Watts)	(BTU/Watts·h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Fluorescentes	80	73	3,41	1,25	1,15	28 626,95	7 213,99	2,39
Fluorescentes	32	40	3,41	1,25	1,15	6 274,40	1 581,15	0,52
Salón total:	**112**	**113**				**34 901,35**	**8 795,14**	**2,91**
PISO N° 3:								
Lámparas:	**N °:**	***Potencia:***	***Conversión:***	***FB:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
(Tipo)		(Watts)	(BTU/Watts·h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Fluorescentes	68	73	3,41	1,25	1,15	24 332,91	6 131,89	2,03
Salón total:	**68**	**73**				**24 332,91**	**6 131,89**	**2,03**
PISO N° 4:								
Lámparas:	**N °:**	***Potencia:***	***Conversión:***	***FB:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
(Tipo)		(Watts)	(BTU/Watts·h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Fluorescentes	26	73	3,41	1,25	1,15	9303,76	2344,55	0,78
Salón total:	**26**	**73**				**9 303,76**	**2 344,55**	**0,78**
PISO N° 5:								
Lámparas:	**N °:**	***Potencia:***	***Conversión:***	***FB:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
(Tipo)		(Watts)	(BTU/Watts·h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Fluorescentes	68	73	3,41	1,25	1,15	24 332,91	6 131,89	2,03
Salón total:	**68**	**73**				**24 332,91**	**6 131,89**	**2,03**
PISO N° 6:								
Lámparas:	**N °:**	***Potencia:***	***Conversión:***	***FB:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
(Tipo)		(Watts)	(BTU/Watts·h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Fluorescentes	68	73	3,41	1,25	1,15	24 332,91	6 131,89	2,03
Salón total:	**68**	**73**				**24 332,91**	**6 131,89**	**2,03**
SOTANO:								
Lámparas:	**N °:**	***Potencia:***	***Conversión:***	***FB:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
(Tipo)		(Watts)	(BTU/Watts·h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Fluorescentes	162	73	3,41	1,25	1,15	53 999,06	13 607,76	4.50
Salón total:	**162**	**73**				**53 999,06**	**13 607,76**	**4.50**
Carga térmica total por iluminación del edificio:						**177 085,14**	**44 625,45**	**14,76**

1.11 CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA POR PERSONAS EN EL RECINTO

Por las actividades a las que están destinadas estas instalaciones, la cantidad o presencia de personas, ya sea por personal, clientes, visitas, etc, es considerada como mínima, aunque no despreciable, debido al aporte o ganancia de calor que causan las personas a la carga térmica de un recinto por acondicionar. Este es un rubro importante en los cálculos de la carga térmica para el rediseño del Chiller. En esto se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

En forma técnica y bien teórica, y en la cual se basaron los cálculos de la carga térmica, es que la ganancia de calor debida a las personas se compone de dos partes: el calor sensible y el calor latente que resulta de la transpiración. Algo del calor sensible se puede absorber por el efecto de almacenamiento de calor, pero no el calor latente. Y estos datos se obtuvieron de la tabla 6.11, en que la velocidad de ganancia de calor debida a la gente depende de su actividad física, y que ofrece una lista de valores para algunas actividades típicas, y la tabla 6.12 del Handbook y que las añado al final en los anexos.

Además utilice como fórmula para los cálculos de esta carga térmica la ecuación para las ganancias de calor sensible y latente originado en las personas la siguiente:

$$Q = q \times n \times \text{FCE}$$

;en que:

Q = ganancias de calor sensible y latente.
q = la suma ganancias de calor sensible y latente por persona.
n = número de personas.
FCE = factor de carga de enfriamiento para las personas.

Tabla Nº 1 – 18 (Transmisión por personas)

CARGA TÉRMICA POR PERSONAS DEL EDIFICIO NUEVO						
PISO N° 1:						
Ocupación:	***N° Personas:***	***q:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU/h)	(BTU/h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	23	880	1	20 240,00	5 100,48	1,69
PISO N° 2:						
Ocupación:	***N° Personas:***	***q:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU/h)	(BTU/h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	5	880	1	4 400,00	1 108,80	0,37
PISO N° 3:						
Ocupación:	***N° Personas:***	***q:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU/h)	(BTU/h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	2	880	1	1 760,00	443,52	0,15
PISO N° 4:						
Ocupación:	***N° Personas:***	***q:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU/h)	(BTU/h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	2	880	1	1 760,00	443,52	0,15
PISO N° 5:						
Ocupación:	***N° Personas:***	***q:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU/h)	(BTU/h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	3	880	1	2 640,00	665,28	0,22
PISO N° 6:						
Ocupación:	***N° Personas:***	***q:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU/h)	(BTU/h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	8	880	1	7 040,00	1 774,08	0,59
PISO N° 7:						
Ocupación:	***N° Personas:***	***q:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU/h)	(BTU/h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	6	880	1	5 280,00	1 330,56	0,44
PISO N° 8:						
Ocupación:	***N° Personas:***	***q:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU/h)	(BTU/h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	20	880	1	17 600,00	4 435,20	1,47
PISO N° 9:						
Ocupación:	***N° Personas:***	***q:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU/h)	(BTU/h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	6	880	1	5 280,00	1 330,56	0,44
Carga térmica total por personas del edificio:				**66 000,00**	**16 632,00**	**5,50**

Tabla Nº 1 – 19 (Transmisión por personas del edificio viejo)

CARGA TÉRMICA POR PERSONAS DEL EDIFICIO VIEJO						
PISO N° 1:						
Ocupación:	***N° Personas:***	***q:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU/h)	(BTU/h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	23	880	1	20 240,00	5 100,48	1,69
PISO N° 2:						
Ocupación:	***N° Personas:***	***q:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU/h)	(BTU/h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	5	880	1	4 400,00	1 108,80	0,37
PISO N° 3:						
Ocupación:	***N° Personas:***	***q:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU/h)	(BTU/h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	3	880	1	2 640,00	665,28	0,22
PISO N° 4:						
Ocupación:	***N° Personas:***	***q:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU/h)	(BTU/h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	3	880	1	2 640,00	665,28	0,22
PISO N° 5:						
Ocupación:	***N° Personas:***	***Q:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU/h)	(BTU/h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	5	880	1	4 400,00	1 108,80	0,37
PISO N° 6:						
Ocupación:	***N° Personas:***	***Q:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU/h)	(BTU/h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	7	880	1	6 160,00	1 552,32	0,51
SOTANO:						
Ocupación:	***N° Personas:***	***Q:***	***FCE:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
		(BTU/h)	(BTU/h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	0	880	1	0,00	0,00	0,00
Carga térmica total por personas del edificio:				**40 480,00**	**10 200,96**	**3,37**

1.12 CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA POR EQUIPOS EN EL RECINTO

El rubro de más importancia en el cálculo de la carga térmica para el rediseño del Chiller, y a su vez el factor de más importancia en la necesidad de acondicionar y controlar las condiciones de temperatura y humedad de los diferentes recintos que conforman las instalaciones de la central de San José, es el de los equipos de telecomunicaciones varios que ahí se encuentran en operación.

Estos equipos serán conformados por centrales telefónicas, centrales digitales, centrales de celulares y equipos de Internet y de manejo de información.

Además de los equipos anteriormente citados, se deben tomar en cuenta los diversos equipos eléctricos, como motores, equipo de cómputo y equipo de oficina.

La ganancia de calor debida al equipo se puede calcular, en ocasiones, en forma directa mediante consulta al fabricante o los datos de placa, tomando en cuenta si su uso es intermitente.

En este caso, para fines de estos cálculos no fue posible encontrar la información específica de la carga térmica que emiten los equipos de los diferentes pisos, ni en los diferentes departamentos de la institución ni con los posibles fabricantes de ellos, ya que en su mayoría son híbridos de sistemas y equipos varios; además que éstos, por su índole, están en constante cambio y no poseen datos de placa.

Por lo tanto, se tomó como carga térmica de los equipos la diferencia entre la carga instalada y la carga real de los valores distintos a los de los equipos, y ampliada en 15% de la carga frigorífica instalada actualmente, en equipos de ventana, unidades split, Limberths y manejadoras. Esto con el fin de tener datos para el análisis y al calculo, y siguiendo la recomendación de los ingenieros del I.C.E. Telecomunicaciones y del profesor guía del autor de este estudio.

Algunos equipos producen tanto calor sensible como latente. En la tabla 6.13, presente en los anexos, seguidamente se muestran algunos valores de la producción de calor para aparatos eléctricos típicos y los demás datos:

Equipos eléctricos	Carga [Watts]
Fax	*150*
Computadoras e impresoras	*35 000*
Fotocopiadora	*300*
Otros equipos de oficina	*200*
Otras cargas eléctricas	*1 500*
Para el cálculo de cargas por equipo totales, se consideró un factor de diversidad de 0,65.	

Figura Nº 1 – 15 (Cuadro de cargas producidas por los diferentes equipos eléctricos)

Figura Nº 1 – 16 (Muestra de equipos)

Tabla Nº 1 – 20 (Transmisión por equipos del edificio nuevo)

CARGA TÉRMICA POR EQUIPO EDIFICIO NUEVO				
PISO N° 1:				
Equipo dentro del recinto:	**Operación:** (horas)	**Carga térmica total:** (BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Equipo de oficina	8	119 350,00	30 076,20	9,95
Herramientas y equipo vario.	8	36 000,00	9 072,00	3,00
Salón total:		**155 350,00**	**39 148,20**	**12,95**
PISO N° 2:				
Equipo dentro del recinto:	**Operación:** (horas)	**Carga térmica total:** (BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Equipo de oficina	8	511,50	128,90	0,04
Central de transferencia de datos.	24	48 000,00	12 096,00	4,00
Salón total:		**48 511,50**	**12 224,90**	**4,04**
PISO N° 3:				
Equipo dentro del recinto:	**Operación:** (horas)	**Carga térmica total:** (BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Equipo de oficina	8	511,50	128,90	0,04
Central de transferencia de datos.	24	144 000,00	36 288,00	12,00
Salón total:		**144 511,50**	**36 416,90**	**12,04**
PISO N° 4:				
Equipo dentro del recinto:	**Operación:** (horas)	**Carga térmica total:** (BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Equipo de oficina	8	0,00	0,00	0,00
Ninguno.	24	0,00	0,00	0,00
Salón total:		**0,00**	**0,00**	**0,00**
PISO N° 5:				
Equipo dentro del recinto:	**Operación:** (horas)	**Carga térmica total:** (BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Equipo de oficina	8	0,00	0,00	0,00
Ninguno.	24	0,00	0,00	0,00
Salón total:		**0,00**	**0,00**	**0,00**
PISO N° 6:				
Equipo dentro del recinto:	**Operación:** (horas)	**Carga térmica total:** (BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Equipo de oficina	8	5 115,00	1 288,98	0,43
Central digital ALCATEL	24	168 000,00	42 336,00	14,00
Salón total:		**173 115,00**	**43 624,98**	**14,43**
PISO N° 7:				
Equipo dentro del recinto:	**Operación:** (horas)	**Carga térmica total:** (BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Equipo de oficina	8	6 115,00	1 540,98	0,51
Central de Internet.	24	156 500,00	39 438,00	13,04
Salón total:		**162 615,00**	**40 978,98**	**13,55**

Tabla Nº 1 – 20 (Continuación)

PISO N° 8:				
Equipo dentro del recinto:	**Operación:** (horas)	**Carga térmica total:** (BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Equipo de oficina	8	10 6681,50	26 883,74	8,89
Oficinas valor agregado.	8	168 000,00	42 336,00	14,00
Salón total:		**274 681,50**	**69 219,74**	**22,89**
PISO N° 9:				
Equipo dentro del recinto:	**Operación:** (horas)	**Carga térmica total:** (BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Equipo de oficina	8	6 138,00	1 546,78	0,51
Central celular Ericson y GSM	24	324 000,00	81 648,00	27,00
Salón total:		**366 138,00**	**92 266,78**	**30,51**
CARGA TÉRMICA TOTAL DEL EDIFICIO:		**1 324 922,50**	**333 880,47**	**110,41**

Tabla Nº 1 – 21 (Transmisión por equipos del edificio viejo)

CARGA TÉRMICA POR EQUIPO EDIFICIO VIEJO				
PISO N° 1:				
Equipo dentro del recinto:	**Operación:** (horas)	**Carga térmica total:** (BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Equipo de oficina	8	129 350,00	32 596,20	10,78
Agencia comercial.	8	132 000,00	33 264,00	11,00
Salón total:		**261 350,00**	**65 860,20**	**21,78**
PISO N° 2:				
Equipo dentro del recinto:	**Operación:** (horas)	**Carga térmica total:** (BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Equipo de oficina	8	511,50	128,90	0,04
Ninguno.	24	0,00	0,00	0,00
Salón total:		**511,50**	**128,90**	**0,04**
PISO N° 3:				
Equipo dentro del recinto:	**Operación:** (horas)	**Carga térmica total:** (BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Equipo de oficina	8	0,00	0,00	0,00
Central de transferencia de datos.	24	156 000,00	39 312,00	13,00
Salón total:		**156 000,00**	**39 312,00**	**13,00**
PISO N° 4:				
Equipo dentro del recinto:	**Operación:** (horas)	**Carga térmica total:** (BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Equipo de oficina	8	0,00	0,00	0,00
Ninguno.	24	0,00	0,00	0,00
Salón total:		**0,00**	**0,00**	**0,00**

Tabla Nº 1 – 21 (Continuación)

PISO N° 5:				
Equipo dentro del recinto:	**Operación:** (horas)	**Carga térmica total:** (BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Equipo de oficina	8	0,00	0,00	0,00
Ninguno.	24	0,00	0,00	0,00
Salón total:		**0,00**	**0,00**	**0,00**
PISO N° 6:				
Equipo dentro del recinto:	**Operación:** (horas)	**Carga térmica total:** (BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Equipo de oficina	8	1 024,00	258,05	0,09
Central digital ALCATEL	24	192 000,00	48 384,00	16,00
Salón total:		**193 024,00**	**48 642,05**	**16,09**
SOTANO:				
Equipo dentro del recinto:	**Operación:** (horas)	**Carga térmica total:** (BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Sala de Rectificadores 1 y 2.	24	66 325,00	16 713,90	5,53
Subestación.	24	161 122,50	40 602,87	13,43
Baterías.	24	135 240,00	34 080,48	11,27
Plantas de generación.	Emergencia	253 192,50	63 804,51	21,10
Bombas y máquinas.	13	47 250,00	11 907,00	3,94
Equipos varios.	13	4 640,00	1 169,28	0,39
Salón total:		**667 770,00**	**168 278,04**	**55,65**
CARGA TÉRMICA TOTAL DEL EDIFICIO:		**610 885,50**	**153 943,15**	**50,91**

1.13 CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA POR INFILTRACIÓN Y CAMBIO DE AIRE

La infiltración de aire a través de fisuras en las ventanas o puertas ocasiona una ganancia de calor, tanto sensible como latente, en el recinto. En este caso son mínimas ya que los diferentes recintos en su mayoría están dispuestos para tener equipos y no personal.

Al ser este edificio, pese a sus muchos años de construcción, un ejemplo de las muchas construcciones modernas que tienen ventanas selladas, no tienen pérdidas por infiltración, excepto en las puertas.

Asimismo, estas pérdidas por los cambios de aire necesarios para el bienestar del personal, de los edificios, así como de la demás gente que hace uso o visita estas instalaciones, se presentan en los pisos 1 y 8, principalmente.

Tomando en consideración estos factores, en los siguientes cuadros se muestran los cálculos de la carga térmica por infiltración o cambios de aire, mediante el uso de la ecuación siguiente:

$$Q = V \times FCE \times Fc$$

;en que:

Q = ganancias de calor sensible y latente por infiltración o cambio de aire.

V = Volumen del recinto.

FCE = factor de carga de enfriamiento para las personas.

Fc = factor de servicio de pérdidas por infiltración.

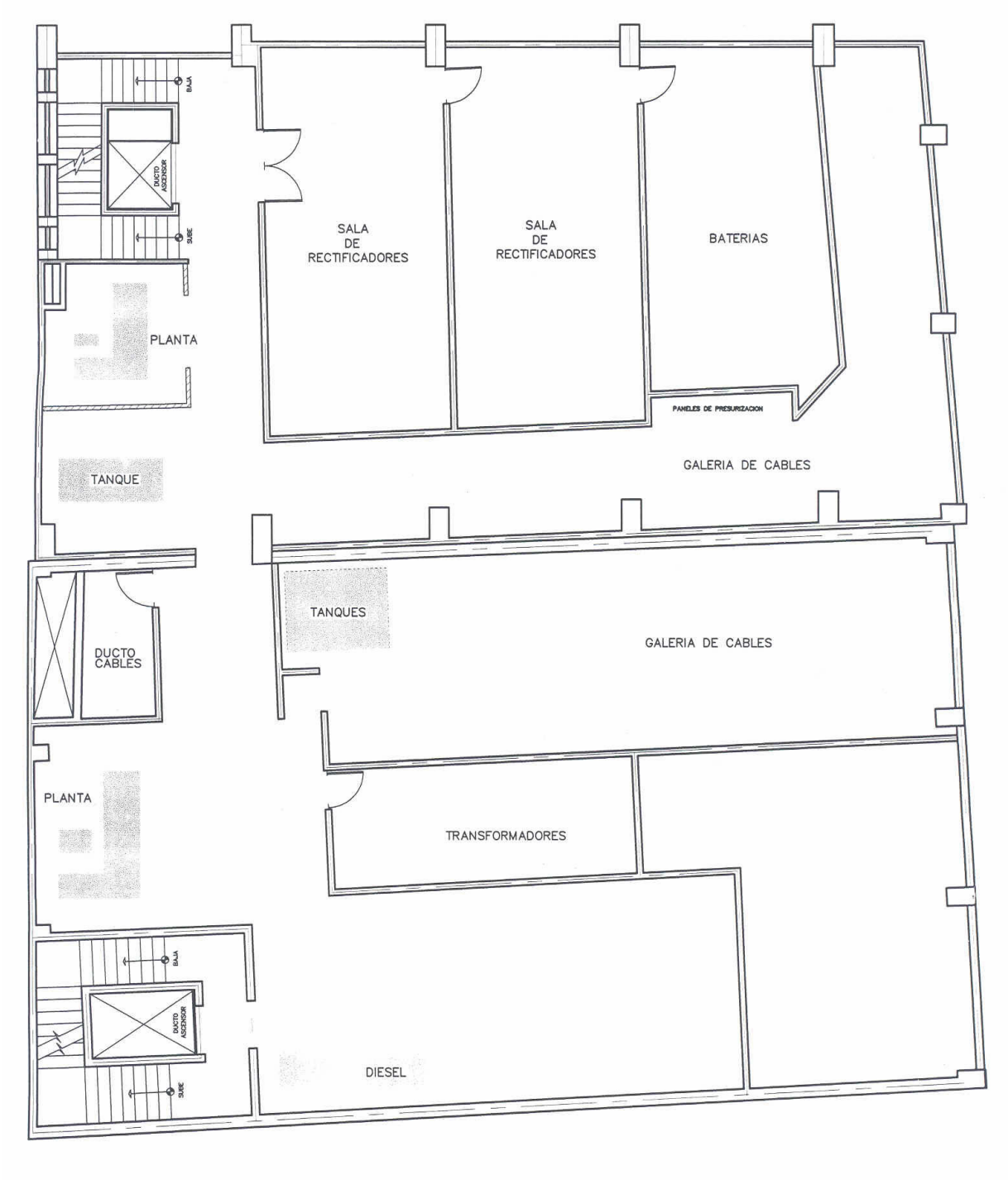


Figura Nº 1 – 17 (Distribución del espacio físico del sótano)

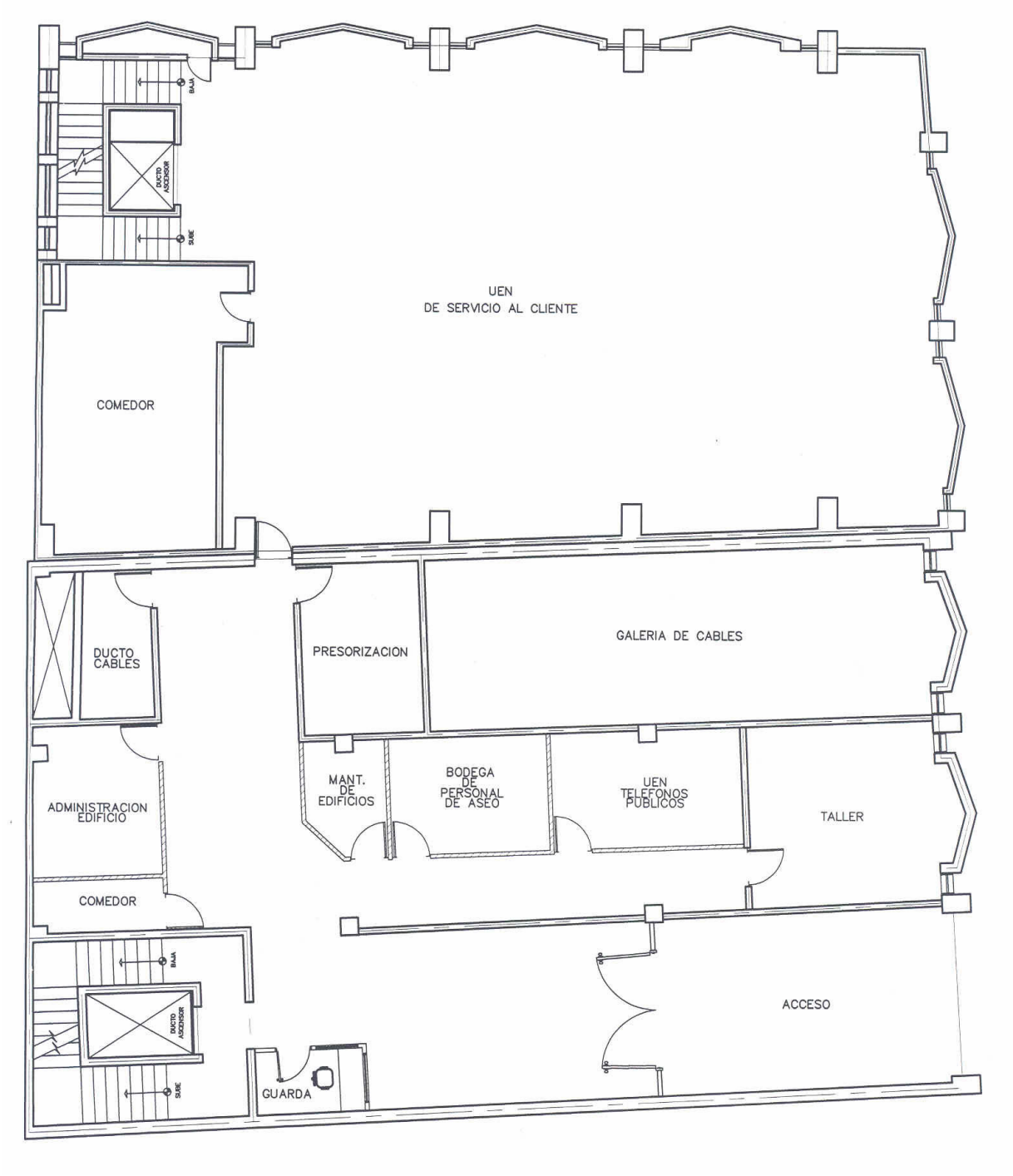


Figura Nº 1 – 18 (Distribución del espacio físico del piso Nº 1)

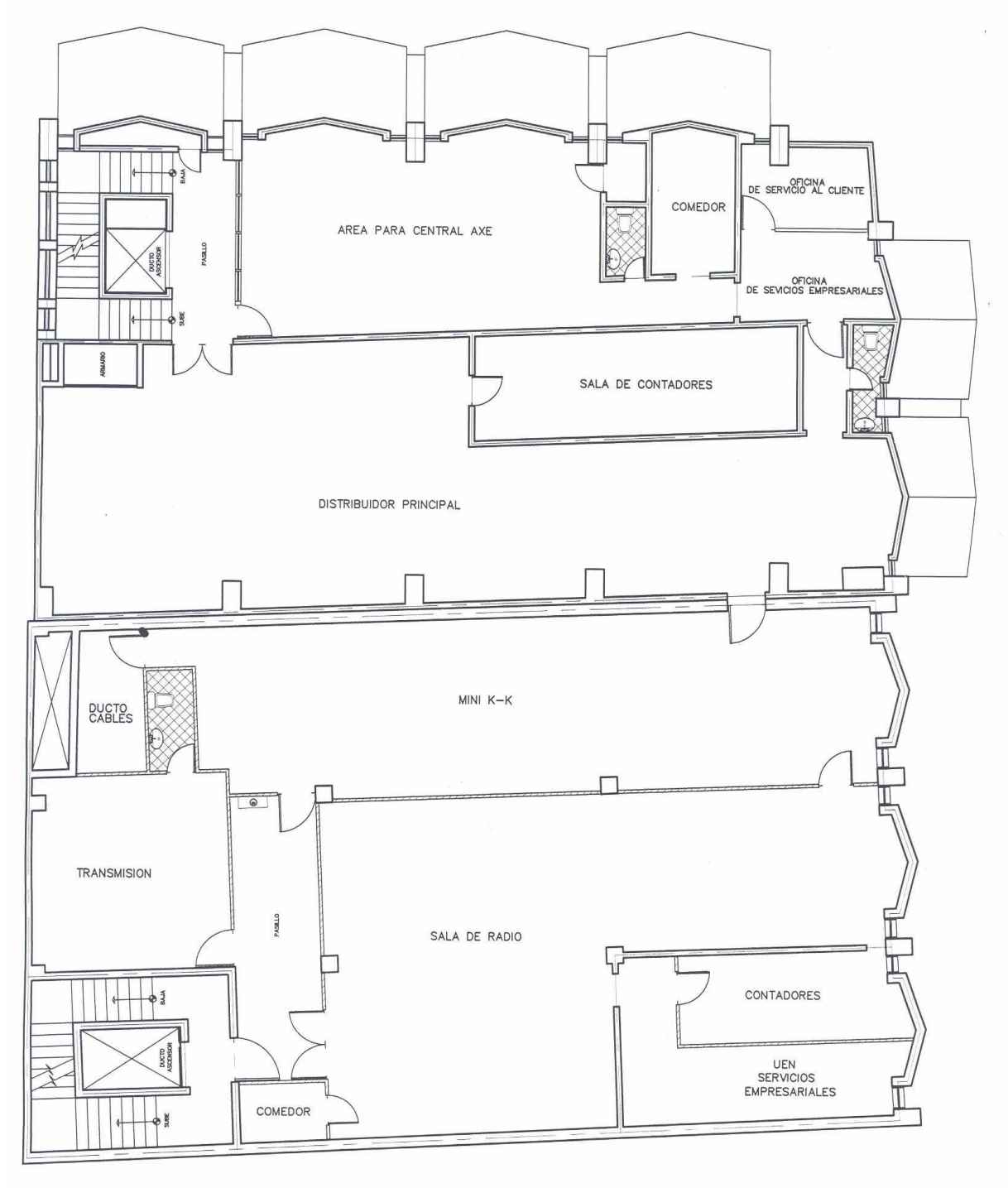


Figura Nº 1 – 19 (Distribución del espacio físico del piso Nº 2)

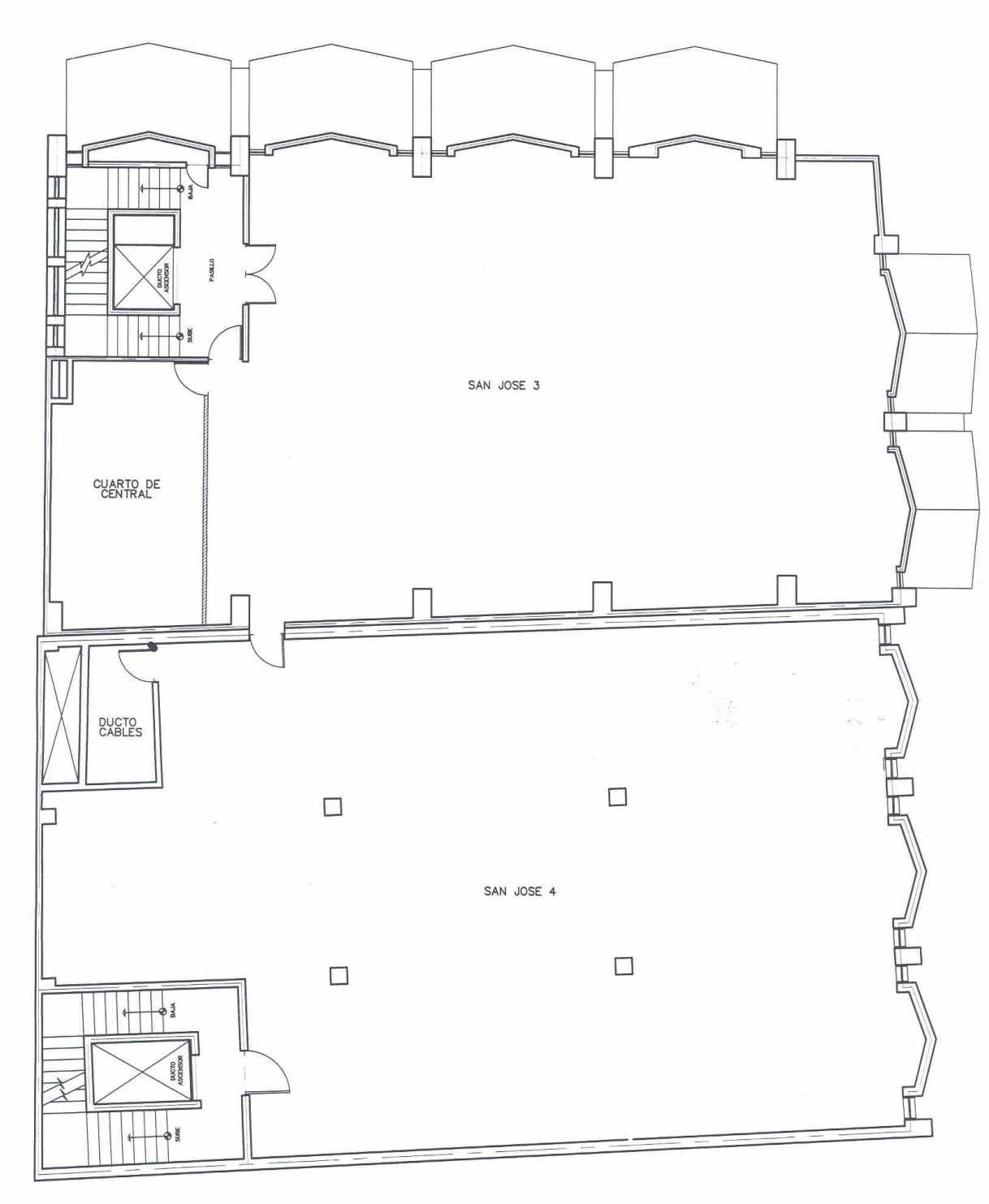


Figura Nº 1 – 20 (Distribución del espacio físico de los pisos Nº 4 al 9)

Tabla Nº 1 – 22 (Transmisión por aire)

Pérdidas por infiltración de cambios de aire en el recinto edificio nuevo						
PISO N° 1:						
Ocupación:	***Volumen:***	***FCE:***	***Fc:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(ft^3)	(BTU/ft^3)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	44 150,54	0,50	1,85	40 839,25	10 291,49	3,40
PISO N° 2:						
Ocupación:	***Volumen:***	***FCE:***	***Fc:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(ft^3)	(BTU/ft^3)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	44 150,54	0,25	0,75	8 278,23	2 086,11	0,69
PISO N° 3:						
Ocupación:	***Volumen:***	***FCE:***	***Fc:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(ft^3)	(BTU/ft^3)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	44 150,54	0,25	0,65	7 174,46	1 807,96	0,60
PISO N° 4:						
Ocupación:	***Volumen:***	***FCE:***	***Fc:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(ft^3)	(BTU/ft^3)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	44 150,54	0,25	0,65	7 174,46	1 807,96	0,60
PISO N° 5:						
Ocupación:	***Volumen:***	***FCE:***	***Fc:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(ft^3)	(BTU/ft^3)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	44 150,54	0,25	0,75	8 278,23	2 086,11	0,69
PISO N° 6:						
Ocupación:	***Volumen:***	***FCE:***	***Fc:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(ft^3)	(BTU/ft^3)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	44 150,54	0,25	0,80	8 830,11	2 225,19	0,74
PISO N° 7:						
Ocupación:	***Volumen:***	***FCE:***	***Fc:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(ft^3)	(BTU/ft^3)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	44 150,54	0,25	0,75	8 278,23	2 086,11	0,69
PISO N° 8:						
Ocupación:	***Volumen:***	***FCE:***	***Fc:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(ft^3)	(BTU/ft^3)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	44 150,54	0,35	1,85	28 587,47	7 204,04	2,38
PISO N° 9:						
Ocupación:	***Volumen:***	***FCE:***	***Fc:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(ft^3)	(BTU/ft^3)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	44 150,54	0,25	0,75	8 278,23	2 086,11	0,69
CARGA TÉRMICA TOTAL DEL EDIFICIO:				**125 718,66**	**31 681,10**	**10,48**

Tabla Nº 1 – 23 (Transmisión por aire)

Pérdidas por infiltración de cambios de aire en el recinto edificio viejo						
PISO N° 1:						
Ocupación:	***Volumen:***	***FCE:***	***Fc:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(ft^3)	(BTU/ft^3)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	39 689,27	0,50	1,85	36 712,57	9 251,57	3,06
PISO N° 2:						
Ocupación:	***Volumen:***	***FCE:***	***Fc:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(ft^3)	(BTU/ft^3)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	39 689,27	0,25	0,75	7 441,74	1 875,32	0,62
PISO N° 3:						
Ocupación:	***Volumen:***	***FCE:***	***Fc:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(ft^3)	(BTU/ft^3)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	39 689,27	0,25	0,65	6 449,51	1 625,28	0,54
PISO N° 4:						
Ocupación:	***Volumen:***	***FCE:***	***Fc:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(ft^3)	(BTU/ft^3)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	39 689,27	0,25	0,65	6 449,51	1 625,28	0,54
PISO N° 5:						
Ocupación:	***Volumen:***	***FCE:***	***Fc:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(ft^3)	(BTU/ft^3)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	39 689,27	0,25	0,75	7 441,74	1 875,32	0,62
PISO N° 6:						
Ocupación:	***Volumen:***	***FCE:***	***Fc:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(ft^3)	(BTU/ft^3)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	39 689,27	0,25	0,75	7 441,74	1 875,32	0,62
Sótano:						
Ocupación:	***Volumen:***	***FCE:***	***Fc:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***	***Carga térmica:***
	(ft^3)	(BTU/ft^3)	(BTU / h)	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Trabajo ligero	39 689,27	0,25	0,75	43 338.86	10 921.39	3.61
CARGA TÉRMICA TOTAL DEL EDIFICIO:				**1 152 275.66**	**29 049.47**	**9.61**

1.14 CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA TOTAL REAL Y DE DISEÑO

Para determinar la carga térmica total, tanto real como la de diseño y, a su vez, la sugerida por el personal y jefaturas del I.C.E. Telecomunicaciones, con el fin de rediseñar el Chiller en las instalaciones de la central de San José, se sumaron las diversas cargas térmicas totales, de las diversas secciones anteriores, que establecen las diferentes ganancias de calor a las que están sometidas estas instalaciones.

Además, para el cálculo real sólo se aplicó la sumatoria de cargas térmicas totales de cada sección; sin embargo para la carga total de diseño, se aumentó en 20% el sobredimensionamiento, para cubrir futuras expansiones o eventuales cambios en la carga térmica de las instalaciones de la agencia de San José.

Con respecto a la carga total sugerida, ésta es el resultado de multiplicar el piso de mayor carga térmica, en este caso el noveno del edificio nuevo, por el número de pisos que tienen las instalaciones, más la suma de la carga térmica del sótano con un factor de sobredimensionamiento de 20%.

Esto por recomendación de los ingenieros de jefatura del I.C.E. Telecomunicaciones, con el fin de tener la misma y máxima capacidad, en cada piso, para eventuales cambios, modificaciones o ampliaciones como se demuestra en la siguiente tabla:

Tabla Nº 1 – 24 (Cargas térmicas totales)

CARGA TÉRMICA TOTAL PARA EL CHILLER			
	Carga térmica:	*Carga térmica:*	*Carga térmica:*
	(BTU / h)	(kcal / h)	(Tons)
Piso Nº 1:	**315 665,38**	**79 547,68**	**26,30**
Piso Nº 2:	**175 219,72**	**44 155,38**	**14,60**
Piso Nº 3:	**246 564,55**	**62 134,27**	**20,54**
Piso Nº 4:	**116 209,67**	**29 284,84**	**9,68**
Piso Nº 5:	**118 193,44**	**29 784,75**	**9,84**
Piso Nº 6:	**283 172,31**	**71 359,43**	**23,60**
Piso Nº 7:	**296 517,76**	**74 722,47**	**24,70**
Piso Nº 8:	**441 213,50**	**111 185,80**	**36,76**
Piso Nº 9:	**487 109.61**	**122 751.63**	**40.59**
Edificio:	**2 443 865,94**	**615 854,27**	**203,61**
Piso Nº 1:	**401 619,68**	**101 208,17**	**33,47**
Piso Nº 2:	**124 689,45**	**31 421,75**	**10,39**
Piso Nº 3:	**266 857,28**	**67 248,04**	**22,24**
Piso Nº 4:	**95 828,13**	**24 148,70**	**7,99**
Piso Nº 5:	**113 609,51**	**28 629,60**	**9,47**
Piso Nº 6:	**343 094,66**	**86 459,86**	**28,59**
Sótano:	**968 628.46**	**244 094.37**	**80.72**
Edificio:	**2 314 327,17**	**583 210,48**	**192,87**
Total real:	**4 794 193.11**	**1 208 136.75**	**399,47**
Total de diseño:	**5 753 031.73**	**1 449 764.10**	**479.37**
Total sugerida:	**8 468 998.30**	**2 134 187.76**	**705.71**

1.15 CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL EQUIPO CHILLER

En esta sección; con base en las cargas térmicas calculadas en el apartado anterior, y según las recomendaciones de los ingenieros de jefatura del I.C.E. Telecomunicaciones, en esta sección se escoge el equipo más conveniente para los intereses ingenieriles y los intereses de institución, también se tomó en cuenta la recomendación o interés de usar un equipo Chiller análogo al que se instaló tiempo atrás en la agencia del oeste. Pero antes es necesario entender en forma general y breve que es un sistema Chiller.

La historia del aire acondicionado es la historia de Carrier y aunque no lo parezca, hay mucho más de lo que pensamos detrás de ese confort que disfrutamos en un día cálido y húmedo durante el verano.

Cuando el Dr. Willis Carrier diseñó el primer sistema de aire acondicionado en 1902, su cliente era un frustrado impresor de Brooklyn, N.Y., que no lograba imprimir una imagen decente a color debido a que los cambios de temperatura y la humedad afectaban las dimensiones y alineación de las tintas.

Por casi dos décadas, la invención de Carrier**,** que nos permitió controlar científicamente la temperatura y humedad dentro de nuestros hogares, estaba dirigida a las máquinas, o a la industria más que a las personas. No fue hasta 1906 que **Carrier**, siendo empleado de la Buffalo Forge Company, patentó su primer equipo como: "Un aparato para tratar el aire".

Las industrias textiles del sur de los Estados Unidos fueron los primeros usuarios del nuevo sistema de Carrier**.** La falta de humedad en el aire de la Chronicle Cotton Mill en Belmont, N.C. causaba exceso de electricidad estática, provocando que las fibras de algodón se deshilacharan y fuera difícil tejerlas. El sistema Carrier elevó y estabilizó el nivel de humedad para eliminar este problema. Acondicionó las fibras. La primera venta en el exterior de un sistema Carrier fue para una fábrica de seda en Yokohama, Japón en 1907.

Productores de navajas de afeitar, de películas para celuloide, de cápsulas farmacéuticas, procesadores de tabaco, pastelerías, empacadoras de carne, fábricas de jabón, de municiones, etc. La lista de compañías que mejoraron su producto utilizando el sistema Carrier se expandió dramáticamente.

Entusiasmados por el éxito, Willis Carrier y seis amigos reunieron $32,600.00 dólares y formaron la Compañía Carrier Engineeringen 1915**,** una compañía donde su único producto estaba garantizado para satisfacer los niveles de temperatura y humedad establecidos por el cliente.

Carrier, la compañía, inicio la fabricación de productos en 1922 después del logro más significativo en la industria el equipo refrigerante centrifugado (Chiller) El refrigerante centrifugado, o simplemente centrifugado, fue el primer método práctico de aire acondicionado para espacios amplios. Este logro por si solo preparó el camino para el desarrollo de equipos que ofrecieron confort a hospitales, escuelas, oficinas, aeropuertos, hoteles y tiendas departamentales.

Una vez más, el primer equipo fue utilizado en la industria para estabilizar ciertos procesos como la fabricación de dulce y cerámica.

En 1924 acondicionar con frío hizo su debut en la tienda departamental J.L. Hudson en Detroit, Michigan. Los asistentes a la popular venta de sótano se sentían mareados por el calor debido a que el sistema de ventilación estaba obstruido. Estas ventas de sótano se hicieron más populares a partir de la instalación de tres refrigerantes centrifugados Carrier y tiempo después fueron instalados en toda la tienda.

Muchos norteamericanos disfrutaron la experiencia del aire acondicionado en los cines por primera ocasión, ya que los propietarios instalaron los equipos para incrementar la asistencia durante los cálidos y húmedos días de verano.

Las máquinas refrigerantes de finales del siglo XIX y principios del siglo XX utilizaban compresores para bombear refrigerante (normalmente tóxico e inflamable amoniaco) a través del sistema. Existían limitaciones físicas y económicas en el tamaño de este compresor "dispositivo positivo", así que Willis Carrier dirigió su atención a otra área.

Las bombas utilizadas requerían palas rotores basándose en la fuerza centrífuga para mover los fluídos. Entonces Willis Carrier se preguntó ¿Por qué no aplicar la energía centrífuga en el compresor en lugar de basarse en el vaivén de pistones de la maquinas refrigerantes?

Y como decimos...el resto es historia. Las patentes de Carrier de la máquina refrigerante centrifugada (Chiller) fueron completados en 1921 e iniciaron las operaciones para enfriar estructuras cada vez más grandes.

El primer equipo refrigerante centrifugado fue vendida a la fábrica de dulce Stephen F. Whitman e Hijos de Filadelfia, Pennsylvania en Marzo 26 de 1923. Para no quedarse atrás la marca rival, William F. Schrafft e Hijos de Boston compró el mismo equipo un mes mas tarde. Carrier también vendió su primer prototipo experimental a la Compañía de Cerámica Onondaga en Syracurse, Nueva York en 1924. Este equipo ahora es exhibido en el Museo Smithosoniano de Ciencia e Industria.

En 1985, Carrier fue incluido en el Salón de la Fama de Inventores Nacionales en honor a su primera patente y en reconocimiento a los siguientes equipos centrifugados. (Chiller)

El sistema de aire acondicionado, en los tres edificios será un sistema de Expansión Indirecta con unidades enfriadoras de agua, "Chiller", con condensadores enfriados por aire y agua. Antes que nada, es muy importante recordar que para todo proyecto de aire acondicionado, ya sea una nueva instalación o un reemplazo, es necesario contar con la ayuda de una compañía de ingeniería que nos ayude a analizar diferentes opciones, ya que no existen soluciones generales. Cada proyecto tiene sus propias alternativas y su propia solución.

Existen diversas opciones de unidades centrales o enfriadoras de agua (Chillers), y cada opción será la más adecuada, dependiendo de las instalaciones, la disponibilidad y costo del agua, así como las tarifas de energía eléctrica en el lugar de la aplicación.

Cuando se hace una selección en el equipo a utilizar se debe tomar en cuenta que los equipos enfriados por agua son más eficientes que los enfriados por aire, pero se debe analizar el sistema completo, ya que al sistema de enfriamiento por agua tiene que agregársele el consumo eléctrico de los ventiladores de la torre de enfriamiento y en de las bombas de agua de condensación. El componente que consume la mayor parte de la energía en una Unidad Enfriadora de Agua (Chiller), es el compresor, y este puede ser de diferentes tipos.

De acuerdo con la capacidad requerida, en las instalaciones de la agencia Central de San José, se dispuso utilizar equipo Chillers de la marca Carrier. Tomando en cuenta las características de este y de los edificios, el caudal de agua en el sistema hidráulico que se requieren es de 2.5 gal / min (0,000 16 m^3/s ó 0,158 l/s), o por cada tonelada de capacidad frigorífica.

Por lo tanto, si se utiliza la carga térmica de diseño, de 479,37 toneladas frigoríficas, según los equipos que hay en el mercado, se pueden utilizar: dos Chillers modelo 30HX de 240 toneladas, los cuales son enfriados por aire; es decir, requieren de unidades condensadoras. Asimismo se necesita de un caudal de 600 galones por minuto (0,038 m^3/s ó 37,85 l/s) por cada unidad Chiller, 1 200 galones por minuto (0,076 m^3/s ó 75,70 l/s) como mínimo en las instalaciones de la agencia de San José.

También se pueden utilizar dos Chillers modelo 30GX de 240 toneladas, los cuales son enfriados por agua; es decir, se requiere de una torre de enfriamiento. Asimismo se necesita de un caudal de 600 galones por minuto (0,038 m^3/s ó 37,85 l/s) por cada unidad Chiller, 1 200 galones por minuto (0,076 m^3/s ó 75,70 l/s) como mínimo en condiciones análogas al modelo anterior.

También puede ser un solo Chiller modelo 19XR de 480 toneladas frigoríficas, enfriado por agua, que necesita de una torre de enfriamiento y un caudal mínimo de 1 200 galones por minuto (0,076 m^3/s ó 75,70 l/s).

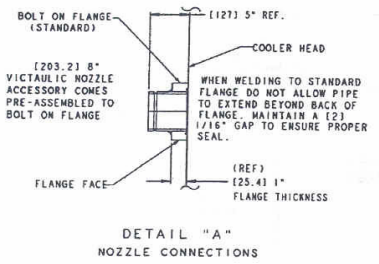
Si se utiliza la carga térmica sugerida, de 705,71 toneladas frigoríficas, según los equipos que hay en el mercado, se pueden utilizar: dos Chillers modelo 30HX de 360 toneladas, los cuales son enfriados por aire, es decir, requieren de unidades condensadoras. Asimismo, se necesita un caudal de 900 galones por minuto (0,057 m^3/s ó 56,78 l/s) por unidad.

También se puede utilizar dos Chillers modelo 30GX de 360 toneladas, los cuales son enfriados por agua; es decir, se requiere de una torre de enfriamiento. Asimismo se necesita de un caudal de 900 galones por minuto (0,057 m^3/s ó 56,78 l/s) por cada unidad Chiller, 1 800 galones por minuto (0,114 m^3/s ó 113,56 l/s) como mínimo, en condiciones análogas al modelo anterior.

También puede ser, un solo Chiller modelo 19XR de 710 toneladas frigoríficas, enfriado por agua, que necesita de una torre de enfriamiento y un caudal mínimo de 1 775 galones por minuto (0,112 m^3/s ó 111,99 l/s).

No obstante, téngase presente que estas recomendaciones no consideran aspectos estructurales del edificio con respecto a su instalación hasta las azoteas, pese a que por consulta con los distribuidores es totalmente factible, si los edificios soportan el esfuerzo mecánico que tienen que soportar los edificios.

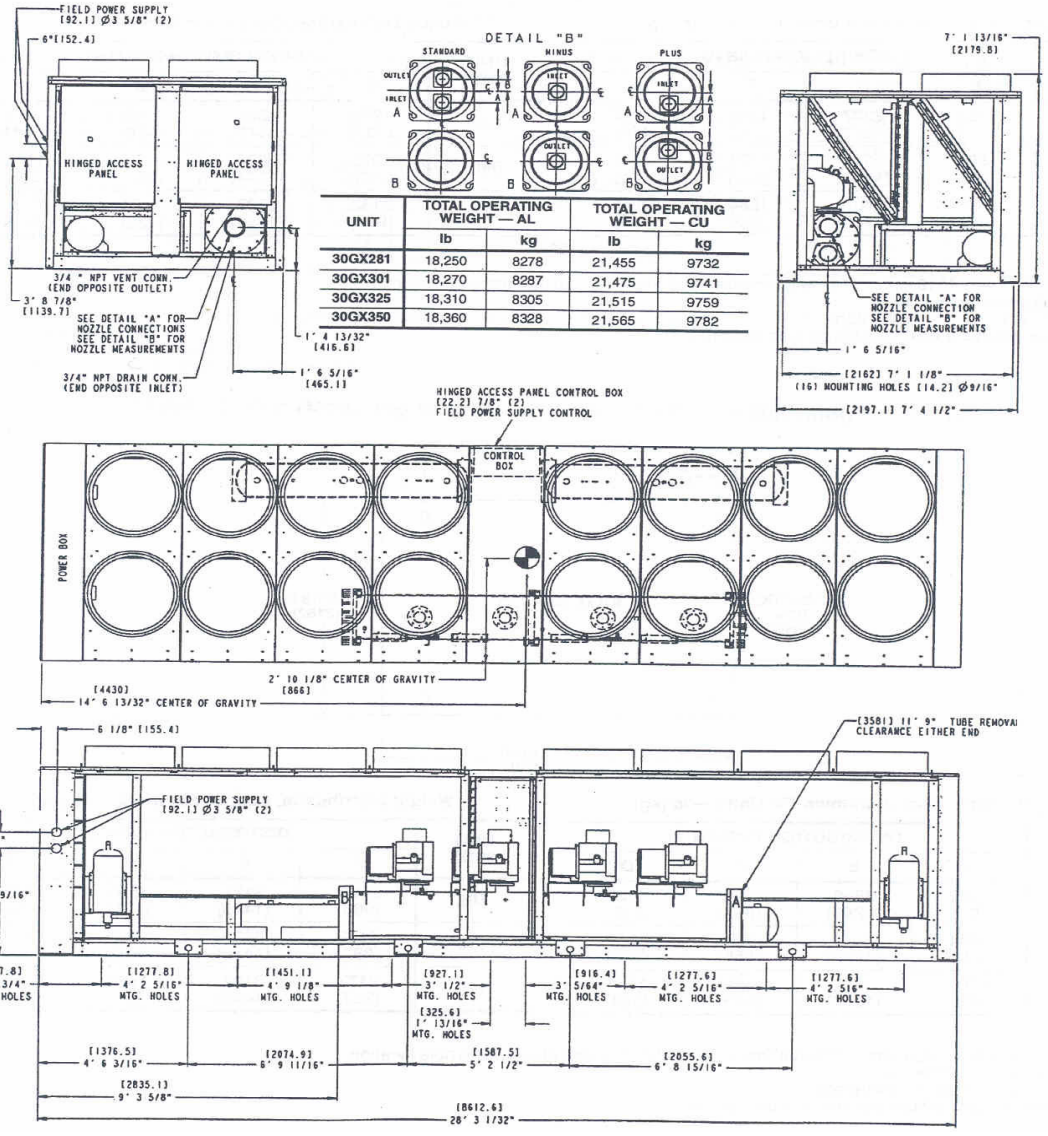
Tampoco consideró el factor económico ya que este rubro es función directa de las autoridades del I.C.E. y el proceso de licitaciones públicas.



DETAIL "A"
NOZZLE CONNECTIONS

UNIT		A (in.)	B (in.)	A (mm)	B (mm)	NUMBER OF PASSES	CONNECTION SIZES in. (mm)
30GX281,301,325,350	STD	5.53	5.53	140	140	2	8 (203)
	MINUS	—	—	—	—	1	8 (203)
	PLUS	5.53	5.53	140	140	3	8 (203)

NOTES:
1. Unit must have clearances for airflow as follows:
   TOP — Do not restrict in any way.
   ENDS — (1524 mm) 5 ft (from solid surface)
   SIDES — (1829 mm) 6 ft
2. Unit with sound hoods require clearances for airflow as follows:
   TOP — Do not restrict in any way.
   ENDS — (1829 mm) 6 ft
   SIDES — (2134 mm) 7 ft
3. Center of gravity shown is for aluminum fin coil. See Fig. 10 for all values.



UNIT	TOTAL OPERATING WEIGHT — AL		TOTAL OPERATING WEIGHT — CU	
	lb	kg	lb	kg
30GX281	18,250	8278	21,455	9732
30GX301	18,270	8287	21,475	9741
30GX325	18,310	8305	21,515	9759
30GX350	18,360	8328	21,565	9782

Figura Nº 1 – 21 (Esquema técnico del Chiller Carrier sugerido)

1.16 CÁLCULO Y DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE AGUA MÁXIMA REQUERIDA

Como en la sección anterior se destacó que los régimen de agua necesario para el funcionamiento adecuado del equipo Chiller es directamente proporcional al tipo y número de unidades y, sobre todo a la capacidad en toneladas de refrigeración. Es por eso que para la determinación del caudal de agua máximo requerido es necesario, cuál de las cargas térmicas totales y cual de las opciones o configuraciones posibles se pretende implementar.

Sin embargo, como esta decisión final corresponde a las autoridades superiores del I.C.E y de I.C.E. Telecomunicaciones y al proceso de licitaciones públicas, por las que se rigen estas instituciones públicas y por recomendación de profesores relacionados con el estudio, se dispuso diseñar y tomar en consideración los requerimientos máximos necesarios.

Aunque estos equipos pueden ser las más costosas se considera que son los más eficaces y eficientes desde el punto de vista ingenieril, y que aplicables a sistemas de menores dimensiones, mas no a la viceversa.

La capacidad requerida escogida para el diseño del sistema hidráulico que requiere el sistema Chiller de ambos edificios será la correspondiente a la carga total sugerida.

Esta carga térmica sugerida corresponde a 705,71 toneladas frigoríficas, para lo cual según los equipos que hay en el mercado la opción de mayor régimen de caudal de agua es la de usar dos Chillers Carrier modelo 30GX de 360 toneladas cada uno, los cuales son enfriados por agua; es decir, se requiere de una torre de enfriamiento. Para los cuales se necesita de un caudal de 900 galones por minuto (0,057 m^3/s ó 56,78 l/s) por cada unidad Chiller, 1 800 galones por minuto (0,114 m^3/s ó 113,56 l/s), como mínimo, para ambas unidades.

A esto se le debe aplicar un factor de ampliación o sobrediseño, que dé un margen de seguridad y cubra, en cualquier eventualidad, perdidas por fugas o por algún otro tipo de falla.

Se tomará como ese factor de ampliación 20% sobre el caudal requerido por los Chiller para la carga máxima sugerida y como valor de la cantidad de agua que debe circular por los dos edificios de la central de San José.

Una vez hechos los cálculos respectivos, el caudal que se usará para la secciones subsiguientes corresponderá a: **2160 galones por minuto (0,136 m^3/s ó 136,275 l/s).**

La distribución en las tuberías, o bien, por bombas, será dado en las secciones siguientes, de acuerdo con las rutas criticas indicadas y los circuitos dados.

1.17 DISEÑO DE LA TUBERÍA DE AGUAS FRÍAS Y DE RETORNO

1.17.1 OBJETIVOS DEL DISEÑO

Los objetivos que se buscan con la realización de esta sección del proyecto son:

1. Proveer a la institución de un sistema adecuado de enfriamiento para sus equipos, a un bajo costo tanto de operación así como de mantenimiento, mediante le uso de manejadoras y por ende de su sistema de aguas frías y retorno.
2. Seleccionar de la forma más adecuada las manejadoras que van a ir conectadas a la red hidráulica que viene desde el Chiller de forma que se maximice la utilización de la misma en condiciones seguras de operación.
3. Realizar el diseño de la tubería y demás accesorios necesarios para la instalación de la red hidráulica de ambos edificios en todos sus pisos.
4. Seleccionar la bomba o bombas que realice la circulación de agua fría a través de todo el circuito de enfriamiento de los diversos pisos.

1.17.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL DE ENFRIAMIENTO DE LAS INSTALACIONES

El proceso que se utiliza actualmente, consiste en la recirculación de agua, enfriada en los Chillers de las respectivas azoteas de los edificios de las instalaciones, la cual se envía a las diferentes manejadoras en los distintos pisos del edificio nuevo mediante el uso de cuatro bombas en serie y paralelo.

El proceso actual posee una tubería de enfriamiento de un diámetro nominal de 4 pulgadas y dos tuberías de retorno del mismo diámetro nominal. El principal problema que tiene esto es que no se hicieron los cálculos adecuados de pérdidas de presión y se presentan problemas de velocidad en diferentes tramos de la tubería.

Además que no se diseños para el nuevo caudal que requerirá el o los nuevos Chillers; así como la factibilidad de alimentar todos los pisos de ambos edificios y sus respectivos sótanos.

Figura Nº 1 – 22 (Tuberías actuales en los ductos de los edificios)

1.17.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TUBERÍAS

La mayoría de los sistemas de flujo de tubería involucran grandes pérdidas de energía de fricción y pérdidas menores. Si el fluido es arreglado de tal forma que el fluido fluye a través de una línea continua, sin ramificaciones, este se conoce con el nombre de **sistema en serie**. Por otro lado, si el flujo se ramifica en dos ó más líneas, se le conoce con el nombre de **sistema en paralelo.**

En nuestro caso la disposición que requerimos se ajusta a la condición ya nombrada como sistema paralelo. Y es para ella, que calcularé: la cabeza de presión, cabeza de elevación y cabeza de velocidad.

En el diseño o análisis de un sistema de flujo de tubería existen seis variables que se deben de tomar en cuenta y que se interrelacionan entre sí y son:

a. Las pérdidas de energía del sistema o la adición de energía al sistema.
b. La velocidad del flujo de volumen del fluido o la velocidad del fluido.
c. El tamaño de la tubería.
d. La longitud de la tubería.
e. La rugosidad de la pared de la tubería **e**.
f. Las propiedades del fluido como peso específico, densidad y viscosidad.

- ***Tubería de enfriamiento:***

Se define tubería de enfriamiento a aquella tubería que trae el agua con menor temperatura directamente del Chiller hacia las diferentes manejadoras que requieren enfriar los diferentes recintos de los edificios.

- ***Tubería de retorno:***

La tubería de retorno es la encargada de recolectar toda las aguas proveniente de las manejadoras y encausarlas hacia el Chiller con el fin de bajar la temperatura al agua y de esta manera cerrar el circuito.

1.18 DETERMINACIÓN DE LAS TUBERÍAS POR TRAMO

En esta sección trataré de demostrar en la forma más clara el proceder para el cálculo de las tuberías que conforman el diseño del sistema hidráulico de aguas frías y de retorno, que necesita el Sistema Chiller para acondicionar los diferentes recintos de las instalaciones donde desarrollé mi proyecto de practica.

Para facilitar el análisis de las pérdidas de presión en las tuberías, se seccionó esta en diferentes tramos, tanto para el agua de enfriamiento que va hacia las manejadoras, así como para el agua de retorno. También se asumió como velocidad máxima del agua a 4 m / s debido a que se tiene la necesidad de circular el este refrigerante secundario, de manera rápida a través de los serpentines de las diferentes manejadoras.

Para garantizarse una muy buena transferencia de calor y por ende un muy buen acondicionamiento, consciente de que esta velocidad relativamente alta, incidirá en las pérdidas y menos importante en el ruido en la tubería ya que por las actividades propias de las instalaciones y la falta de personal que le moleste en los diferentes recintos, esto del ruido, no es de importancia. En el diseño se tomó en cuenta el caudal máximo requerido para la carga máxima sugerida, con una temperatura del fluido, en este caso de – 10 º C. La tubería total fue seccionada en los siguientes tramos que se mencionan a continuación:

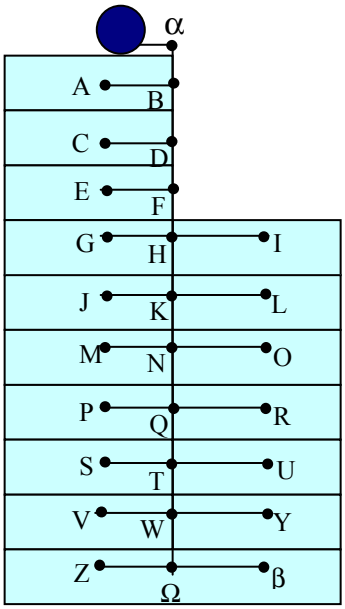


Figura Nº 1 – 23 (Diagrama unifilar de los tramos de tubería)

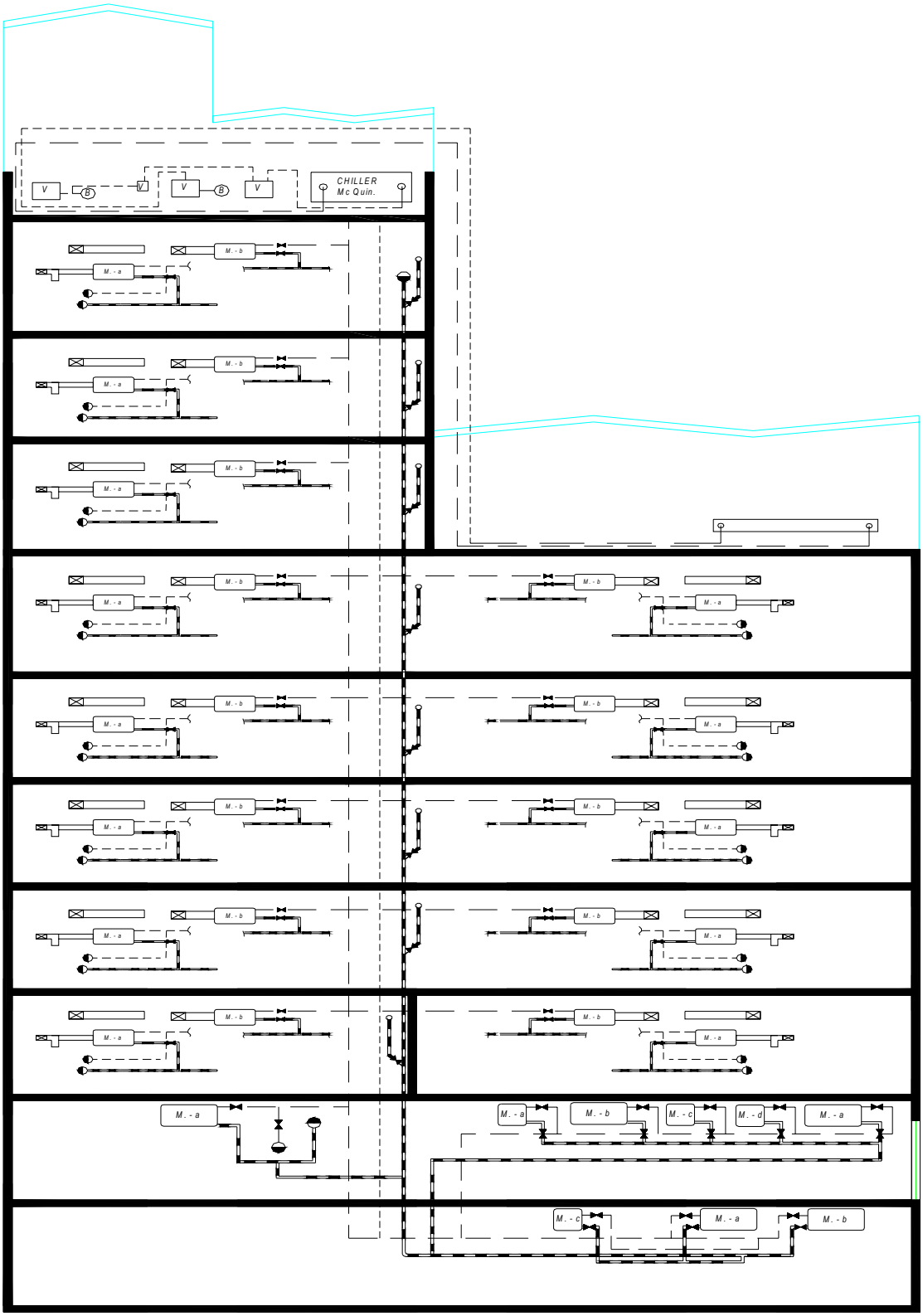


Figura Nº 1 – 24 (Plano propuesto de la tubería)

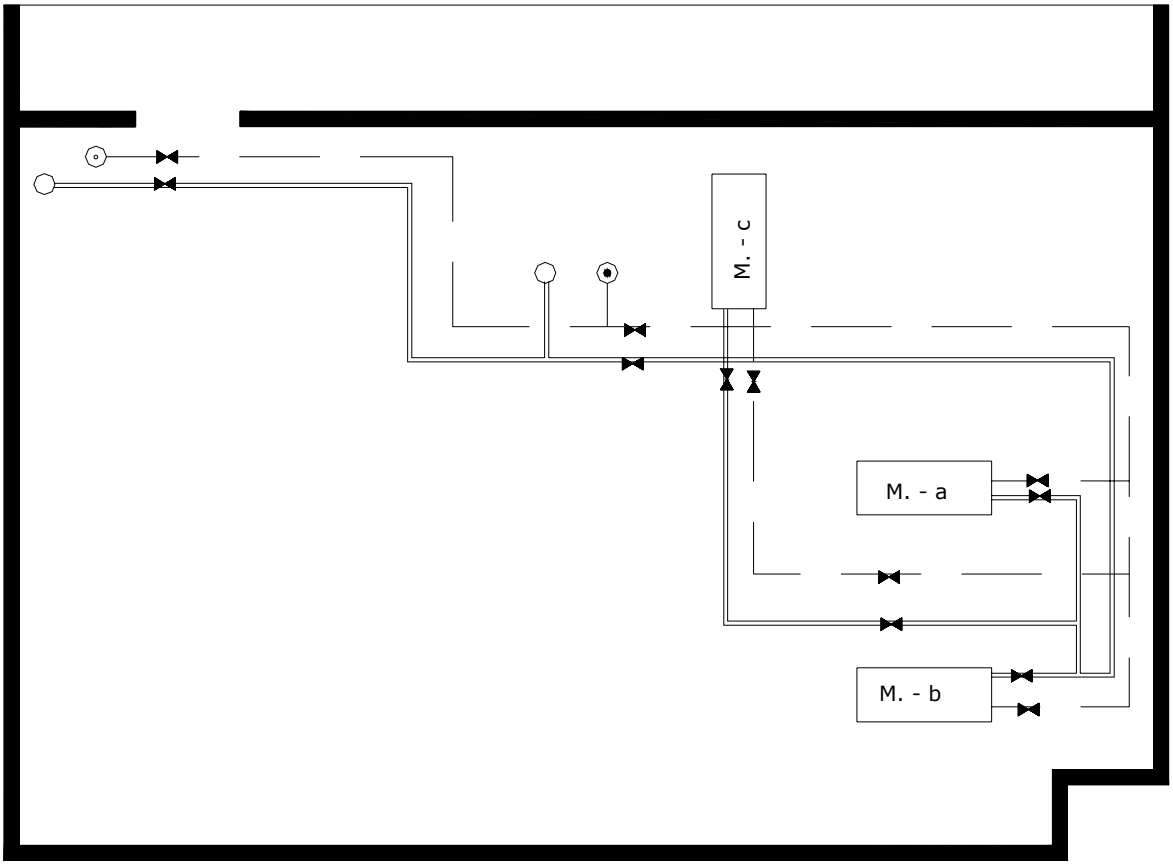


Figura Nº 1 – 25 (Plano de tubería de planta del sótano)

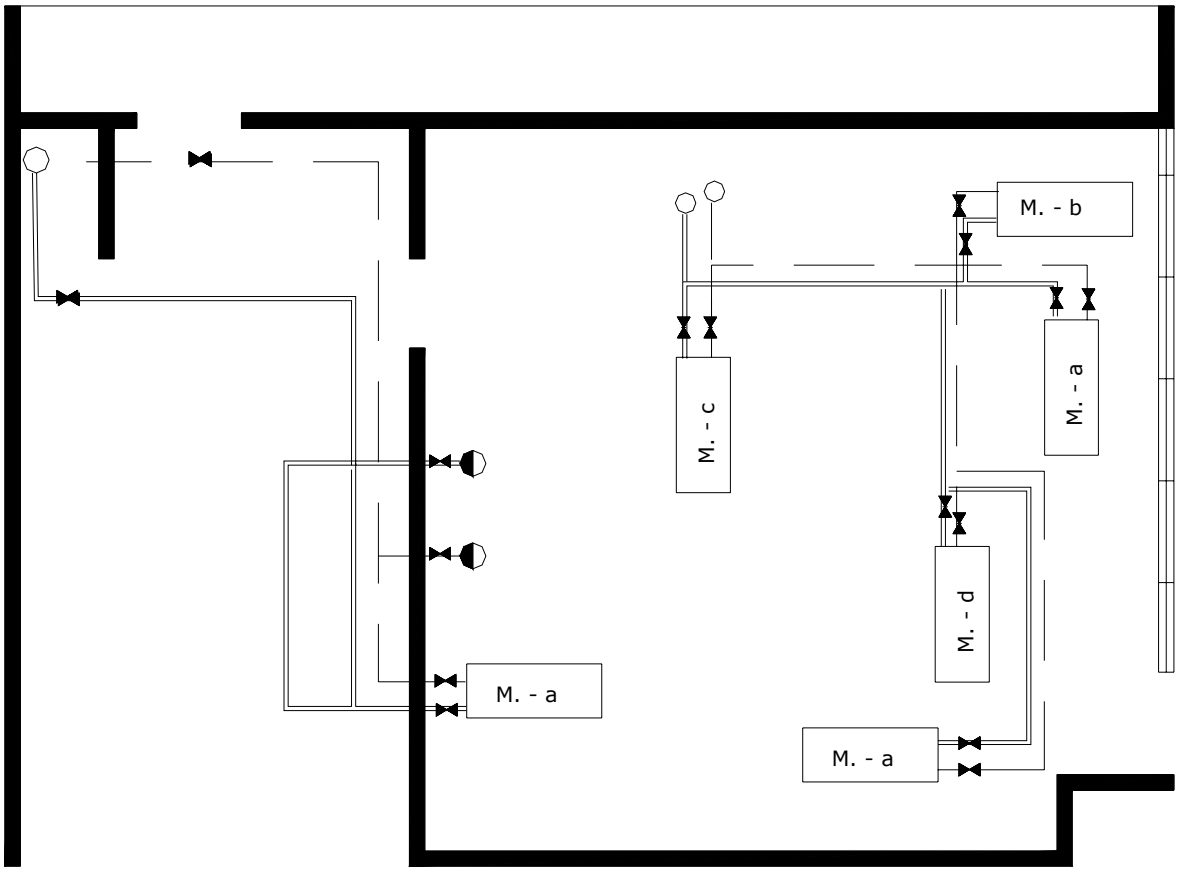


Figura Nº 1 – 26 (Plano de tubería de planta del piso Nº 1)

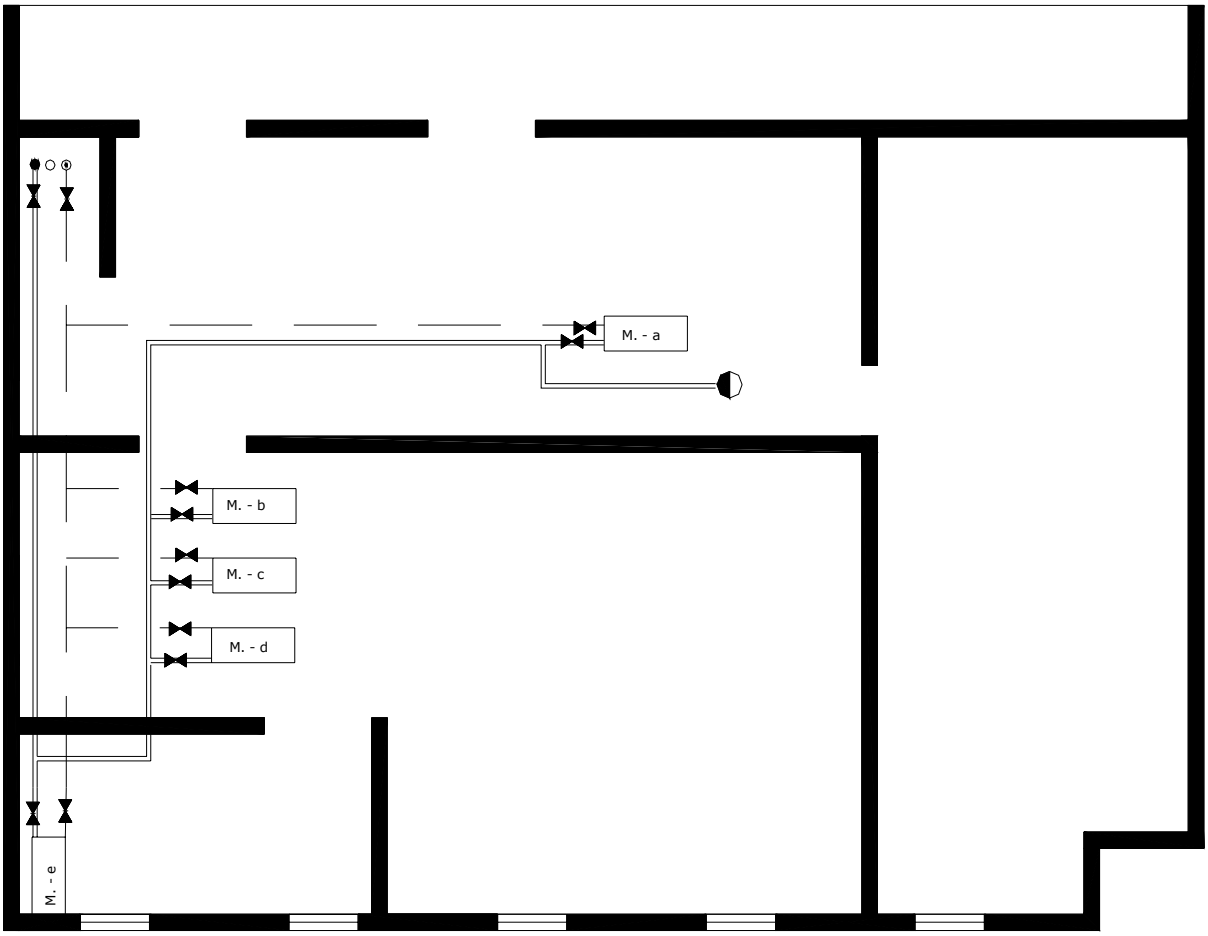


Figura Nº 1 – 27 (Plano de tubería de planta del piso Nº 2)

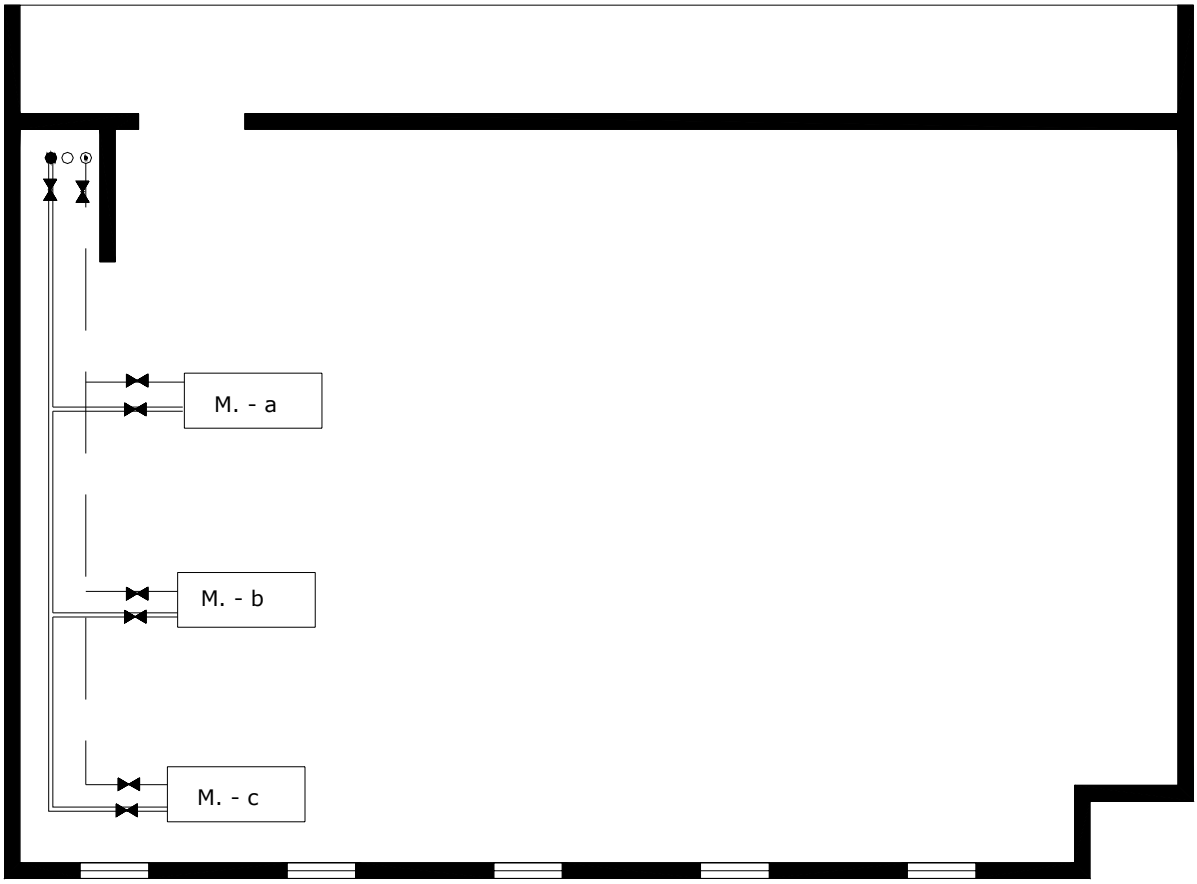


Figura Nº 1 – 28 (Plano de tubería de planta de los pisos Nº 3 al 6)

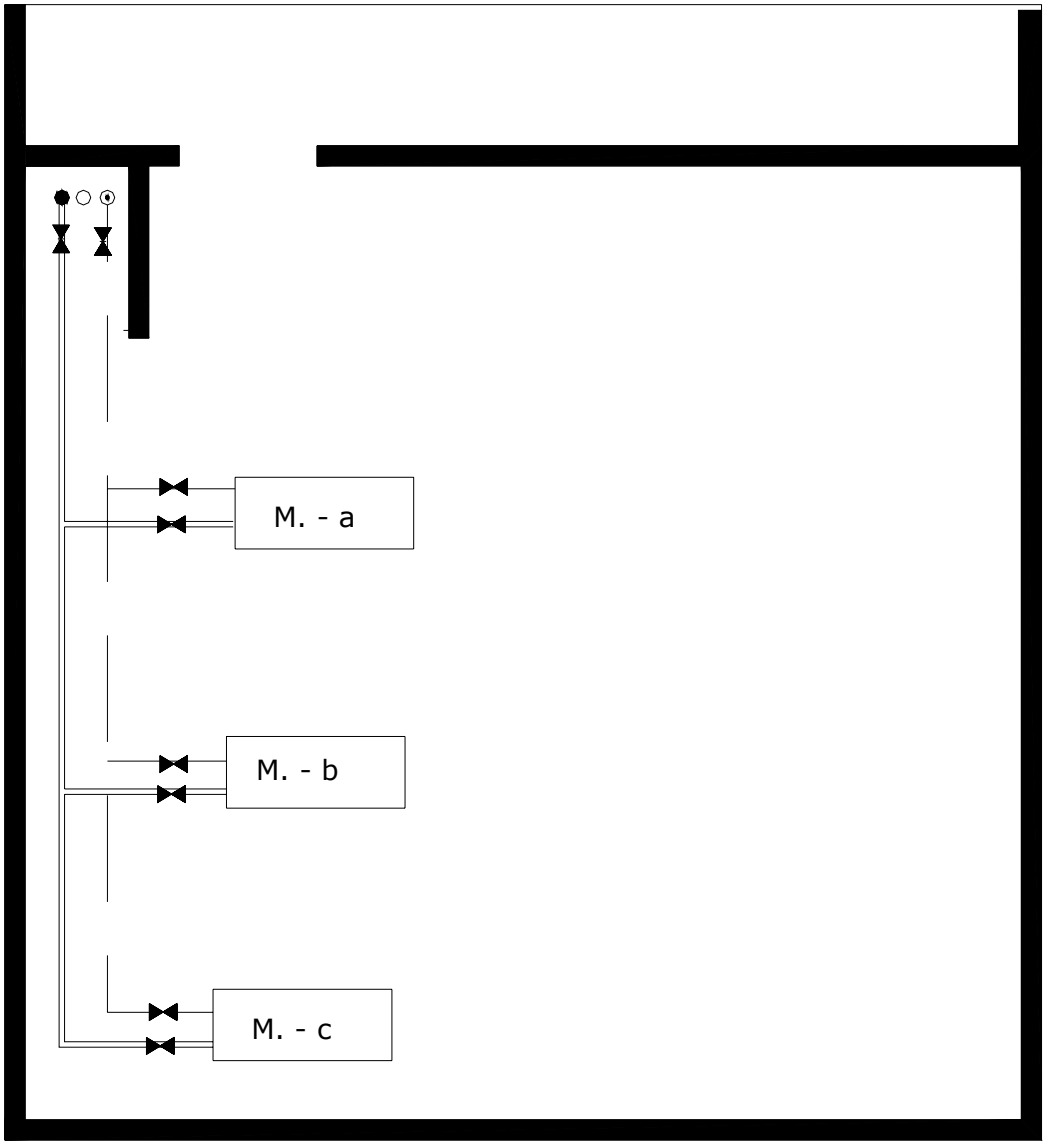


Figura Nº 1 – 29 (Plano de tubería de planta de los pisos Nº 7 al 9)

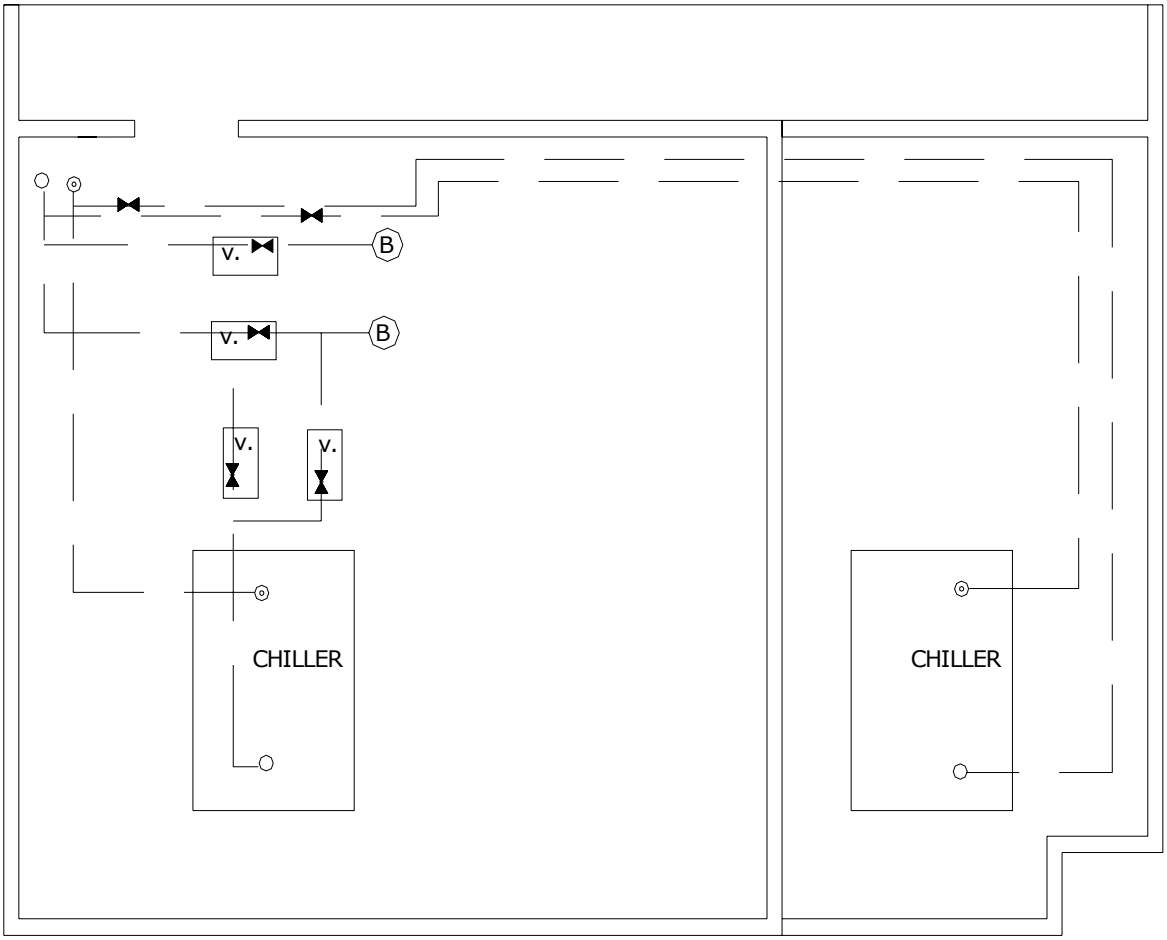


Figura Nº 1 – 30 (Azoteas)

Tabla Nº 1 – 25 (Tramos de la tubería de la red hidráulica)

Línea de enfriamiento:	Sección o recinto:	Línea de retorno:
Tramo **α - Ω**	Alimentación	Tramo **Ω - α**
Tramo A - B	Piso Nº 9	Tramo B - A
Tramo C - D	Piso Nº 8	Tramo D - C
Tramo E - F	Piso Nº 7	Tramo F - E
Tramo G - H	Piso Nº 6 - N	Tramo H - G
Tramo H - I	Piso Nº 6 - V	Tramo I - H
Tramo J - K	Piso Nº 5 - N	Tramo K - J
Tramo K - L	Piso Nº 5 - V	Tramo L - K
Tramo M - N	Piso Nº 4 - N	Tramo N - M
Tramo N - O	Piso Nº 4 - V	Tramo O - N
Tramo P - Q	Piso Nº 3 - N	Tramo Q - P
Tramo Q - R	Piso Nº 3 - V	Tramo R - Q
Tramo S - T	Piso Nº 2 - N	Tramo T - S
Tramo T - U	Piso Nº 2 - V	Tramo U - T
Tramo V - W	Piso Nº 1 - N	Tramo W - V
Tramo W - Y	Piso Nº 1 - V	Tramo Y - W
Tramo Z **- Ω**	Sótano N	Tramo **Ω –** Z
Tramo **Ω – β**	Sótano V	Tramo **Ω - β**

1.19 CÁLCULO Y DETERMINACIÓN DE LOS DIÁMETROS DE LA TUBERÍA, PÉRDIDAS Y ACCESORIOS

1.19.1. CÁLCULO DE DIÁMETROS POR TRAMO

Una vez que se sabe el caudal de agua requerida o de diseño, que va a consumir cada manejadora o sistema y se asume una velocidad para el fluido, se aplica la siguiente fórmula para obtener el diámetro de la tubería:

$$\mathbf{D} = \sqrt{\frac{Q_d}{V_R \times 0{,}785}}$$

;en que:

D = Diámetro de la tubería (mm)

$\mathbf{Q_d}$ = Caudal de diseño que pasa por la tubería (m^3 /s)

V_R = Velocidad del fluido requerida o recomendada (m / s)

Tabla Nº 1 – 26 (Caudal requerido por recinto)

Recinto:	Carga térmica: (Tons)	Caudal requerida: (m^3 / s)
Piso Nº 1 N:	40,59	0,006 4
Piso Nº 2 N:	40,59	0,006 4
Piso Nº 3 N:	40,59	0,006 4
Piso Nº 4 N:	40,59	0,006 4
Piso Nº 5 N:	40,59	0,006 4
Piso Nº 6 N:	40,59	0,006 4
Piso Nº 7 N:	40,59	0,006 4
Piso Nº 8 N:	40,59	0,006 4
Piso Nº 9 N:	40,59	0,006 4
Piso Nº 1 V:	40,59	0,006 4
Piso Nº 2 V:	40,59	0,006 4
Piso Nº 3 V:	40,59	0,006 4
Piso Nº 4 V:	40,59	0,006 4
Piso Nº 5 V:	40,59	0,006 4
Piso Nº 6 V:	40,59	0,006 4
Sótano N:	40,36	0,006 3
Sótano V:	40,36	0,006 3
Instalaciones:	705,1	0,136

En esta sección utilizando la fórmula anterior y los datos de caudal de diseño requerido, procedemos a calcular los diámetros teóricos que se requiere por tramo de tubería en los diferentes pisos de las instalaciones.

Tabla Nº 1 – 27 (Diámetros de la línea de enfriamiento)

Diámetros calculados por tramo			
Línea de enfriamiento:	**Velocidad: (m/s)**	**Q: (m3/s)**	**Ø calculado: (mm)**
Tramo **α - Ω**	5,00	0,136	186,14
Tramo A - B	4,00	0,0064	45,15
Tramo C - D	4,00	0,0064	45,15
Tramo E - F	4,00	0,0064	45,15
Tramo G - H	4,00	0,0064	45,15
Tramo H - I	4,00	0,0064	45,15
Tramo J - K	4,00	0,0064	45,15
Tramo K - L	4,00	0,0064	45,15
Tramo M - N	4,00	0,0064	45,15
Tramo N - O	4,00	0,0064	45,15
Tramo P - Q	4,00	0,0064	45,15
Tramo Q - R	4,00	0,0064	45,15
Tramo S - T	4,00	0,0064	45,15
Tramo T - U	4,00	0,0064	45,15
Tramo V - W	4,00	0,0064	45,15
Tramo W - Y	4,00	0,0063	44,79
Tramo Z **- Ω**	4,00	0,0063	44,79
Tramo **Ω – β**	4,00	0,0063	44,79

Tabla Nº 1 – 28 (Diámetros de la línea de retorno)

Diámetros calculados por tramo			
Línea de retorno:	**Velocidad:** **(m/s)**	**Q:** **(m3/s)**	Ø calculado: **(mm)**
Tramo **Ω - α**	5,00	0,136	186,14
Tramo B - A	4,00	0,0064	45,15
Tramo D - C	4,00	0,0064	45,15
Tramo F - E	4,00	0,0064	45,15
Tramo H - G	4,00	0,0064	45,15
Tramo I - H	4,00	0,0064	45,15
Tramo K - J	4,00	0,0064	45,15
Tramo L - K	4,00	0,0064	45,15
Tramo N - M	4,00	0,0064	45,15
Tramo O - N	4,00	0,0064	45,15
Tramo Q - P	4,00	0,0064	45,15
Tramo R - Q	4,00	0,0064	45,15
Tramo T - S	4,00	0,0064	45,15
Tramo U - T	4,00	0,0064	45,15
Tramo W - V	4,00	0,0064	45,15
Tramo Y - W	4,00	0,0063	44,79
Tramo **Ω** – Z	4,00	0,0063	44,79
Tramo **Ω - β**	4,00	0,0063	44,79

1.19.2. DETERMINACIÓN DE LOS DIÁMETROS REALES DEACUERDO DE LOS ESTÁNDARES DE LA TUBERÍA DE P.V.C.

Como determinamos mediante el cálculo en la sección anterior los diámetros que ahí se lograron, son teóricos y no de acuerdo a los diámetros nominales ni interiores de las tuberías en P.V.C. que deseamos utilizar en el sistema hidráulico.

Ahora ajustamos el valor de estos diámetros al valor más cercano del diámetro interno de la tubería estandarizada de P.V.C. mediante el uso de la tabla Nº A - 9 de los anexos. Una vez hecho esto, extraeremos de las mimas tablas otros datos tales como: diámetros nominales, diámetros internos y externos, presión de trabajo y de ruptura y el SDR (standar dimension ratio)

Tabla Nº 1 – 29 (Datos estándares de la tubería P.V.C. para los tramos de enfriamiento)

Línea de enfriamiento						
Tramo:	**Ø nominal: (mm)**	**Ø exterior: (mm)**	**Ø interior: (mm)**	**$P_{trabajo}$: (kPa)**	**$P_{ruptura}$: (kPa)**	**SDR:**
α – Ω	200,00	219,08	202,22	1120,00	3510,00	26
A - B	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
C - D	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
E - F	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
G - H	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
H - I	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
J - K	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
K - L	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
M - N	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
N - O	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
P - Q	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
Q - R	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
S - T	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
T - U	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
V - W	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
W - Y	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
Z - Ω	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
Ω – β	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17

Tabla Nº 1 – 30 (Datos estándares de la tubería P.V.C. para los tramos de retorno)

Línea de retorno						
Tramo	**Ø nominal: (mm)**	**Ø exterior: (mm)**	**Ø interior: (mm)**	**$P_{trabajo}$: (kPa)**	**$P_{ruptura}$: (kPa)**	**SDR:**
Ω – α	200,00	219,08	202,22	1120,00	3510,00	26
B - A	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
D - C	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
F - E	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
H - G	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
I - H	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
K - J	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
L - K	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
N - M	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
O - N	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
Q - P	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
R - Q	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
T - S	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
U - T	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
W - V	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
Y - W	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
Ω - Z	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17
Ω – β	50,00	60,33	53,21	1120,00	5620,00	17

1.19.3. PÉRDIDAS DE ENERGÍA DEBIDO A LA FRICCIÓN

Antes de desarrollar o demostrar en las secciones consecuentes los cálculos respectivos a los sistemas de tuberías, tenemos que entender como: **hf** es conocido como la energía perdida por el sistema.

Una parte de la pérdida de energía se debe a la fricción del fluido en movimiento. Cabe decir que la pérdida de energía es directamente proporcional a la cabeza de velocidad del flujo y al cociente de la longitud entre el diámetro de la corriente de flujo.

Y para fines de este proyecto, será calculada mediante la siguiente fórmula:

$$hf = 10{,}675 \cdot \frac{(Q / 150)^{1{,}85}}{D_{INT}^{4{,}87}} \cdot (L_T + L_{eq})$$

;en que:

hf = Pérdida de energía debida a la fricción, mH_20

Q = Caudal de agua, m^3 / s

L_T= Longitud de la tubería, m

L_{eq} = Longitud equivalente en forma lineal, de los diversos accesorios, m

D = Diámetro interior de la tubería, m

- ***Pérdidas de Fricción en el Flujo Laminar:***

Cuando se tiene un flujo laminar (recordemos que flujo laminar es aquel en el que (NR < 2000) el fluido parece desplazarse en capas una sobre la otra. Por la viscosidad del fluido se crea una tensión de corte entre las capas del fluido.

La energía que pierde el fluido, es producto la acción del fluido como producto de vencer la tensión de corte. El cálculo del factor de fricción para flujos turbulentos (NR>4000), no se puede hacer mediante un simple cálculo, esto debido a que los movimientos del fluido no son predecibles ni regulares, además está cambiando constantemente y es sumamente caótico.

Las pruebas han demostrado que el factor de fricción depende a su vez de dos números adimensionales que son el número de Reynolds (NR) y la rugosidad relativa del conducto **(D/ε)**. La rugosidad relativa es el cociente entre el diámetro hidráulico y la rugosidad promedio del material, en este caso PVC.

- ***Pérdidas por Accesorios:***

Las pérdidas de este tipo, si bien por lo general no representan más del 10% del total de las pérdidas, se deben tomar en cuenta a la hora de hacer un cálculo más aproximado de la pérdida total de presión. Por esta razón, este tipo de pérdidas son conocidas como pérdidas menores.

Las pérdidas menores ocurren cuando hay un cambio en la sección cruzada de la trayectoria de flujo o en la dirección del flujo, y cuando el flujo se ve obstruido o regulado, como se da en el caso de una válvula. En este punto, la energía se pierde debido a fenómenos físicos bastante complejos, por lo que es recomendable usar datos experimentales.

De ahí es donde se extrae los valores de longitud equivalente por accesorios, que mencionamos anteriormente, para el calculo de perdidas, de acuerdo a cada tipo de accesorio o válvula. Estos datos se verán en detalle en las diferentes tablas respectivas en los anexos de este proyecto.

- ***Coeficiente de Resistencia:***

Para el cálculo de la pérdida de presión debido a los accesorios, además de conocer el Coeficiente de Resistencia “K” es necesario conocer la velocidad por la cual el fluido pasa por el accesorio. El Coeficiente de Resistencia independiente del diámetro, sino que es propio de la forma y geometría del accesorio y representa una constante de proporcionalidad entre la cabeza de velocidad y la pérdida de energía.

Una vez entendido como se origina las perdidas por fricción en las tuberías, mediante el uso de la fórmula anterior y los datos de caudal de diseño requerido, el diámetro interior de las tuberías a usar y los datos de la tabla Nº A – 10 de los anexos; procedemos a calcular las pérdidas teóricas que se darán por tramo de tubería en los diferentes pisos de las instalaciones.

Tabla Nº 1 – 31 (Perdidas por fricción en la tubería de enfriamiento y accesorios)

Perdidas por tramo de tubería de enfriamiento							
	Ø nominal:	**Longitud:**	**Codos de 90º :**	Tes:	**Uniones:**	**Válvulas:**	**hf:**
Tramo:	**(mm)**	**(m)**	**(m)**	**(m)**	**(m)**	**(m)**	**(mH_2O)**
α – Ω	200,00	59,5	26	100	0	258,8	26,79
A - B	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
C - D	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
E - F	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
G - H	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
H - I	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
J - K	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
K - L	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
M - N	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
N - O	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
P - Q	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
Q - R	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
S - T	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
T - U	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
V - W	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
W - Y	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
Z – Ω	50,00	33	30,6	20,7	0	21,6	14,91
Ω – β	50,00	33	30,6	20,7	0	21,6	14,91

Tabla Nº 1 – 32 (Perdidas por fricción en la tubería de retorno y accesorios)

Perdidas por tramo de tubería de retorno							
Tramo:	Ø nominal: (mm)	Longitud: (m)	Codos de 90º : (m)	Tes: (m)	Uniones: (m)	Válvulas: (m)	hf: (mH_2O)
Ω - α	200,00	59,5	26	100	0	258,8	26,79
B - A	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
D - C	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
F - E	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
H - G	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
I - H	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
K - J	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
L - K	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
N - M	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
O - N	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
Q - P	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
R - Q	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
T - S	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
U - T	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
W - V	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
Y - W	50,00	26	20,4	13,8	0	16,4	10,78
Ω – Z	50,00	33	30,6	20,7	0	21,6	14,91
Ω - β	50,00	33	30,6	20,7	0	21,6	14,91

Como accesorios, estoy contando con seis tes, seis codos de 90º, seis válvulas de compuerta y una válvula antiretorno tipo pesado, de 2 pulgadas de diámetro nominal, para los tramos A-B a W-Y y sus contrarios en retorno. Respecto a los restantes tramos sin incluir el de alimentación, es en forma análoga, pero con nueve unidades por tramo y una sola válvula antiretorno.

Referente al tramo correspondiente a la alimentación y su respectivo retorno, es decir, el tramo **α - Ω** y **Ω - α**, respectivamente. Tienen veinte tes, cuatro codos de 90º, diez válvulas de compuerta y diez válvulas antiretorno tipo pesado, de 8 pulgadas de diámetro nominal.

1.19.4. PÉRDIDAS EN LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR

Como bien es sabido, a la hora en que pasa el agua a través del intercambiador de calor, el fluido pierde una cantidad considerable de presión, por lo que es necesario conocerla.

En nuestro caso este intercambiador de calor será las distintas manejadoras en los recintos de ambos edificios de las instalaciones donde desarrollo en proyecto.

Para obtener este dato se pueden hacer dos cosas que son:

1. Colocar un manómetro diferencial en los extremos del intercambiador para así determinar la caída de presión dentro del mismo. Para llevar a cabo esto, se debe tomar en cuenta la posición del intercambiador dentro del sistema, por lo que si es muy difícil llevar a cabo este procedimiento se usaría el paso 2.
2. Realizar a cabo un cálculo teórico sobre la pérdida de presión dentro de los tubos por donde pasa el agua. Para llevar a cabo este procedimiento, se debe conocer el flujo de agua que pasa a través del intercambiador, además de conocer la estructura interna del intercambiador, esto con el fin de definir la cantidad de tubos que posee el mismo, así como el diámetro de los tubos.

Para nuestro caso, utilizamos la segunda opción, esto debido a que las posibilidades de colocar un manómetro diferencial entre ambos puntos eran casi imposibles debido a que el espacio donde viene colocado el intercambiador o manejadora es demasiado reducido y por lo tanto, es muy difícil trabajar ahí.

Por lo tanto, conociendo el tipo de intercambiador involucrado, es decir, los serpentines de las manejadoras, este calculo sería factible.

Sin embargo como el número y la amplia variedad de las manejadoras ya instaladas, así como por las que se piensan instalar, no permite conocer a cabalidad los datos estructurales de los serpentines de las manejadoras, y por ende efectuar los cálculos.

Así que supondremos para fines, de escogencia de la bomba el aumento un 10 % del total de caída de presión por tramo.

La pérdida total de presión en el sistema se calcula sumando todas y cada una de las pérdidas tanto en el lado de la tubería de enfriamiento así como en la tubería de retorno.

Asimismo, se le debe sumar la altura geométrica en m.c.a que comprende la distancia entre la boca de descarga de la bomba y la parte más elevada del sistema.

1.20 CÁLCULO DE LA PRESIÓN DE SUCCIÓN DISPONIBLE N.P.S.H. DISPONIBLE

Para la selección adecuada de una bomba para un fin específico, es necesario establecer ciertos conceptos, que son imprescindibles en el cálculo, diseño y selección de una bomba.

- ***Presión de Succión Requerida ($NPSH_R$)***

Se conoce como Presión de Succión Requerida a la presión mínima que debe poseer el líquido en la boca de la admisión de la bomba para que esta funcione adecuadamente. La $NPSH_R$ es variable según el diseño y el tamaño de la bomba y actúa principalmente para:

1. Vencer las pérdidas de carga desde la abertura de la admisión de la bomba hacia los alabes del impulsor.
2. Crear una velocidad que sea suficiente para que el fluido pase a través de los alabes.

- ***NPSH vrs. Capacidad:***

Debido a la importancia que tiene el NPSH en la selección de una bomba, se facilita en las curvas de funcionamiento de una bomba la relación entre la capacidad y el NPSH requerido para un funcionamiento correcto de la bomba a una capacidad dada.

Estos datos son obtenidos de pruebas reales y sirven para asegurar que la operación de la bomba se dé en forma correcta y evitar de esta forma la cavitación y los problemas asociados con ella.

- ***Altura estática:***

La altura geométrica de elevación se da cuando ocupamos trasegar un líquido de un punto **α** hacia otro más alto **Ω**, siempre y cuando el líquido trasegado no llegue al mismo punto en una tubería cerrada.

Es por esto que a las pérdidas en las tuberías y accesorios hay que sumarle la altura que expresada en metros de presión significa la presión que debe succionar la bomba el líquido.

El $NPSH_D$ debe ser siempre mayor al $NPSH_R$ para que la bomba succione y suministre la cantidad de líquido precisado.

- ***Presión de Succión Disponible ($NPSH_D$)***

Es una característica propia del sistema y es definida como la presión que tiene un líquido en la toma de aspiración de la bomba por encima de su presión de vapor.

Esta se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$NPSH_D = Po - Pv - hg - hf$$

;donde:

$NPSH_D$: Presión de Succión Disponible

Po: Presión atmosférica.

Pv: Presión de vaporización a esa altura.

h: Altura geométrica desde la boca de la succión de la bomba hasta el nivel de líquido.

hf: Pérdida de la presión en los tramos de tubería.

Los datos correspondientes a la presión atmosférica son extraídos de los informes del Instituto Metereológico de Costa Rica y corroborada en la tabla A-6, los respectivos a la presión de vapor de la tabla A-8, la altura geométrica se extrae de los planos de los edificios y las perdidas por tramos fueron calculadas en la sección anterior de este trabajo.

Por lo tanto usando la fórmula anterior llegamos a los siguientes datos:

Tabla Nº 1 – 33 (Presión de succión disponible por tramo)

Presión de succión disponible					
Tramo:	Po; (mH_2O)	Pv: (mH_2O)	hg: (mH_2O)	hf: (mH_2O)	$NPSH_D$: (mH_2O)
B - A	9,02	0,027	4,50	10,781	-6.29
D - C	9,02	0,027	9,00	10,781	**-10,79**
F - E	9,02	0,027	13,50	10,781	**-15,29**
H - G	9,02	0,027	18,00	10,781	**-19,79**
I - H	9,02	0,027	18,00	10,781	**-19,79**
K - J	9,02	0,027	22,50	10,781	**-24,29**
L - K	9,02	0,027	22,50	10,781	**-24,29**
N - M	9,02	0,027	27,00	10,781	**-28,79**
O - N	9,02	0,027	27,00	10,781	**-28,79**
Q - P	9,02	0,027	31,50	10,781	**-33,29**
R - Q	9,02	0,027	31,50	10,781	**-33,29**
T - S	9,02	0,027	36,00	10,781	**-37,79**
U - T	9,02	0,027	36,00	10,781	**-37,79**
W - V	9,02	0,027	40,50	10,781	**-42,29**
Y - W	9,02	0,027	40,50	10,781	**-42,29**
Ω – Z	9,02	0,027	45,00	10,781	**-46,79**
Ω - β	9,02	0,027	45,00	14,905	**-50,91**
Ω - α	9,02	0,027	49,50	26,789	**-60,30**

1.21 DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES NECESARIAS PARA LA SELECCIÓN DE LA BOMBA O BOMBAS NECESARIAS

En esta sección de mi proyecto de práctica, la tarea lógica consistiría en escoger o seleccionar una bomba de la capacidad requerida en este sistema hidráulico, necesario para la operación del sistema Chiller de los dos edificios de la Central de San José.

Según las curvas de las bombas que se deseen instalar y que se ajusten con mayor eficiencia a los intereses de la institución. Ajustándonos a cumplir con los factores técnicos tales como: que las perdidas sean permisibles, las presiones y velocidades del agua de las tuberías sean las correctas, el costo del proyecto, la capacidad de las bombas disponibles, el $NPSH_D - NPSH_R > 35$ %, entre otros.

Sin embargo, de acuerdo a los datos obtenidos en las secciones anteriores de este documento, se comprueba la necesidad de un bombeo por etapas, es decir, la utilización de varios sub circuitos, interconectados al principal del sistema Chiller.

Para con ello lograr la distribución eficiente de agua fría todas las manejadoras de los diferentes recintos a acondicionar.

Pero como en la actualidad se desconoce los intereses y requerimientos de las jefaturas encargadas y de los edificios en si. Asimismo de la cantidad o tipo de equipos a instalar.

Sería precipitarse la escogencia de las bombas necesarias, de ajustar los diámetros y distribución de las tuberías y del diseño de los sub circuitos necesarios.

Por ende dejo indicado los diámetros mínimos por tramo y a su vez por piso; así como de los caudales necesarios. Para que en un futuro el encargado de implementar el sistema y la instalación del o de los Chiller necesarios para cubrir la carga térmica, se encargue de los respectivos ajustes.

Cubriendo así los requerimientos mínimos de mi proyecto técnico.

CAPÍTULO II

2. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (P.M.P.)

El mantenimiento preventivo se basa en realizar periódicamente inspecciones en equipos, en forma planificada, programada y controlada, con el objetivo de detectar anomalías y corregirlas.

Las inspecciones son las tareas que se programan en el manual de mantenimiento y pueden ser con la máquina en marcha o detenida. Una inspección tiene un objetivo, una orientación y una frecuencia.

El objetivo de una inspección abarca el componente por revisar y el tipo de revisión, que podría ser por ejemplo: verificar la sujeción de las aspas del motor.

La orientación indica las medidas que debe tomar el operario. Se utilizan tres tipos básicos de orientación en mantenimiento, que son: reportar, corregir si es necesario y cambiar.

Con reportar se pretende controlar el desgaste de las piezas. Si se detecta un problema se llena una orden de trabajo para realizar las tareas correctivas en tiempos fuera de la inspección. Corregir de ser necesario, se refiere a realizar las inspecciones a conciencia utilizando la mentalidad preventiva. Si el equipo presenta algún indicio de que algo está mal, se debe realizar el cambio de la pieza.

En la orientación cambiar el técnico, se limita a realizar la labor sin mayor análisis. La frecuencia de una inspección se refiere a la periodicidad con que la labor se realizará.

2.1. OBJETIVOS

2.1.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar las bases necesarias y preparar la documentación necesaria para implantar de un sistema de mantenimiento preventivo, para la gestión de mantenimiento, del departamento de electromecánica de las instalaciones de la agencia central del I.C.E. Telecomunicaciones ubicada en la avenida segunda de San José.

2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a. Crear una base de datos que permita cuantificar el estado de las máquinas y controlarlo, con eficacia, y que permita mantener los equipos en perfectas condiciones y disponibilidad, para procurar que los equipos de telecomunicaciones operen a su capacidad máxima.

b. Formar un banco de información mediante el diseño de documentación que permita en el futuro desarrollar una base de datos para la gestión del mantenimiento.

c. Obtener los manuales explicativos de como efectuar el mantenimiento adecuado y proactivo de los equipos de las instalaciones de la agencia.

2.1.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO (M.P.)

En la actualidad muchas industrias están utilizando Programas de Mantenimiento Preventivo como herramienta para mejorar su productividad. Esta realidad pone de manifiesto la vigencia que tiene el mantenimiento preventivo aún a inicios del año 2000 .

Esta vigencia también la encontramos en lo que podríamos llamar sistemas modernos de administración de mantenimiento, como son el mantenimiento productivo total (T.P.M.) y el mantenimiento centrado en la confiabilidad (R.C.M.), los que consideran al mantenimiento preventivo como parte fundamental de su estrategia.

Definitivamente, se sigue utilizando el mantenimiento preventivo, porque precisamente su impacto en el aumento en la productividad de las industrias está comprobado.

- **CONCEPTO:**

Es un tipo de mantenimiento basado en la ejecución de inspecciones periódicas, a las máquinas e instalaciones en forma planificada, programada y controlada. Con el objetivo de detectar desgastes conducentes a falla y corregirlos.

- **INSPECCIÓN:**

La inspección debe ser vista como un trabajo de Mantenimiento Preventivo, que puede consistir de trabajos menores como por ejemplo mediciones de presión y temperatura pero también de trabajos mayores como desarmes de máquina para revisar partes internas.

Se debe tener presente, que al hablar de trabajos o inspecciones menores o mayores no se está calificando su importancia dentro del mantenimiento preventivo, sino que se refiere a la duración del trabajo. Par lo tanto, es perfectamente factible encontrar en los programas de mantenimiento preventivo inspecciones con duraciones del orden de las ocho horas.

TIPOS DE INSPECCIÓN:

a. Con Máquina Parada:

Son aquellas inspecciones que tienen que ver con el desarme del componente a revisar.

b. Con Máquina en Marcha:

Son aquellas inspecciones que tienen que ver con la medición de los parámetros funcionamiento.

DESCRIPCIÓN DE LA INSPECCIÓN:

Con la descripción de la inspección, el diseñador del P.M.P. esta definiendo el trabajo de mantenimiento preventivo, que permitirá detectar un desgaste conducente a falla.

En otras palabras, la descripción de la inspección trata todo lo relacionado con la redacción de los trabajos de mantenimiento preventivo, que en su conjunto permitirán tener el desgaste de la máquina bajo control.

- ***Objetivo:*** Definir el componente a revisar y determinar el tipo de revisión.
- ***Orientación:*** Se refiere a la acción que debe realizar el operario luego de la revisión

TIPOS DE ORIENTACIÓN:

1. Reportar:

- Se utilizará cuando la corrección del desgaste implique un trabajo mayor.
- Bajo este tipo de orientación el operario no realiza ninguna corrección. Verifica el desgaste o desajuste y lo reporta. Con el reporte, se pretende controlar el incremento del desgaste.
- El reporte se analiza y se determina si requiere corrección.
- Si requiere corrección, esta se efectuará posteriormente, fuera del tiempo de inspección. La corrección se realizará por medio de la Orden de Trabajo.

2. Corregir si es necesario:

- Este tipo de orientación se basa en el concepto de: "Criterio Preventivo"
- Se verifica el desgaste o desajuste y se corrige o no, según el "Criterio Preventivo".
- Si se requiere corrección, esta se realiza inmediatamente, dentro del tiempo de inspección.

3. Cambiar:

- Bajo este tipo de orientación, el operario cambia el componente, sin mayor análisis.

2.1.4 LOS CINCO ELEMENTOS CLAVES PARA EL ÉXITO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1. ACCIONES ANTES - DESPUÉS

Este tipo de mantenimiento es implantado por medio de un Programa de Mantenimiento Preventivo(P.M.P). Como lo establece claramente la definición, el M.P. es un tipo de mantenimiento que necesita para su funcionamiento de una adecuada organizaci6n, ya que se involucran acciones Antes y Después de efectuar una inspección.

- ***Acciones Antes:***

1. Programar las inspecciones
2. Coordinación con producción y con el propio personal de mantenimiento
3. Coordinación con bodega de materiales y con cualquier otro departamento vinculado con las inspecciones.

- ***Acciones Después***:

1. Anotar en el historial de las máquinas los resultados de la inspección.
2. Análisis de la información contenida en el historial de reparaciones para ajustar frecuencias y mejorar el programa.
3. Programar las reparaciones generadas par las inspecciones orientadas a reportar.
4. Reprogramar las inspecciones que no se realizaron.

2. CONCEPTO DE FLEXIBILIDAD

La implantación del M.P. varía de acuerdo al tipo de empresa, especialmente los aspectos referidos a la disponibilidad (D.M.P.) que pueda tener mantenimiento para realizar las inspecciones con máquina parada y a las posibilidades económicas de la institución.

Estos dos aspectos hacen que existan Programas de Mantenimiento Preventivo más especializados que otros.

Par lo tanto, se debe tener presente que al hablar de M.P., a pesar de existir un procedimiento para su implantación y objetivos generales, el M.P. no debe entenderse como una estructura rígida. Más bien, debe verse como un programa flexible, que pueda desarrollarse satisfactoriamente aún con recursos disponibles limitados.

Al hablar de recursos disponibles limitados, se debe entender que mantenimiento dispone recursos, tales como materiales, repuestos, posibilidad de contratar personal, no en la cantidad ideal pero si la necesaria para trabajar en condiciones normales.

Concretamente, el concepto de flexibilidad está asociado a los objetivos específicos, definidos para un P.M.P. de la institución.

2.1.5 CRITERIO PREVENTIVO

El concepto de "criterio preventivo" es especialmente útil cuando un PMP está iniciando, implica un análisis técnico del componente que se está inspeccionando, para tomar la decisión de cambiarlo o dejarlo funcionando.

Bajo el concepto de "criterio preventivo" tanto los ingenieros como los técnicos de mantenimiento se van a preocupar par sustituir sólo las piezas que realmente presenten desgastes peligrosos.

En este sentido la inspección se orientará hacia la revisión, especificando cambio o reparación, según el estado encontrado.

2.1.6 MENTALIDAD PREVENTIVA

El concepto de "mentalidad preventiva" enfatiza en la necesidad de que las inspecciones se realicen a conciencia, en forma cuidadosa, siguiendo estrictamente lo que indica el manual de mantenimiento preventivo, cumpliendo rigurosamente con todos los aspectos técnicos especificados, de modo que realmente se pueda detectar un desgaste conducente a falla.

2.1.7 SEGUIMIENTO DEL P.M.P.

Se debe tener presente que un P.M.P. no es estático, mas bien debe verse como un proceso dinámico que requiere de ajustes y mejoras constantes. EI seguimiento detallado del P.M.P. permitirá identificar los aspectos que requieren mejoramiento.

Por ejemplo, el encargado del P.M.P debe verificar que la realización de las inspecciones se esta efectuando según lo planeado. Esta relación directa con la realidad del programa, le permitirá al encargado del P.M.P. compenetrarse con el mismo y realizar los ajustes que sean necesarios.

Dicho seguimiento "paso a paso" hará efectivo un mejoramiento del P.M.P. paralelo al avance del mismo. EI seguimiento permite desarrollar en los operarios el concepto de "mentalidad preventiva"

También permite instruir a los operarios que ejecutan las inspecciones en cuanto a la forma en que deben suministrar la retroalimentación técnica sobre las inspecciones realizadas.

2.1.8 OBJETIVOS DEL MANTENIMINETO INDUSTRIAL

Cuando un empresario se pregunta el ¿por qué? realizar funciones de mantenimiento, debe pensar inmediatamente en las razones de la instalación y existencia de su planta.

Con ese planteamiento se quiere destacar que los objetivos del mantenimiento, al igual que los de las otras gestiones industriales, están en función directa de los objetivos totales de la empresa. La obtención de beneficios económicos es el objetivo primario de toda empresa industrial, en consecuencia la finalidad fundamental del mantenimiento consiste en coadyuvar junto con las otras funciones industriales, al logro y a la superación de las ganancias de la empresa.

En fin los objetivos fundamentales del mantenimiento son :

- Reducir los Costos de Producción.
- Garantizar la Seguridad Industrial.
- Minimizar los paros por fallas de los equipos durante la producción.
- Lograr que los activos (máquinas, equipos y planta física) no sufran deterioro excesivo o prematuro.
- Aumentar la vida útil de las máquinas.
- Lograr que las máquinas funcionen eficientemente garantizado condiciones seguras de operación.
- Servir como un medio para optimizar los costos de mantenimiento.

2.1.9 REDUCCIÓN DE COSTOS

Mediante el cumplimiento de objetivos específicos la función de mantenimiento permite reducir las fallas y los tiempos de paro, prolongar la vida útil de los equipos.

Así al optimizar la disponibilidad de equipos para las actividades de las instalaciones surge una respuesta inmediata al porqué prestar mantenimiento a los equipos industriales.

Idealmente los equipos deberían estar en todo momento disponibles para la función de producción, sin embargo ello es prácticamente imposible y en todo caso de llegar a lograrse sería a un costo demasiado elevado. Por esta razón se habla de optimizar y no de maximizar la disponibilidad de equipos e instalaciones para producir.

Así pues, el objetivo señalado persigue reducir los costos de las paradas de producción, originadas por deficiencia en el mantenimiento de los equipos industriales, mediante la aplicación de una adecuada cantidad de mantenimiento en los momentos más apropiados.

Esto significa que, planificando, programando, controlando y analizando los trabajos de mantenimiento, se tomen las decisiones correspondientes para mantener los equipos industriales a un nivel tal que por una parte no permita paralizaciones frecuentes del proceso de producción y que por otra parte tampoco origine gastos de mantenimiento demasiado elevados.

Al incrementar la vida útil de los equipos uno de los objetivos más evidentes de la función de mantenimiento, es el de procurar la utilización eficiente de los equipos durante todo el período de su vida útil. La reducción de los factores de desgaste, deterioros y roturas, además de garantizar el funcionamiento eficiente de la central, nos garantiza que se puede incrementar la vida útil de los equipos.

Para determinar cómo incrementar la vida útil de las facilidades de la central es conveniente, entonces, revisar y analizar las causas de desgastes, deterioros y roturas.

En principio se puede generalizar que: mantener limpios los equipos e instalaciones demuestra ser, a menudo, la actividad más sencilla y eficaz para reducir desgastes, deterioros y roturas.

Por otro lado la lubricación deficiente de las partes móviles de las máquinas es otra de las causas de desgastes, deterioros y roturas que reducen su vida útil. La correcta selección de

aceites, grasas y lubricantes en general y su aplicación en las cantidades necesarias, suficientes y a las frecuencias adecuadas, no sólo incrementan la vida útil de los equipos, sino que también minimizan los gastos de lubricación, tanto en los lubricantes mismos como en cuanto a su aplicación.

Por estas razones se dice que las actividades planificadas y programadas adecuadamente, constituye, en muchos sentidos, la actividad de mantenimiento más simple y al mismo tiempo la que proporciona mayores recompensas y beneficios.

Además la realización de inspecciones y/o revisiones, también incrementan la vida útil de los equipos, pues ellas impiden el acontecimiento de desgastes excesivos, deterioros prematuros y roturas imprevistas y costosas.

Al maximizar el aprovechamiento de los recursos disponibles para la función de mantenimiento, al igual que las otras organizaciones de la institución, con respecto a sus recursos, el mantenimiento tiene como objetivo permanente el máximo aprovechamiento de la fuerza de trabajo y de los recursos materiales con que cuenta, para cumplir sus funciones.

Obviamente el éxito en el cumplimiento de las metas trazadas en ese sentido contribuye en la reducción de los costos.

Uno de los aspectos más importantes del aprovechamiento de los recursos de mantenimiento lo constituye la toma de decisiones en relación a la cuestión de reparar o sustituir los equipos y las instalaciones. Dicho de otra manera, hasta cuándo y hasta cuánto es económicamente conveniente conservar y reparar los medios de producción existentes, antes de reemplazarlos.

La toma de decisión más provechosa depende de la solución de un problema de cálculo de una inversión y su rentabilidad, comparando los costos que significarían continuar utilizando, por un tiempo determinado, un cierto medio de producción industrial, con los que resultarían de la compra de uno nuevo para sustituirlo.

De esta manera se podrá evitar tanto un cambio antes de tiempo como un cambio demasiado tardío.

El cambio antes de haber concluido la vida útil de un equipo o una instalación significa que la inversión hecha no fue aprovechada totalmente y por el contrario si el equipo o instalación es renovado demasiado tarde lo más probable es que se haya incurrido en gastos superiores a los que se hubieran hecho si la sustitución hubiera sido realizada en el momento oportuno.

Asimismo al reducir los costos de operación y reparación de los equipos, la planificación del mantenimiento reduce los costos de operación y reparación de los mismos.

Por otra parte, la correcta planificación de revisiones y ajustes de los equipos contribuye considerablemente a disminuir los costos de las reparaciones. A través de esas revisiones se detectan desperfectos y fallas que de no arreglarse a tiempo, no sólo aumentan la magnitud de las reparaciones, sino que generalmente desencadenan roturas muchas veces más costosas que las originales.

Por las razones expuestas y por la creciente demanda de mayor productividad y alta calidad de la producción, la rentabilidad de las empresas industriales está, cada vez más, influenciada por las normas de mantenimiento.

2.1.10 GARANTIZAR LA SEGURIDAD INDUSTRIAL

Desde el punto de vista humano, el objetivo más importante del mantenimiento es lograr la seguridad de operación de los equipos con los que cuenta la Central de San José.

Igualmente este objetivo debe ser complemento indispensable de los otros. Existen múltiples y variadas maneras de producirse accidentes ocasionados por la falta o deficiencia del mantenimiento de los equipos.

El mantenimiento y la seguridad industrial están íntimamente relacionados desde dos puntos de vista diferentes.

En primer lugar, la seguridad industrial depende en gran medida de la aplicación de normas satisfactorias de mantenimiento en las máquinas, los edificios, los equipos de transporte, las redes de energía eléctrica, de vapor, de gases, de aire comprimido, etc.

En segundo término, de todo el personal de las instalaciones, el personal de mantenimiento se encuentra más a menudo en situaciones peligrosas en razón de sus funciones y tareas y por ello, existe una clara necesidad de someterlo a un cuidadoso y planificado entrenamiento sobre normas y prácticas de seguridad industrial.

Las estadísticas demuestran que los índices de accidentes con lesiones, ocurridos al personal de mantenimiento son elevados. Existe la tendencia a no preparar con cuidado las labores; muchas de estas lesiones son causadas por descuidos de los trabajadores en situaciones peligrosas; a menudo corren riesgos innecesarios revisando y ajustando máquinas en movimiento, presumiendo que de esa manera están ahorrando tiempo y aunque ello puede ser necesario en ciertas ocasiones, los riesgos deben ser reconocidos.

A menudo los accidentes con lesiones más graves sufridos por el personal de mantenimiento, son causados por falta de normas de seguridad en el trabajo.

Por ejemplo son frecuentes los accidentes por poner una máquina en movimiento con un trabajador de mantenimiento en su interior, por otros trabajadores de mantenimiento o por un operador, al no estar avisados de la presencia del primer hombre.

Resumiendo los dos objetivos fundamentales del Mantenimiento Industrial se tiene que éste debe mantener los equipos e instalaciones de una planta en buenas condiciones, de manera tal que pueden funcionar con seguridad y economía y a niveles apropiados de rendimiento, durante el período que se requieran para el uso productivo.

2.1.11 FUNCIONES DEL MANTENIENTO INDUSTRIAL

El cumplimiento de los objetivos del mantenimiento industrial se logra a través de la realización de un conjunto de funciones específicas. El éxito de la realización de estas funciones depende fundamentalmente de dos acciones previas. En primer lugar es necesario establecer clara y detalladamente, indicando las responsabilidades inferidas para cada uno de los trabajadores de mantenimiento.

En segundo lugar se deben dar a conocer, extensiva e intensivamente, a todo el personal afectado, de forma tal que cada uno conozca específicamente sus tareas y responsabilidades.

De una manera ilustrativa se presentan a continuación varias de las funciones fundamentales que se deben realizar para lograr con éxito los objetivos del mantenimiento industrial. Administrar el personal de mantenimiento. Seleccionar y adiestrar el personal para asumir las responsabilidades y tareas de mantenimiento de la central y para suplir las renovaciones, los ascensos, los despidos y las faltas temporales del mismo. Dirigir y evaluar al personal.

Establecer y desarrollar, de acuerdo a las necesidades de la central, la planificación y programación de los trabajos de mantenimiento. Reubicar, instalar y desmontar equipos e instalaciones de acuerdo a las necesidades y requisitos de la producción.

Desarrollar nuevos y mejores procedimientos y normas de mantenimiento. A este fin recopilar y mantener al día, información sobre nuevas herramientas, máquinas, materiales, piezas de repuesto y procedimientos de mantenimiento para satisfacer los requisitos de la planta en este sentido.

Verificar y controlar la existencia de herramientas, máquinas y equipos para realizar las operaciones de mantenimiento. Mantener la cantidad y la calidad de los mismos de acuerdo a las necesidades de las instalaciones de la Central.

Preparar y revisar las listas de piezas de repuesto, partes de recambio, materiales de mantenimiento y lubricantes necesarios para los equipos e instalaciones de la planta. Organizar y supervisar la bodega de los mismos, estableciendo y controlando los niveles óptimos de existencias.

Adiestrar al personal de mantenimiento sobre los principios y normas de seguridad industrial.

Alertarlos sobre los riesgos y peligros propios de las tareas que realizan. Crear en ellos una fuerte conciencia sobre la necesidad de observar, bajo toda circunstancia, las normas de seguridad establecidas y velar por el estricto y cabal acatamiento y cumplimiento de las mismas. Mantener los equipos y dispositivos de seguridad, así como alarmas en condiciones óptimas de funcionamiento.

Establecer y mantener los servicios de limpieza, sanidad y ornato en los edificios de la Central de San José.

2.1.12 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO PARA EL DESARROLLO DE LAS INSTALACIONES DE LA CENTRAL DE SAN JOSÉ DEL I.C.E. TELECOMUNICACIONES

De los objetivos y funciones del mantenimiento se concluye que su aplicación sistemática constituye un medio importante para el aprovechamiento y funcionamiento óptimos de los medios de producción, para preservar los mismos y para garantizar la seguridad de todo el personal de la planta.

En consecuencia, el mantenimiento contribuye al desarrollo de la empresa por ser uno de los factores básicos de la reducción de los costos en la gestión industrial del mantenimiento.

La reducción de los costos, mediante la aplicación apropiada de mantenimiento, se obtiene a través de:

- El mejor control y la reducción de gastos extraordinarios, tales como los causados por las interrupciones de la producción por daños y fallas en los equipos e instalaciones; la producción de baja calidad que debe ser reelaborada o desechada; las horas extras en trabajos correctivos; etc.
- La reducción de los costos de las reparaciones y la eliminación de trabajos innecesarios por medio de las acciones rutinarias de prevención de fallas y rotura; la aplicación de métodos y procedimientos más lógicos y racionales y el uso de equipos y herramientas de mantenimiento cada vez mejoradas.
- La mayor productividad de la mano de obra mediante la planificación y programación de los trabajos de mantenimiento; la selección, adiestramiento y motivación del personal y el control del rendimiento de los medios de producción y de la mano de obra.
- La reducción de accidentes personales y de los equipos por medio del establecimiento y de la aplicación de normas y procedimientos efectivos de seguridad.

2.2. SELECCIÓN DE MÁQUINAS QUE FORMARAN PARTE DEL P.M.P.

En este momento, las instalaciones de Avenida Segunda de la institución cuentan con los siguientes equipos escogidos para el desarrollo del proyecto: dos plantas de generación eléctrica marca Cummins y Kohler, respectivamente, una subestación marca Cutler-Hammer, dos Chillers marca Bohn y Mc Quay respectivamente; este último es el más antiguo y el que se quiere remplazar, por lo cual no será contemplado en el P.M.P.

Los equipos escogidos para iniciar el mantenimiento preventivo en la empresa fueron son los anteriormente citados, entre otros muchos con los que cuenta la central. En el proceso de selección de estas máquinas influyeron muchos factores, de los cuales los más importantes son:

- Antigüedad de las máquinas: En esta institución se da un contraste interesante en cuanto a la antigüedad de los equipos. En el caso de las plantas de generación eléctrica, la marca Cummins tiene veintisiete años de servicio y la marca Kohler tiene cinco años de funcionamiento. Así como la subestación tiene veintisiete años y el Chiller cuatro años.

  Esto indica que estos equipos en algunos casos requieren más que un mantenimiento preventivo, o sea, un mantenimiento de tipo correctivo, para lograr ponerlas a funcionar en lo que se conoce como puesta a punto[2].

  Por otra parte, el Chiller y el que se quiere adquirir, así como una nueva planta que se va a instalar, entrarían como de reciente adquisición ya que no exceden los cinco años de funcionamiento. Por tal motivo es poco el mantenimiento correctivo que hay que aplicarles, lo cual las convierte en candidatas ideales para formar parte de un plan de mantenimiento preventivo.

[2] Puesta a punto: término usado en mantenimiento industrial. Indica que a una máquina se le ha aplicado todo el mantenimiento correctivo necesario para que ésta esté en óptimas condiciones de funcionamiento.

Lo que se busca es no permitir que pase el tiempo y que las máquinas nuevas sufran daños más serios por falta de un mantenimiento de mayor calidad, y tampoco se desea formar un P.M.P. con equipo muy antiguo que solo elevaría los costos del programa.

- Costo de mantenimiento: Al ser las plantas de uso eventual, el desgaste de estos equipos no es elevado y por ende los costos de mantenimiento son sumamente bajos, ya que las fallas que presentan son pocas. En el caso de la subestación al ser un equipo eléctrico, pese a su constante uso, el deterioro que tiene y el mantenimiento que se le debe dar es reducidos.

Lo contrario, que sucede con el Chiller, cuyo uso es continuo y su deterioro es alto; más la importancia de este para las actividades de estos edificios, lo cual lo convierte en un equipo de suma importancia.

El problema radica en dejar pasar el tiempo y no preocuparse por su mantenimiento, ya que llegará el momento en que por el uso y desgaste se presentarán fallas, que se verán traducidas en gastos por mantenimiento y pérdidas de producción. Con estos se pretende prolongar la vida útil de los equipos y reducir al máximo los paros por fallas, y sobre todo evitar que los equipos de telecomunicaciones se vean afectados o salgan de servicio, ya que esto tendría serias repercusiones en el país.

- Experiencia del personal: Estas instalaciones cuenta con dos técnicos que tienen veintisiete y nueve años de experiencia, respectivamente, en este campo. Todos los conocimientos que ellos poseen representan una gran ventaja para en un P.M.P. con los diferentes equipos.

- Condiciones actuales de la empresa: En este momento el departamento de Electromecánica de la Central de la Avenida Segunda sólo aplica mantenimiento correctivo a los equipos pues no se trabaja con ningún tipo de documentación que permita realizar un adecuado control de la gestión de mantenimiento.

Por esa razón no es conveniente impulsar un P.M.P. en general de la empresa, que incluya todas las máquinas, ya que no sólo se debe desarrollar el P.M.P. sino que, previo a eso, se debe recurrir a la elaboración de otra serie de documentos y procedimientos que se necesitan para ponerlo a funcionar.

Debido a las condiciones actuales de la empresa no es conveniente aplicar un programa muy recargado de máquinas y tareas. Más bien se debería pensar en un programa simple y con pocos equipos, y paulatinamente irlo ampliando al resto de la planta, de modo que se logre ir madurando en la mente de los participantes de este programa la idea del mantenimiento preventivo, su importancia, procedimientos, necesidades, etc.

De este modo se evitaría que se produzca un severo choque con los técnicos por el cambio del ritmo de trabajo al incluirles nuevas tareas orientadas al área administrativa, como es el llenado de documentos.

- **Datos principales de las máquinas para P.M.P.**

(PLANTA DE GENERACIÓN N° 1)

Marca: CUMMINS
Modelo: VTA12-800 GS / GC
Tipo: Motor Diesel.
Potencia: 480 kW.
Año de fabricación: 1973.
Años de operación: 27 años.
Tiempo de operación: Eventualmente (mínima)
Estado: Muy Bueno

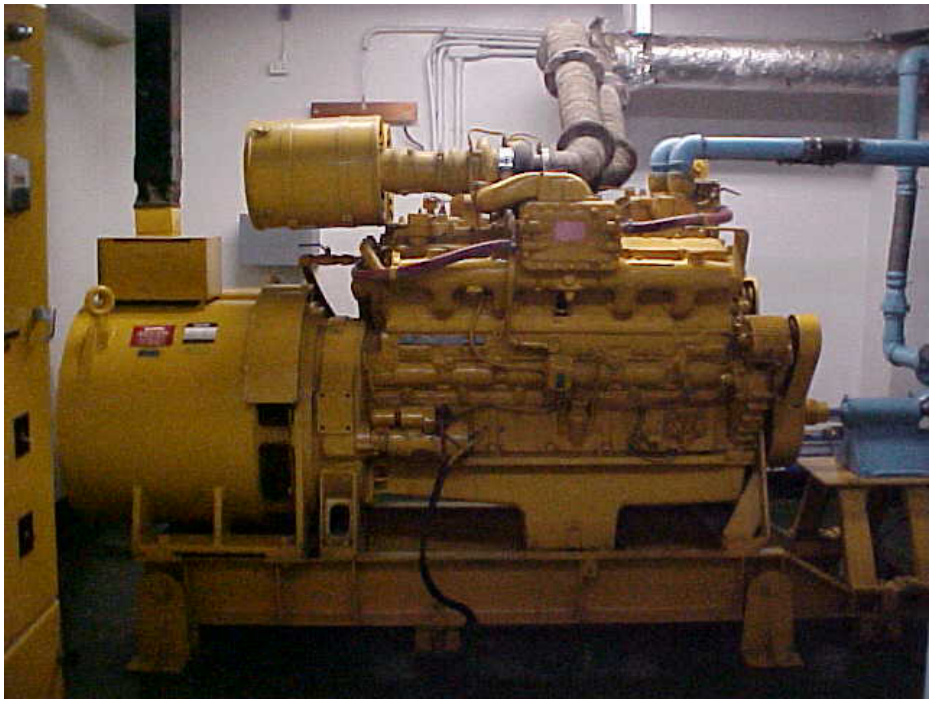


Figura Nº 2 – 1 (Planta de generación Cummins)

(PLANTA DE GENERACIÓN N° 2)

Marca: KOHLER
Modelo: 2CS – 568341-800
Tipo: Motor Diesel
Potencia: 180 kW
Año de fabricación: 1992
Años de operación: 5
Tiempo de operación: Eventualmente (mínima)
Estado: Muy Bueno

Figura Nº 2 – 2 (Planta de generación Kohler)

(SUBESTACIÓN)

Marca: CUTLER - HAMMER
Modelo: SPLD -503
Tipo: Transformador Seco.
Potencia: 1MW
Año de fabricación: 1972
Años de operación: 30
Tiempo de operación: Constante.
Estado: Bueno.

Figura Nº 2 – 3 (Subestación)

(CHILLER)

Marca: BOHN
Modelo: SXL - 200
Tipo: Compresores Centrífugos.
Año de fabricación: Desconocido
Potencia: 180 Toneladas
Años de operación: 4 años.
Tiempo de operación: Constante.
Estado: Bueno.

Figura Nº 2 – 4 (Chiller)

2.3 VALORACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO DE LAS MÁQUINAS

Como se aclaró anteriormente, se van a incluir dentro del P.M.P. las plantas de generación de electricidad, a pesar de ser equipo con tiempos de operación distintos, si bien no son de reciente adquisición, no presentan un alto grado de desgaste o deterioro, debido a su escaso uso y buena conservación y mantenimiento, por su condición de uso en emergencias.

Referente a la subestación, a pesar de sus muchos años de utilización constante su estado es bastante bueno, ya que por ser equipo de índole eléctrica su desgaste no es muy alto; con excepción del transformador, ya que a éste no se le ha dado un mantenimiento prácticamente nunca.

Con respecto al sistema Chiller, de marca BOHN, éste tiene sólo cuatro años de operación y, pese a algún mantenimiento, los correctivo tiene el equipo en muy buen estado.

Además, al consultarles a los técnicos de las instalaciones cuánto mantenimiento correctivo se les aplica a estas máquinas, ellos respondieron que es muy poco, que los principales trabajos que se realizan de forma esporádica consiste en algún mantenimiento correctivo a otros elementos, pero que en general, la mayor parte del tiempo lo emplean en la limpieza de las máquinas.

Por tanto, se reafirma que el grado de deterioro de estas unidades es poco.

2.4 ESTUDIO TÉCNICO DE LAS MÁQUINAS

En esta etapa del programa de mantenimiento se recurrió al estudio de los manuales de funcionamiento de las máquinas, así como a conversaciones con los técnicos y los ingenieros de la institución.

En cuanto a los manuales o catálogos, tanto para las plantas de generación como para la subestación y el Chiller, están disponibles y cuentan con bastante información sobre los equipos, el mantenimiento o recomendaciones, en aspectos tales como tipos de aceite utilizados y demás aspectos técnicos.

Las inspecciones recomendadas por el fabricante servirían como base para determinar las tareas que indique el manual de mantenimiento preventivo.

2.5 FORMACIÓN DEL ARCHIVO TÉCNICO

Las funciones del departamento de ingeniería de la institución I.C.E. Telecomunicaciones hasta la fecha eran básicamente de rediseño y modernización de los equipos que conforman su infraestructura, pero en lo que respecta al área de mantenimiento, y más en detalle a la gestión de mantenimiento, se tenían muy descuidadas. No se contaba con la serie de documentos mínimos que se requieren para realizar las labores de mantenimiento.

Por tal motivo, se debían diseñar documentos que permitieran archivar los datos más importantes de cada unidad de mantenimiento, como son las reparaciones efectuadas, las modificaciones, un listado de sus datos técnicos, etc.; y no solo esa información, sino que también era necesario aplicar otra serie de documentos para realizar de ciertas labores, como solicitudes internas y externas de trabajos, solicitud de paro de una máquina determinada para realizar algún tipo de mantenimiento, movimiento de repuestos dentro de la empresa y otros procesos.

En estas condiciones se inició el diseño de algunos de los documentos que eran necesarios para llevar a cabo una correcta gestión de mantenimiento, con los cuales no se contaba y además eran la base del mantenimiento preventivo.

Por tanto, se diseñaron seis formatos de documentos: ficha técnica, histórico de las unidades de mantenimiento, listado de tareas, tareas por unidad, y la orden de trabajo y para manejar requisiciones a bodega.

2.5.1. FICHA TÉCNICA

Este documento se diseñó para poder archivar los datos técnicos más importantes de cada uno de los equipos. Más adelante se incluyen también las fichas de las partes respectivas.

Los campos que abarca este documento son los siguientes:

- ✓ **Información general:** Título del documento y el encabezado.
- ✓ **Código**: Indica el código de la unidad de mantenimiento respectiva.
- ✓ **Descripción:** Indica la descripción de la unidad de mantenimiento relacionada al con el código señalado.
- ✓ **Estado:** Indica si la unidad está activa o inactiva.
- ✓ **Año de Fabricación:** Indica el año en que se fabricó la unidad
- ✓ **Número de Activo:** indica el número de activo de la unidad en la empresa.
- ✓ **Marca:** Indica la marca de la unidad
- ✓ **Modelo:** Indica el modelo de la unidad.
- ✓ **Serie:** Indica le número de serie de la unidad
- ✓ **Proveedor:** Indica el nombre de la empresa a la que se le compró la unidad.
- ✓ **Clasificación por ubicación:** Indica un tipo de clasificación que se le estableció a la unidad de acuerdo con su ubicación en la planta
- ✓ **Clasificación por tipo:** Indica un tipo de clasificación que se le estableció a la unidad de acuerdo al tipo de máquina que es.
- ✓ **Datos técnicos:** Aquí se presentan los principales datos técnicos de cada unidad que se extrajeron del manual de funcionamiento
- ✓ **Características:** representa todas aquellas variables que pueden ser medidas en cada unidad, por ejemplo temperaturas, corriente eléctrica, etc.

- ✓ **Partes:** Es el listado de partes que se obtienen de las unidades una ves que han sido divididas.
- ✓ **Repuestos:** Es un listado de los repuestos más importantes de cada unidad.

Telecomunicaciones ICE

FICHA TÉCNICA

Código:		Descripción:			
Estado:	Activo:		Marca:		
Año de fabricación:			Modelo:		
Número de Activo:			N° Serie:		
			Proveedor:		
Clasificación:					
	Código:	Descripción:			
Por Ubicación:					
Por Tipo:					
Datos Técnicos:					
Característica:	Valor:	Unidad:	Característica:	Valor:	Unidad:
Voltaje:			Volumen Iny.		
Fases:			Largo		
Frecuencia:			Ancho		
Presión Iny:			Altura		
Capacidad Iny:					
Aceite Hidráulico:					
Aceite Lubricante:					
Grasa:					
Características:					
	Máximo:	Val. Prom:	Mínimo:	Unidades:	
Temp. de Aceite Hidráulico:					
Partes:					
Código:	Descripción:				
Lista de Repuestos:					
Código:	Descripción:				

Figura Nº 2 – 5 (Ficha técnica)

2.5.2. HISTÓRICO DE UNIDADES DE MANTENIMIENTO

Este documento se diseñó para poder archivar diversos tipos de trabajos aplicados a las unidades. Estos pueden ser trabajos de mantenimiento correctivo, preventivo, modificaciones al diseño de la unidad, etc.

Los campos que abarca este documento son los siguientes:

- ✓ **Información general:** Título del documento y el encabezado.
- ✓ **Código:** Indica el código de la unidad de mantenimiento respectiva.
- ✓ **Descripción:** Indica la descripción de la unidad de mantenimiento relacionada con el código anterior.
- ✓ **Código de la OT:** Indica el código (número) de la orden de trabajo bajo la cual se le aplicó el tipo de trabajo respectivo.
- ✓ **Fecha de reporte:** Indica la fecha en que se reportó la necesidad del trabajo respectivo.
- ✓ **Inicio Reparación:** Indica la fecha en que se inició el trabajo respectivo.
- ✓ **Duración:** Indica la duración (días, horas o minutos) del trabajo que se realizó.
- ✓ **Descripción del trabajo:** Hace una referencia concisa de la descripción del trabajo realizado.
- ✓ **Tipo de tarea:** Indica el tipo de trabajo que se realizó (correctivo, preventivo, etc.)

Telecomunicaciones ICE

HISTÓRICO DE UNIDADES DE MANTENIMIENTO

Código		Descripción			
Código OT.	Fecha de Reporte	Inicio Reparación	Duración	Descripción del Trabajo	Tipo de Tarea

Figura Nº 2 –6 (Histórico de unidades de mantenimiento)

2.5.3. LISTADO DE TAREAS

Este documento se diseñó para poder archivar las tareas preventivas, correctivas y, eventualmente, predictivas que forman parte del mantenimiento de las unidades de la planta.

Los campos que abarca este documento son los siguientes:

- ✓ **Información general:** Título del documento y el encabezado.
- ✓ **Código:** Este representa el código de la tarea respectiva.
- ✓ **Descripción:** Indica la descripción de la tarea.
- ✓ **Duración:** Indica la duración en minutos de la tarea.
- ✓ **Frecuencia:** Indica cada cuánto se realiza la tarea (semanal, mensual, etc.)
- ✓ **Rubro:** Indica a que tipo de taller pertenece la tarea (mecánico, eléctrico, etc.)
- ✓ **Código Tipo Tarea:** Indica por medio de un código si la tarea es programada o no programada.

- ✓ **Procedimientos:** Indica los pasos por seguir para realizar la tarea.
- ✓ **Unidades:** Indica a cuáles unidades se le aplica esta tarea. De ellas se indica el código y la descripción.
- ✓ **Recursos:** Indica cuáles operarios o mecánicos intervienen en esta tarea. De ellos se indica un código de identificación, una descripción que indica el tipo de operario (mecánico, eléctrico, soldador, etc.) y la cantidad.
- ✓ **Repuestos:** Indica los posibles repuestos que requiere la tarea. De ellos se indica el código, la descripción y la cantidad.
- ✓ **Servicios:** Indica que servicios externos requiere la tarea. De ellos se indica el código, la descripción y la cantidad.

Telecomunicaciones ICE

Última Modificación: __/__/__

Listado de Tareas

Código:	Descripción:		
Duración _____	Frecuencia _____	Rubro: _____	
Código Tipo de Tarea: _____			
Procedimientos:			
1. . 2. . 3. . 4. . 5. . 6. . 7. . 8. .			
Unidades:			
Código:	Descripción:	Código:	Descripción:
Recursos:			
Código:	Descripción:		Cantidad:
Repuestos:			
Código:	Descripción:		Cantidad:
Servicios:			
Código:	Descripción:		Cantidad:

Figura Nº 2 –7 (Listado de Tareas)

2.5.4. TAREAS POR UNIDAD

Este documento se diseñó para poder archivar diversos tipos de trabajos aplicados a las unidades. Estos pueden ser trabajos de mantenimiento correctivo, preventivo, modificaciones al diseño de la unidad, etc.

Los campos que abarca este documento son los siguientes:

- ✓ **Información general:** Título del documento y el encabezado.
- ✓ **Código:** Indica el código de la unidad de mantenimiento respectiva.
- ✓ **Descripción:** Indica la descripción de la unidad de mantenimiento relacionada con el código indicado.
- ✓ **Código de la tarea:** Indica el código de la tarea respectiva.
- ✓ **Descripción:** Indica la descripción de la tarea.
- ✓ **Duración:** Indica la duración en minutos de la tarea.
- ✓ **Frecuencia por tiempo:** Indica la frecuencia semanal, mensual, etc.
- ✓ **Frecuencia por dispositivo:** Indica otros tipos de frecuencia, por ejemplo horas de funcionamiento, ciclos, etc.

Telecomunicaciones

TAREAS POR UNIDAD

Código:	Descripción:			
Código	Descripción	Duración: (minutos)	Frecuencia (Tiempo)	Frecuencia Dispositivo

- ✓ **Tipo de orden:** Indica el tipo de trabajo que se aplicará a la unidad (correctivo, predictivo, etc.)
- ✓ **Creación:** Fecha de creación de la orden de trabajo.
- ✓ **Prioridad:** Indica el nivel de prioridad de la OT (alto, medio y bajo).
- ✓ **Finalización:** Indica cuándo se finalizó el trámite de la OT.
- ✓ **Responsable:** Señala quién es el responsable de la respectiva OT.
- ✓ **Autoriza:** Señala quién autoriza la respectiva OT.
- ✓ **Inicio:** Indica cuándo se inició el trabajo.
- ✓ **Finalización:** Indica cuándo se finalizó el trabajo.
- ✓ **Taller:** Indica el tipo de taller que debe realizar la OT (mecánico o eléctrico).
- ✓ **Código de la tarea:** Indica el código de la tarea que se debe realizar.
- ✓ **Descripción:** Describe de la tarea que se debe realizar.
- ✓ **Recursos, código:** indica el código de la persona que debe realizar la tarea, que será su número de cédula.
- ✓ **Recursos, inicio:** Indica la fecha en que se inició la tarea respectiva.
- ✓ **Recursos, fin:** Indica la fecha en que se finalizó la tarea respectiva.
- ✓ **Repuestos, cantidad:** Indica la cantidad de repuestos que puede necesitar dicha tarea para realizarse.
- ✓ **Repuestos, código**: Indica el código del repuesto que puede necesitar dicha tarea para realizarse.
- ✓ **Servicios:** Indica si la tarea requiere algún tipo de servicio externo para realizarse.
- ✓ **Notas:** Este es un campo en el que se pueden indicar observaciones en cuanto a la realización de la OT.
- ✓ **Aprobó:** Señala quién aprobó la respectiva OT.

- ✓ **Revisado:** Señala quién revisó la respectiva OT.

Telecomunicaciones

Orden de Trabajo

OT _____ Tipo Orden _____ Prioridad _____
Unidad _____ Creación _____ Finalización _____

Responsable _____ Inicio _____ Taller _____
Autoriza _____ Finalización _____

Cod. Tarea	Descripción	Recursos Código	Inicio	Fin	Repuestos Cantidad	Código	Servicios

Notas

Aprobó Revisado

Figura Nº 2 –9 (Orden de trabajo)

2.5.6. REQUISICIONES A BODEGA

Este documento se diseñó para poder controlar el flujo de repuestos que son necesarios para los diversos tipos de trabajos aplicados a las unidades.

Los campos que abarca este documento son los siguientes:

- ✓ **Información general**: Título del documento y el encabezado.
- ✓ **Número de requisición:** Indica el número de la requisición que se está realizando o que ha sido realizada, por medio de un consecutivo. Este número identificará la requisición respectiva para efectos de archivo.
- ✓ **Fecha:** Indica la fecha en que se inició el trámite de la requisición.
- ✓ **Código OT:** Indica el código (número) de la orden de trabajo relacionada con esa requisición.
- ✓ **Tarea:** Indica la acción o tipo de tarea que se va a realizar en el equipo.
- ✓ **Total requerido:** Indica si es necesario que se entregue el total de los repuestos que señala esa requisición.
- ✓ **Código:** Indica el código del repuesto solicitado.
- ✓ **Descripción:** Indica la descripción del repuesto solicitado.
- ✓ **Cantidad:** Indica la cantidad de repuestos que se necesitan.
- ✓ **Inicio:** Indica cuándo se inició el trabajo.
- ✓ **Línea requerida:** indica si es necesario que se entregue el total de los repuestos que señala esa línea.
- ✓ **Cantidad entregada**: Indica la cantidad de repuestos que fueron entregados.
- ✓ **Fecha de entrega:** Indica la fecha en que se entregaron los repuestos solicitados.

- ✓ **Descripción:** Indica la descripción de la tarea que se debe realizar.
- ✓ **Repuestos, cantidad:** Indica la cantidad de repuestos que puede necesitar dicha tarea para realizarse.
- ✓ **Responsable de bodega:** Señala quién es la persona responsable de manejar la bodega y de entregar los repuestos solicitados.
- ✓ **Solicitante:** Señala quién es la persona que solicita los repuestos.
- ✓ **Aprobó:** Señala quién aprobó la respectiva requisición.

Telecomunicaciones ICE

Requisición a Bodega No 0000

Fecha: ___/___/___ Código OT Tarea Total ☐ Requerido

Código	Descripción	Cantidad Solicitada	Línea Requerida	Cantidad Entregada	Fecha de Entrega
			☐		
			☐		
			☐		
			☐		
			☐		
			☐		
			☐		
			☐		
			☐		

Responsable de Bodega Solicitante Aprobó

Figura Nº 2 –10 (Requisición a bodega)

Además, para el posterior uso de estos documentos previamente diseñados sería necesario codificar algunos datos, que formarían parte del diseño de los formatos ya creados. Por ende, se dispone a continuación presentar dichas codificaciones:

- ***Códigos para las Frecuencias por tiempo***

Tabla 2-1 (Codificación para las frecuencias por tiempo de las tareas)

Código:	Descripción:
Día	Diaria.
Sem	Semanal.
Men	Mensual.
Tri	Trimestral.
Cua	Cuatrimestral.
St	Semestral.
An	Anual.

- ***Códigos para los tipos de rubros***

Tabla 2 – 2 (Codificación para los tipos de rubros)

Código:	Descripción:
Mec	Mecánico
Elec	Eléctrico
Hid	Hidráulico
Lub	Lubricación

- ***Códigos para los tipos de tareas***

Tabla 2 - 3 (Codificación para los tipos de tareas)

Código:	Descripción:
Pro	Programada
NPro	No Programada

- ***Códigos para las tareas***

Al planear esta codifocación se tomó en cuenta el tipo de equipo al que se le va a asignar, o bien, el que se va a aplicar la tarea, y un consecutivo. Se emplean dos o tres letras seguidas de dos dígitos, que representan un consecutivo. A manera de ejemplo, se presenta el siguiente caso:

PG C 01

PG : Dos letras que indican el tipo del equipo (**P**lanta **G**eneradora de Electricidad)

C : Una letra que indica la marca de la máquina (**C**ummins)

01 : Dos dígitos que indican un consecutivo.

2.6 CODIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS

En el P.M.P. se utilizarán cuatro equipos, las dos plantas de generación eléctrica, la subestación y el Chiller. Estas unidades de mantenimiento tienen, dentro de esta institución, una codificación que depende sólo del nombre de la máquina o el número, el cual indica solo un consecutivo entre ellas. Se revisaron las codificaciones de las máquinas con las que se atendían en los pocos y escasos documentos que tenían disponibles y se presentaron algunas incongruencias.

Por tal motivo se consideró importante recodificar los equipos, de manera que la nueva codificación fuera accesible y fácil de aprender. Pero antes de definir esta codificación había que hacer otras clasificaciones, con sus respectivos códigos.

A continuación se presenta esta información se denotará a continuación; dividida inicialmente en las siguientes secciones luego estas divididas en ramas, que representaran los principales tipos de unidades con las que cuenta cada una de ellas. En el siguiente esquema aparecen las secciones y su respectiva codificación entre paréntesis, junto con su adicional clasificación.

2.6.1. CODIFICACIÓN DE LA CENTRAL DE SAN JOSÉ, POR SECCIONES DE LABORES

1. **(ENG)** Energía:
   1.1. **(SE)** Sub Estación
   1.2. **(BT)** Baterías
   1.3. **(RT)** Rectificadores
   1.4. **(DT)** Distribuciones
2. **(EMR)** Emergencia
   2.1. **(PE)** Plantas de Energía
   2.2. **(TA)** Tanques de Agua
   2.3. **(TC)** Tanques de Combustible
3. **(ACD)** Acondicionamiento
   3.1. **(AA)** Aire Acondicionado
   3.2. **(BB)** Bombas

Por otra parte, se quiso dividir las instalaciones según la distribución de la planta física de ambos edificios. Esta clasificación toma en cuenta los diversos pisos que conforman la Central de San José, así como las zonas exteriores para parqueo, carga y descarga de material.

2.6.2 CODIFICACIÓN DE LA CENTRAL POR SECCIONES FÍSICAS

Tabla Nº 2 –4 (Códigos de las secciones y distribución física de la Central de San José)

Código:	Descripción:
SV	**S**ótano Edificio **V**iejo: Vario y Equipo.
SN	**S**ótano Edificio **N**uevo: Vario y Equipo.
P1V	**P**iso **1** Edificio **V**iejo: Agencia Comercial.
P1N	**P**iso **1** Edificio **N**uevo: Administrativo.
P2V	**P**iso **2** Edificio **V**iejo: Distribución de Planta Externa.
P2N	**P**iso **2** Edificio **N**uevo: Transferencia de Datos.
P3V	**P**iso **3** Edificio **V**iejo: Central Erickson Telefonía Fija.
P3N	**P**iso **3** Edificio **N**uevo: Transferencia de Datos.
P4V	**P**iso **4** Edificio **V**iejo: Central Erickson Telefonía Fija.
P4N	**P**iso **4** Edificio **N**uevo: Internet.
P5V	**P**iso **5** Edificio **V**iejo: Central Erickson Telefonía Fija.
P5N	**P**iso **5** Edificio **N**uevo: Central Digital ALCATEL, Telefonía Fija.
P6V	**P**iso **6** Edificio **V**iejo: Central Erickson Telefonía Fija.
P6N	**P**iso **6** Edificio **N**uevo: Central Digital ALCATEL, Telefonía Fija.
P7N	**P**iso **7** Edificio **N**uevo: Internet.
P8N	**P**iso **8** Edificio **N**uevo: Oficinas de Valor Agregado.
P9N	**P**iso **9** Edificio **N**uevo: Central Erickson y GSM; Celulares.
AV	**A**zotea Edificio **V**iejo: Plataforma.
AN	**A**zotea Edificio **N**uevo: Plataforma.

2.6.3. CODIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS

Los equipos se codificarán de acuerdo con sus características propias, como marca y otros elementos previamente descritos en secciones anteriores.

Para el caso particular de la subestación, se empleó una codificación alfanumérica que consta al inicio de tres letras seguidas de dos dígitos, se representación es la siguiente:

SE CH 01

SE : Dos letras que indican el tipo de equipo (**S**ub**E**stación)

CH : Una letra que indica la marca del equipo (**C**utler - **H**ammer)

01 : Dos dígitos que indican un consecutivo.

De esta forma se establece la codificación de los equipos y las máquinas que tienen las instalaciones de la Central de San José:

Tabla Nº 2 –5 (Tabla de códigos de los equipos)

Código:	Equipo o máquina:
PGC01	Planta de Generación Cummins Nº 1.
PGK02	Planta de Generación Kohler Nº 2.
SECH01	Sub Estación Cutler Hammer Nº 1.
CRB01	Chiller Bohn Nº 1.
CRCA01*	Chiller Carrier Nº 2.
MCA01*	Manejadora Carrier Nº 1.
MCA0...*	Manejadora Carrier Nº ...
MB01*	Manejadora Bohn Nº 1.
MB0...*	Manejadora Bohn Nº ...
ML01*	Manejadora Libert Nº 1.
ML0…*	Manejadora Libert Nº ...
…*	…

* Fuera de P.M.P. inicial hasta implementación, solidificación y ampliación.

En este caso, al contrario de los procedimientos tradicionales, no se asocia el código de la máquina a una ubicación; esto porque si en determinado momento puede haber una reubicación del equipo, como es lo habitual. Además, así esta programado para futuras fechas debido a las actividades propias de la institución y de las instalaciones.

De esa manera habría que variar su codificación, lo cual presentaría muchos problemas en cuanto a documentación ya existente, al personal con el que cuentan los edificios y también en cuanto a manejo de paquetes de cómputo (base de datos).

En este sentido, los datos, como los relativos a la ubicación de la unidad de mantenimiento, son almacenados, pero no como un código sino como un dato más de la unidad que podría ser variado, como sería alguna descripción o algún valor de capacidad o de consumo de energía.

2.7 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO GLOBAL

Los parámetros de funcionamiento global de una máquina son una serie de variables que se pueden cuantificar para que sirvan de referencia a los niveles de operación. Por ejemplo, en las horas en que el equipo se encuentra detenido por efecto de alguna falla, podrían funcionar, como un parámetro de funcionamiento global, las corrientes y voltajes obtenidos, las temperaturas y condiciones ambientales de los recintos. En este caso la medición de estas variables serviría como un patrón para determinar el funcionamiento de los equipos.

Las plantas de generación eléctrica con las que cuenta la institución I.C.E. Telecomunicaciones en su agencia de San José en la Avenida Segunda, son sistemas de muy poco uso, debido a su característica de equipo de emergencia; sin embargo, ofrecen la posibilidad de que se les fijen una serie de variables que determinan la confiabilidad en caso de que se usaran ante una emergencia. Se torna muy difícil definir cuáles parámetros se han de tomar en cuenta en el funcionamiento de las máquinas, ya que lo que se debe identificar es la capacidad de respuesta, el tiempo de esta y la corriente, el voltaje y la potencia que pueden tener.

En forma análoga se comportaría la subestación, con la gran diferencia que su tiempo de uso es constante y de que nunca puede dejar de operar, ya sea alimentada por el suministro especial del I.C.E. Energía en los edificios o por las plantas de emergencia.

Respecto al Chiller, aunque también tiene la condición de uso permanente y continuo, los parámetros a los que se puede recurrir y hacer referencia son las presiones, las corrientes a plena carga, y a que las diferentes manejadoras tengan la capacidad de acondicionar los diferentes recintos de los edificios, como acto reflejo de la capacidad del Chiller.

En el futuro se esperaría iniciar una serie de controles que faciliten la determinación de estos parámetros, su recolección de datos y la posterior cuantificación.

2.8 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL P.M.P.

El objetivo principal de un programa de mantenimiento preventivo es establecer un medio de control para la gestión del mantenimiento, y así permitir controlar las labores de mantenimiento que se les aplican a las distintas unidades o equipos de la institución.

Se pueden plantear otros objetivos, un poco más específicos, que sean aplicables en la empresa o institución donde se desarrolla el programa; sin embargo, como de momento no se tiene a la mano la información suficiente para definir los parámetros de control necesarios, no se pueden proponer objetivos que intenten mejorar dichos niveles de una forma cuantificable.

Por otra parte, se pueden establecer otro tipo de objetivos específicos, como los siguientes:

- Alargar la vida útil de los equipos involucrados en el programa de mantenimiento preventivo, mediante la aplicación de procedimientos que permitan mejorar la calidad de las técnicas de mantenimiento, con un aumento de las prácticas preventivas y una reducción de las prácticas correctivas.
- Disminuir la posibilidad de paros inesperados, ocasionados por fallas en el equipo, debido a deficiencias en el mantenimiento de las unidades, que se inician generalmente con fallas menores.
- Aprovechar al máximo cada una de las partes o materiales de consumo de cada equipo o máquina, como pueden ser los aceites lubricantes, rodamientos, etc.

2.9 DIVISIÓN DE LAS PARTES PRINCIPALES DE LAS MÁQUINAS PARA P.M.P.

PLANTA DE GENERACIÓN N° 1:

1) Motor Diesel:

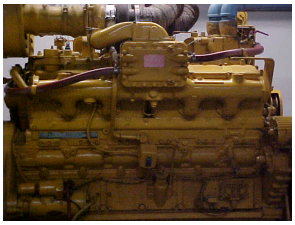


Figura Nº 2 – 11.

2) Generador:

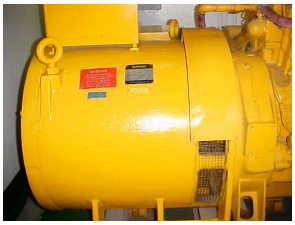


Figura Nº 2 – 12.

3) Arrancador:

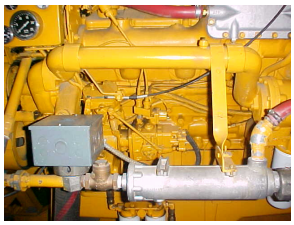


Figura Nº 2 – 13.

4) Bomba de Inyección:

Figura Nº 2 – 14.

5) Baterías:

Figura Nº 2 – 15.

6) Cargador de Batería:

Figura Nº 2 – 16.

7) Turbo:

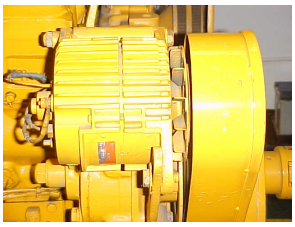


Figura Nº 2 – 17.

8) Solenoide:

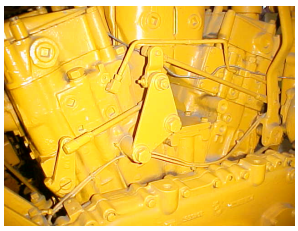


Figura Nº 2 – 18.

9) Tanque de Combustible:

Figura Nº 2 – 19.

10) Filtros de combustible:

Figura Nº 2 – 20.

11) Filtros de aceite:

Figura Nº 2 – 21.

12) Filtros de aire:

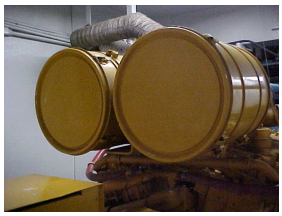


Figura Nº 2 – 22.

13) Radiador externo o remoto:

Figura Nº 2 – 23.

14) Controles:

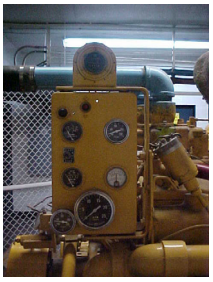


Figura Nº 2 – 24.

15) Distribución:

Figura Nº 2 – 25.

PLANTA DE GENERACIÓN N° 2

1) Motor Diesel:

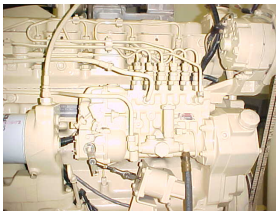


Figura Nº 2 – 26.

2) Generador:

Figura Nº 2 – 27.

3) Arrancador:

Figura Nº 2 – 28.

4) Batería:

Figura Nº 2 – 29.

5) Cargador de Batería:

Figura Nº 2 – 30.

6) Turbo:

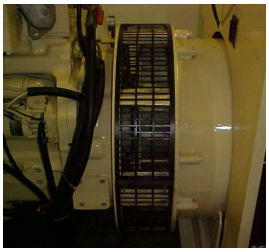


Figura Nº 2 – 31.

7) Solenoide:

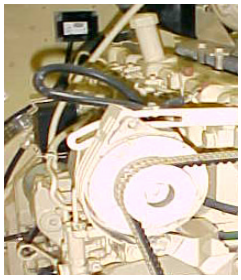


Figura Nº 2 – 32.

8) Tanque de combustible:

Figura Nº 2 – 33.

9) Filtros de combustible:

Figura Nº 2 – 34.

10) Filtros de aceite:

Figura Nº 2 – 35.

11) Filtros de aire:

Figura Nº 2 – 36.

12) Radiador externo o remoto:

Figura Nº 2 – 37.

13) Controles:

Figura Nº 2 – 38.

14) Distribución:

Figura Nº 2 – 39.

SUBESTACIÓN:

1) Transformador:

Figura Nº 2 – 40.

2) Banco de condensadores:

Figura Nº 2 – 41.

3) Transferencias eléctricas:

Figura Nº 2 – 42.

4) Tableros:

Figura Nº 2 – 43.

5) Interruptores:

Figura Nº 2 – 44.

CHILLER:

1) Compresores:

Figura Nº 2 – 45.

2) Panel de Control:

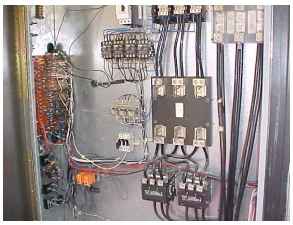


Figura Nº 2 – 46.

3) Condensador:

Figura Nº 2 – 47.

4) Bombas de agua:

Figura Nº 2 – 48.

Al tener bien definidas las unidades participantes en el P.M.P., que en este caso son las plantas de generación de emergencia, subestación y el Chiller, se procede a dividir estas en partes.

El presente caso dicha división no consistiría en una gran cantidad de partes sino sólo en aquellas que formarán un sistema por sí mismas, desde el punto de vista en que ellas se puedan concebir como una máquina aparte y no como tradicionalmente se practica, que es dividir la unidad principal en incontables partes que en el futuro complican el programa por la recarga de datos.

Con base en las conclusiones anteriores, se opta por dividir uno de estos equipos.

Con la división de la unidad de inyección ya establecida, se procede entonces a aplicar un sistema de codificación alfanumérico a cada una de esas partes, para ello se muestra el siguiente ejemplo:

PG 02

PG: Dos letras que representan el tipo de unidad (**P**lanta de **G**eneración)

02: Dos dígitos que representan un consecutivo

En el siguiente esquema aparecen los equipos con sus partes, con su respectiva codificación entre paréntesis:

1. (PGC01) PLANTA DE GENERACIÓN CUMMINS N° 1:

1.1. **(MD01)** Motor Diesel Nº 1.

1.2. **(GE01)** Generador Nº 1.

1.3. **(AR01)** Arrancador Nº 1.

1.4. **(BI01)** Bomba de Inyección Nº 1.

1.5. **(BT01)** Baterías Nº 1.

1.6. **(CB01)** Cargador de Batería Nº 1.

1.7. **(TB01)** Turbo Nº 1.

1.8. **(SO01)** Solenoide Nº 1.

1.9. **(TC01)** Tanque de Combustible Nº 1.

1.10. **(FC01)** Filtros de combustible Nº 1.

1.11. **(FO01)** Filtros de aceite Nº 1.

1.12. **(FA01)** Filtros de aire Nº 1.

1.13. **(RE01)** Radiador Externo o Remoto Nº 1.

1.14. **(CO01)** Controles Nº 1.

1.15. **(DI01)** Distribución Nº 1.

2. (PGK02) PLANTA DE GENERACIÓN KOHLER N° 2:

2.1. **(MD02)** Motor Diesel Nº 2.

2.2. **(GE02)** Generador Nº 2.

2.3. **(AR02)** Arrancador Nº 2.

2.4. **(BT02)** Batería Nº 2.

2.5. **(CB02)** Cargador de Batería Nº 2.

2.6. **(TB02)** Turbo Nº 2.

2.7. **(SO02)** Solenoide Nº 2.

2.8. **(TC02)** Tanque de Combustible Nº 2.

2.9. **(FC02)** Filtros de combustible Nº 2.

2.10. **(FO02)** Filtros de aceite Nº 2.

2.11. **(FA02)** Filtros de aire Nº 2.

2.12. **(RE02)** Radiador Externo o Remoto Nº 2.

2.13. **(CO02)** Controles Nº 2.

2.14. **(DI02)** Distribución Nº 2.

3. **(SECH01) SUB ESTACIÓN CUTLER HAMMER Nº 1:**

3.1. **(TF01)** Transformador Nº 1.

3.2. **(BC01)** Banco de Condensadores Nº 1.

3.3. **(TE01)** Transferencias Eléctricas Nº 1.

3.4. **(TA01)** Tableros Nº 1.

3.5. **(IN01)** Interruptores Nº 1.

4. **(CRB01) CHILLER BOHN Nº 1:**

4.1 **(CP01)** Compresores Nº 1.

4.2 **(PC01)** Panel de Control Nº 1.

4.3 **(CD01)** Condensador Nº 1.

4.4 **(BA01)** Bombas de Agua Nº 1.

2.10 ELABORACIÓN DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (LISTADO DE TAREAS)

Dentro del procedimiento seguido en la elaboración del P.M.P., se llega a la parte donde se documentan las tareas que han sido diseñadas. Este documento se conocerá de ahora en adelante como "Listado de tareas".

Esta fase del programa se inició desde el principio de la práctica de especialidad, primero con el estudio de los manuales del usuario que facilitaron la base de las tareas para cada unidad, en su sección de inspecciones recomendadas. Luego se continuó con el diseño de los documentos que eran necesarios para la gestión de mantenimiento, entre ellos los formatos para el listado de tareas, que es el documento principal de esta sección, sin dejar de lado el documento de tareas por unidad.

Por último al tener las posibles tareas y el formato de los documentos que se emplearían, se procedió a buscar información adicional para posteriormente abastecer el sistema de información.

El diseño del documento denominado Listado de tareas, se hizo con anterioridad, en la sección 2.5 (Formación de archivo técnico), en la cual se presentan sus campos y lo que cada uno de ellos contiene.

2.10.1 DEFINICIONES TEÓRICAS NECESARIAS PARA COMPRENDER EL FUNCIONAMIENTO DE LOS CHILLERS

Para realizar este proyecto, fue necesario recurrir a bibliografía en el campo de la refrigeración y el aire acondicionado, por cuanto la primera parte del mismo es una documentación general del funcionamiento de las Plantas de Enfriamiento (Chillers), el cual es básicamente una combinación de los dos campos de estudio en que se entrará.

Las inspecciones correspondientes al Programa de Mantenimiento Preventivo (PMP), que se le hará los Chillers, serán tomadas de los manuales de funcionamiento de los mismos, complementándolo con los conocimientos adquiridos en este campo por parte de los técnicos y mecánicos que están en contacto con los mismos y otro tipo de investigaciones hechas por el practicante.

El diseño de la documentación del PMP, estará basado en lo aprendido en los cursos de Administración del Mantenimiento, complementándolo con bibliografía relacionada.

El desarrollo, inicialmente consistirá (como anteriormente se denotaba), en una documentación general del funcionamiento de los respectivos equipos Chiller.

La refrigeración, conocida comúnmente como un proceso de enfriamiento, se define más correctamente como la remoción de calor de una sustancia para llevarla a mantenerla a una temperatura convenientemente baja, inferior a la temperatura ambiente. El método más extensamente usado para producir la refrigeración mecánica se conoce como el sistema de compresión de vapor. En este sistema, un refrigerante líquido volátil se evapora en un evaporador; este proceso da por resultado una remoción de calor (enfriamiento) de la sustancia que se debe enfriar.

Se requiere de un compresor y un condensador a fin de mantener el proceso de refrigeración para su reutilización. Otro método ampliamente usado, se conoce como el sistema de refrigeración por absorción. En este proceso, el refrigerante se evapora (como en el sistema de compresión de vapor), pero la evaporación se mantiene absorbiendo el refrigerante en otro fluido.

Los principales componentes del equipo de refrigeración por compresión de vapor son: evaporador, condensador, compresor y el dispositivo de expansión. El equipo puede estar constituido por componentes separados, o puede ser de tipo integral (llamado también autónomo). El equipo integral se ensambla en la fábrica, como lo es el refrigerador doméstico.

Entre los equipos que utilizan los principios de la refrigeración, están las plantas de enfriamiento (Chillers), las cuales enfrían aire (aire acondicionado), para proporcionar confort.

El aire acondicionado incluye el calentamiento, enfriamiento, humidificación, deshumidificación y limpieza (filtración) del aire en ambientes interiores.

La principal función del compresor de refrigeración, es aumentar la presión a la cual el gas puede ser condensado. Sabemos que la presión debe aumentarse hasta alcanzar la presión de saturación correspondiente a la temperatura de condensación.

La función principal del compresor (el aumento de presión) produce algunas funciones secundarias, si bien son necesarias. La elevada presión de descarga proporciona la energía necesaria para hacer que el refrigerante circule a través de la tubería del equipo venciendo la resistencia de fricción. Además, el gran diferencial de presión creado motiva la expansión súbita del dispositivo de control de flujo, causando una caída de temperatura.

La transferencia de calor constituye un proceso esencial en la refrigeración. El objetivo del evaporador es transferir calor desde el medio que se desea enfriar, al fluido refrigerante. El aire y el agua son los medio que comúnmente se enfrían con los evaporadores. En los evaporadores más comunes, el refrigerante fluye por los tubos, mientras que el agua que se desea enfriar fluye por el exterior de los mismos. A estos tubos, construidos a menudo en forma de serpentines, se les llama la superficie de transferencia de calor.

El tipo de evaporador conocido como enfriador de líquidos se utiliza para enfriar agua u otros líquidos.

Este tipo de evaporador es el que utilizan las Plantas de Enfriamiento (Chillers) del hotel. Pueden ser de tipo de expansión seca o de tipo inundado. Entre ellos se incluyen los enfriadores de casco y tubos, casco y serpentín, de doble tubería y Baudelot. Sus diferencias son estrictamente constructivas, según sea el caso.

El evaporador de los Chillers es específicamente de casco y tubos tipo inundado, que consiste en un haz de tubos rectos, dentro de un casco cilíndrico.

Los tubos individuales se apoyan en unas placas ubicadas en ambos extremos, y a veces también en el centro.

Los extremos del casco, conocidos como cabezales, pueden formar una pieza integral con el casco o pueden removerse en el caso de utilizarse una construcción de bridas con tornillos. Los tubos se fabrican de materiales no ferrosos cuando se utilizan con refrigerantes de fluorocarbono. Se usa de tubería de cobre para el caso que se desea enfriar agua.

El objeto del condensador en el sistema de refrigeración es remover el calor del vapor refrigerante que sale del compresor, de manera que el refrigerante se condense a su estado líquido. Entonces será éste capaz de lograr un efecto de refrigeración por evaporación.

El condensador es un intercambiador de calor, lo mismo que el evaporador. En el condensador, el calor se transfiere del refrigerante a un medio de enfriamiento, ya sea el aire o el agua. Como sucede en cualquier transferencia de calor, el medio enfriador debe estar a una temperatura más baja que el refrigerante.

El refrigerante siempre sale del compresor a una temperatura muy superior a su temperatura de saturación (de condensación); esto es, se halla sobrecalentado.

En la primera parte del condensador tiene lugar la remoción del calor sensible (el vapor se enfría hasta su temperatura de saturación). A continuación, la remoción adicional del calor condensa gradualmente el refrigerante (se remueve el calor lentamente). El tamaño del condensador puede ser justamente el adecuado, para que el refrigerante salga del condensador como un líquido saturado a su temperatura de condensación.

Sin embargo, en la mayoría de los casos, la superficie de transferencia de calor del condensador es suficiente para que el refrigerante líquido se sub enfríe por debajo de su temperatura de saturación, antes de salir del condensador. El calor removido se llama calor de rechazo.

En vista, que de acuerdo al tipo de Sistema Chiller que se llegue a escoger, cabe la posibilidad de tener condensadores enfriados por agua, en los edificios de la Central de San José del I.C.E. Telecomunicaciones.

Procederé a hablar un poco de este tipo de condensador. Los tipos de condensadores enfriados por agua se clasifican según su construcción: de doble tubo, de casco y serpentín, de casco y tubos verticales, y de casco y tubos horizontales.

Como los equipos Chillers sugeridos en el capítulo uno, que tienen condensador enfriado por agua son del tipo horizontal de casco y tubos (cooler), el cual tiene una construcción semejante al evaporador de casco y tubos. Consiste de haces de tubos rectos contenidos dentro de un casco. El agua de enfriamiento fluye por los tubos. El gas refrigerante entra por la parte superior del casco. A medida que se condensa, desciende por gravedad al fondo, en donde está la salida.

Los tubos se apoyan en unas placas verticales ubicadas en ambos extremos. Los cabezales del casco, llamados cajas de agua, se pueden obtener con separadores, de manera que sea posible seleccionar diferentes disposiciones de pasos de agua. Esto permite que el agua tenga altas velocidades para un flujo determinado, a fin de aumentar la transferencia de calor.

Los cabezales de las cajas de agua son removibles, de manera que los tubos puedan limpiarse mecánicamente. Esta es una característica importante y deseable del condensador de casco y tubos. Puede obtenerse con capacidades desde aproximadamente 5 hasta miles de toneladas de refrigeración.

La disposición muy cercana de los tubos da por resultado una gran capacidad en equipos físicamente compactos. El fondo del casco sirve de almacenamiento para el refrigerante líquido, de manera que no se requiere un recibidor, a menos que se necesite con otros fines.

Por último, si consideramos la posibilidad de condensadores enfriados por agua, hay que tomar en cuenta que estos requieren de una torre de enfriamiento, la cual es: Una torre de enfriamiento es una estructura cerrada, diseñada para enfriar agua por evaporación, de una manera controlada y eficiente.

Los diseños de las torres se orientan hacia la división del agua en gotas, aumentando de esta manera el área de superficie para la evaporación, en una estructura tan pequeña como sea posible.

Los Chillers por adquirirse están manejados por un control inteligente, el cual estará conectado a una computadora ubicada en el edificio que le transmitirá a su vez a una computadora, en el Departamento de Ingeniería y Electromecánica en la Central Norte del I.C.E. Telecomunicaciones, lugar donde controlan la posición de la válvula slide, (que se describirá posteriormente), para que salga más o menos agua refrigerada hacia las unidades de aire acondicionado (manejadoras) de los diferentes recintos de los pisos de ambos edificios en cuestión.

La válvula slide que se mencionó anteriormente es uno de los elementos más importantes de los sistemas Chillers, ya que con ella se regula la cantidad de agua fría que sale de los Chillers hacia los distintos pisos de la Central, su apertura es regulada por una resistencia variable (potenciómetro), que según su regulación, está con mayor o menor porcentaje de apertura.

La lubricación es otro aspecto de importancia y del que hay que hacer mención, en el compresor es de suma importancia para el mismo, de tal forma que el compresor del Chiller se auto lubrica, teniendo su propia bomba de lubricante, por medio de un sistema de cabeza presurizada, en conjunto con el separador de aceite.

Además de los componentes que conforman un sistema Chiller, es importante conocer ciertos términos, referentes a su operación o a las condiciones a las que deben estar sometidos estos equipos.

Masa (m): Es la cantidad de materia que contiene un cuerpo. Sus unidades en el Sistema Inglés (US) es la libra (lb.), y en el Sistema Internacional (SI) es el kilogramo (Kg.).

Fuerza: Es el empuje o atracción que un cuerpo ejerce sobre otro. La unidad US de fuerza es la libra fuerza (lbf), y en el sistema SI es el Newton (N).

Peso (w): El peso de un cuerpo es la fuerza ejercida sobre el mismo por la atracción gravitacional de la tierra. Esto es, el peso es una fuerza, y no una masa.

Densidad (d): Es la masa por unidad de volumen de una sustancia.

Volumen específico (v): Es el volumen por unidad de masa de una sustancia.

Presión (p): Se define como la fuerza (F) ejercida por unidad de área (A) Presión absoluta, manométrica y de vacío: Un espacio del que se ha evacuado todo el gas o líquido (un vacío total) tiene presión cero. La presión ejercida por un fluido por encima del valor cero se conoce como su presión absoluta (P_{abs}). El aire atmosférico sobre la Tierra ejerce presión (P_{atm}) a causa de su peso.

Trabajo: Es el efecto creado por una fuerza cuando mueve a un cuerpo, su unidad en el SI es el Joule (J), que es el trabajo realizado por una fuerza de un Newton en una distancia de un metro 1J = 1 N·m.

Potencia: Es la rapidez con la que se realiza el trabajo, su unidad en el SI el kilowatt (kW), que es semejante a un joule por segundo. Otras unidades utilizadas son los caballos de fuerza (hp).

Energía: La energía es un concepto bastante abstracto, pero básicamente se puede definir como la capacidad para efectuar un trabajo. Existe energía almacenada y energía de transferencia.

Calor (Q): Se puede definir como la forma de energía que es transferido de un cuerpo a otro debido a una diferencia en la temperatura. La unidad de calor en US es el BTU, que lo podemos definir como la cantidad necesaria de calor para elevar la temperatura de una libra de agua, de un grado Fahrenheit.

Temperatura: Es la manera de denotar el grado de calor que posee un cuerpo.

Entalpía (H): Es la energía almacenada por la temperatura y la presión.

Condensación: Es el cambio de estado de la materia de gaseoso a líquido.

Calor sensible: Cuando el calor agregado o extraído de una sustancia resulta en un cambio de temperatura y ningún cambio de estado, se tiene entonces que el cambio de entalpía en la sustancia se le llama cambio de calor sensible.

Calor latente: Es el aumento de entalpía, al efectuarse el cambio de líquido a vapor.

Transferencia de calor: Es el estudio de la manera como fluye el calor. Existen tres tipos de transferencia de calor.

Transferencia por conducción: El calor se transfiere a través de una sustancia, sin que exista ningún movimiento de la misma. La energía se transfiere internamente mediante el movimiento de las moléculas.

Transferencia por convección: El calor se transfiere mediante el movimiento de un fluido, ya sea un líquido o un gas.

Transferencia por radiación: Es la forma de transferencia de calor entre los objetos, la cual tiene lugar a través del espacio mediante un movimiento ondulatorio, sin que se caliente el espacio intermedio, como lo es el caso de la radiación desde el Sol a la Tierra.

Sobrecalentamiento: Número de grados por encima de la temperatura de saturación del vapor sobrecalentado.

Entropía: Es una propiedad física de las sustancias, relacionada con la utilización y la conservación de la energía. Se define como la relación entre el calor agregado a una sustancia la temperatura a la cual se le agrega, o sea es la medida de la energía que no está disponible para realizar trabajo.

Recibidor: Es un tanque utilizado para almacenar el exceso de carga del refrigerante que no está circulando en el sistema. Puede también servir para concentrar todo el refrigerante, de manera que se pueda remover cualquier parte o dispositivo del equipo para su reparación.

Calidad: Es el porcentaje de masa de vapor en una mezcla de líquido y vapor.

Línea de succión: Tubería que va del evaporador al compresor.

Línea de gas caliente o línea de descarga: Tubería entre el compresor y condensador.

Línea de condensado: Tubería que va del condensador al recibidor.

Línea de líquido: Tubería de entre el recibidor (o condensador si no se tiene el recibidor) y el dispositivo de control de flujo.

Viscosidad: Propiedad de los fluidos que presenta resistencia a un flujo.

2.10.2 REVISIONES DE OPERACIÓN DE RUTINA DE LAS PARTES QUE CONFORMAN EL SISTEMA CHILLER

Mediante el estudio de los Chillers, se refleja el funcionamiento de los mismos, que consiste principalmente en el enfriamiento de agua, la cual es enviada por bombeo a los distintos dispositivos de aire acondicionado ubicados en los diferentes recintos de ambos edificios, en donde se le extrae el frío al agua, que regresa la mayor parte a los Chillers para ser de nuevo aprovechada.

Una torre de enfriamiento enfría (valga la redundancia) el condensador, como se había descrito, y a la vez provee de agua al Chiller para conservar un equilibrio en la cantidad que se enfría, o bien, se usa aire forzado para el enfriamiento de los condensadores.

A continuación presento algunas sugerencias para el establecimiento de un programa de mantenimiento preventivo.

En este caso me refiero a la parte **BA01** (**B**ombas de **A**gua), debido a su importancia en el proceso de acondicionamiento de los recintos, en la operación del Chiller y de las manejadoras y de su influencia en el sistema hidráulico de agua fría y de retorno.

Recordándole a la persona que realice el P.M.P. además de utilizar los instrumentos adecuados y ajustarse al manual del P.M.P. utilizar la vista, el oído y el tacto para detectar problemas antes de que estos causen desperfectos en las bombas del Chiller.

Además hay que estar alerta en caso de que haya un rendimiento deficiente y ruidos no usuales, vibración o fugas. Vigilando atentamente y regularmente los manómetros del sistema hidráulico.

2.10.2.1. REVISIONES DIARIAS

Las siguientes circunstancias requieren, por lo general, una revisión diaria:

1. Filtro de succión: Verifique la diferencia en la presión entre log manómetros colocados a cada lado del filtro. Si la carda de presión aumenta, el filtro necesita limpieza.

2. Flujo de la bomba: Revise log medidores de presión de succión y de descarga para mantener el rendimiento de la bomba.

3. Fugas (escapes) por los Estoperos: Debe existir alguna fuga por los estoperos para mantenerlos lubricados y para prevenir que el aire exterior entre por el prensa estopas.

EI escape deberá ser de por lo menos veinte gotas por minuto, y si el fabricante lo recomienda todavía más. La falta de lubricación es la principal causa del deterioro de los empaques de los estoperos.

4. Presión del estopero: Si la bomba utiliza una fuente externa para lubricar el estopero, siga las recomendaciones del fabricante para obtener la presión correcta del sello. La presión excesiva puede acortar la vida útil de los sellos de los estoperos.

5. Temperatura de cojinetes: Los cojinetes que trabajan demasiado calientes se desgastan prematuramente y pueden causar daños en otros accesorios. Por otro lado, los cojinetes enfriados con líquidos no se deben enfriar demasiado, pues podría producir condensación y hacer que los cojinetes se oxidaran.

6. Revise la temperatura de los cojinetes: Con un pirómetro o termómetro. Muchos cojinetes de bombas funcionan normalmente entre 60° C (140º F) Y 66º C (150° F).

7. Revise los ruidos: Los ruidos ajenos a la operación normal de la bomba ya que estos suelen indicar cavitación, vibración excesiva; falla de log cojinetes u otros problemas que no deben ignorarse.

2.10.2.2. REVISIONES SEMANALES

Se recomienda en los sitios de operación deben realizarse semanalmente las siguientes verificaciones:

1. Rotación del eje (solo durante periodos de inactividad): Siempre que la bomba se pare durante un largo periodo, gire el eje manual mente una vuelta y cuarto para lubricar los cojinetes y prevenir que se trabe el eje.

2. Tubería auxiliar: Vea si hay fugas en las conexiones.

3. Vibración del eje y de los cojinetes: Use un medidor de vibración manual para medir la vibración de los cojinetes y del eje. La vibración no deberá exceder de 0.05 mm.

2.10.2.3. REVISIONES ADICIONALES

Existen otras condiciones de las bombas que necesitan atención periódicamente, algunas con mayor frecuencia:

1. Lubricación de cojinetes: Verifique el nivel y el estado del aceite en el caso de cojinetes lubricados con aceite, y cambie el aceite a intervalos fijos. También debe existir una frecuencia para aplicar grasa en los cojinetes lubricados con grasa.

2. Consumo de energía: Haga que la revisión del consumo de energía de la bomba sea parte de la rutina de operación. EI consumo excesivo de energía es un signo de que es necesario revisar la alineación de la bomba log cojinetes y otros accesorios.

3. Pernos de sujeción: Los pernos de sujeción de la bomba no necesitan ser revisados con frecuencia, aunque una verificación oportuna del ajuste puede prevenir la necesidad de darle mantenimiento a la bomba como resultado de una vibración innecesaria.

4. Inspección interna: No abra una bomba sin necesidad. Y si la abre haga lo siguiente:

a. Revise todas las partes y reemplace las partes desgastadas.
b. Limpie e inspeccione la carcasa y asegúrese de que estén despejados los conductos del impulsor y los que alimentan de líquido al estopero.
c. Observe el impulsor y el anillo de desgaste en busca de desgaste, erosión, rebabas, que pudieran causar un desequilibrio, vibración y deterioro.
d. Si aparentemente existe un problema de abrasión, use una película de poliuretano para prolongar la vida útil del impulsor.
e. Observe el eje en busca de desgaste, daños o combaduras. EI eje debe estar justa dentro de 0.025 mm. En caso de que el eje muestre signos de daño o deterioro, reemplácelo.

2.10.2.4. PROCEDIMIENTOS APROPIADOS

EI detener una bomba implica mucho más que desconectarla. AI igual que en el arranque, el paro de una bomba requiere de una rutina:

1. Cierre la válvula de descarga para proteger la bomba del flujo en reversa y de la contra presión excesiva. No debe permitirse que la bomba opere con la válvula de descarga cerrada durante más de un tiempo mínimo. La bomba debe detenerse tan pronto como se cierre la válvula de descarga.
2. Si los empaques o sellos son lubricados externamente, la lubricación no se debe detener antes de que la bomba se apague.
3. Apague la bomba.
4. Cierre la válvula de succión cuando la bomba vaya a permanecer apagada durante cierto tiempo.

2.10.2.5. MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS BOMBAS

Aun bajo las circunstancias más favorables, una bomba tendrá que salir finalmente de servicio para permitir reemplazo de las partes desgastadas o averiadas. Esta sección describe los métodos estándar para reemplazar empaques y sellos y para alinear correctamente la bomba y el elemento accionador.

Antes de comenzar cualquiera de las siguientes rutinas de mantenimiento, lleve a cabo las practicas usuales para enclavar el equipo. Si es posible, traslade la bomba a un sitio limpio antes de abrirla. Evite abrir una bomba o reemplazar empaques, sellos o cojinetes en lugares expuestos al polvo u otros contaminantes. La contaminación es un factor primordial en daño prematuro de las bombas.

- **EMPAQUES**

El empaque debe ser reemplazado cuando ya no pueda controlarse una fuga excesiva par el estopero ajustando el prensa estopas. Reponga todos los empaques. No vuelva a insertar los empaques viejos, ni trate de controlar las fugas agregando anillos nuevas a los empaques desgastados. En la mayoría de las bombas, los empaques pueden ser reemplazados sin necesidad de abrir la bomba.

1. Saque el prensa estopas.

2. Use un gancho o extractor para sacar el empaque viejo y la jaula de sello, si se usa. Asegúrese de que se cambien todos log empaques viejos en ambos lados de la jaula de sello.

3. Limpie y observe el eje lo mejor posible. Si hay algún signo de desgaste, Cambie el eje.

4. Consulte las instrucciones del fabricante en cuanto al tipo de empaques y al número de anillos.

5. Si se emplean empaques enrollados, córtelos a la medida precisa. Puede haber una junta a inglete o a tope lo que es importante es que la junta quede bien ajustada.

6. Coloque los anillos de empaque cuidadosamente en el eje, uno por uno. Las juntas deberán estar dispuestas alternadamente 45º a la derecha e izquierda a partir del centro superior del eje, en tal forma que no estén en línea dos juntas adyacentes.

7. Si se emplea una jaula de sello, cerciórese de que este, alineado con la entrada del fluido al sello, de tal manera que el fluido pueda pasar libremente a través de la caja de empaques.

8. Cuando todos los anillos de empaque se hayan insertado, coloque el prensa estopas y ajuste sus tuercas. Luego aflójelas poco menos que el ajuste manual.

9. Arranque la bomba de acuerdo can el método descrito en el manual del fabricante.

10. Deje que la bomba funcione un par de horas antes de intentar controlar las fugas. Para que las fugas estén de acuerdo con lo recomendado par el fabricante, ajuste las tuercas del prensa estopas gradualmente y por pasos. Durante cada paso, gire las tuercas más a menos un cuarto de vuelta. Después, deje funcionar la bomba por lo menos quince minutos entre los ajustes para que responda al cambio. Si la fuga es inferior a la indicada en las recomendaciones del fabricante, la bomba deberá apagarse y enfriarse antes de aflojar el prensa estopas.

11. Para bombas con liquido de enfriamiento externo, la presión de inyección deberá ajustarse a medida que la fuga vaya siendo regulada.

SELLOS MECÁNICOS

Un sello mecánico con fugas deberá reemplazarse. Las precauciones contra la contaminación son aplicables particularmente a los sellos que son piezas de precisión que requieren un cuidado especial. Incluso el más pequeño rayón puede significar una fuga.

Existen tantos diseños de sellos que una sola rutina no alcanza a cubrir todas las combinaciones y disposiciones posibles. Los sellos mecánicos se deben instalar según las instrucciones del fabricante. Sin embargo, existen principios básicos que deben ser aplicados al reponer cualquier sello:

1. La bomba deberá trasladarse a una área limpia de trabajo.

2. Limpie el interior de la bomba e inspeccione en busca de desgaste o daños.

3. Si la bomba tiene una caja de empaques, límpiela totalmente.

4. Inspeccione el eje, el cuñero y la cuña, y el tornillo prisionero en busca de rebabas o ranuras.

5. Abra el paquete de sellos muy cuidadosamente y con las manos limpias. La suciedad y los rasguños inadvertidos en la superficie de un sello pueden arruinarlo. Inspeccione en busca de defectos, y si detecta o sospecha un defecto, devuelva el sello al fabricante. Si se cae un sello, no lo use a menos de que este total mente seguro de que no se haya dañado.

6. Lubrique ligeramente el anillo "O" interno, la cuña de teflón 0 los fuelles antes de instalarlos. EI lubricante debe ser compatible con el material del anillo "O".

7. Coloque el sello de reemplazo siguiendo las instrucciones del fabricante. Si el anillo debe fijarse, ponga especial atención al espacio entre las caras de los sellos. Un ajuste preciso es indispensable para evitar sellos demasiado apretados, que impidan la lubricación, o tan sueltos que permitan las fugas.

8. Ensamble la bomba nuevamente, y cerciórese de que tanto la bomba, como el elemento accionador, estén alineados.

9. Arranque la bomba de acuerdo con el procedimiento descrito por el fabricante.

10. Detecte las fugas. El sello podría presentar fugas un poco después de su instalación, pero sólo durante un corta tiempo. La continuación de las fugas podría indicar un sello defectuoso o una instalación inadecuada del mismo.

2.10.3 REVISIONES DE OPERACIÓN DE RUTINA DE LAS PARTES QUE CONFORMAN LA SUBESTACIÓN

Es por ello que en forma análoga a la sección anterior, daré unos aspectos de la inspección de una de las partes más importantes de la sub estación y por ende de las operaciones de las instalaciones de la Central de San José.

2.10.3.1 TRANSFORMADOR SECO

Los transformadores secos evitan los riesgos de incendio y contaminación presentes en los transformadores de aceite, por lo que su empleo es necesario en edificios de oficinas, hospitales, hoteles, centros comerciales, plantas con procesos industriales de la petroquímica o textiles, o con máquinas controladas con electrónica, y siempre donde se instalen transformadores cerca de donde laboran o conviven las personas.

Y por ende con más razón en las instalaciones de la central de telecomunicaciones y manejo de información del I.C.E. Telecomunicaciones en la Avenida segunda. Recordando que estos transformadores tienen las siguientes características:

- Anticontaminantes. No contaminan el medio ambiente, no hay posibilidad de derrames de líquidos, no requieren drenaje para aceite, ni sistemas costosos contra incendio.
- Resistentes al fuego. Se fabrican con aislamientos clase "B", "F" y "H" del tipo "mylar" y "nomex", materiales que pueden trabajar con temperaturas de 150 y 220°C respectivamente, que son autoextinguibles, no propagan la flama y no son explosivos.
- La prueba del megger. Estos aislamientos no absorben humedad, por lo que los transformadores secos conservan permanentemente una alta resistencia óhmica, aun en medios ambientes extremadamente húmedos, y conservan siempre sus excelentes características dieléctricas.

- Ciclos de trabajo duros. Tienen una alta resistencia a los cortos circuitos y resisten severos ciclos de trabajo y las sobrecargas normales.
- Silencioso. El transformador seco trabaja cerca de las personas, por lo que su nivel de ruido debe estar debajo de los 46 - 60 dB según su capacidad.
- Mantenimiento mínimo. Olvídese del filtrado anual del aceite o de limpiar las fugas. El mantenimiento de los transformadores secos es mínimo.

2.10.3.2 CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN ESPECIALES

- Núcleo. Se fabrica con lámina de acero al silicio, grano orientado, rolada en frío, de alta permeabilidad magnética, calidad M4 es trabajado a bajas densidades de flujo para proporcionar bajas pérdidas y mínima corriente de excitación.
- Bobinas. Devanadas con alambre magneto de cobre con doble aislamiento de esmalte grado 200, o alambre rectangular con doble forro de vidrio, y se emplean únicamente productos de marca reconocida.
- Aislamientos. Entre devanados y entre capas se colocan aislamientos de "mylar" clase 150° y "nomex" clase 220° de acuerdo con su clase de aislamiento. Estos materiales no absorben humedad, no propagan las flamas y garantizan permanentemente una resistencia de aislamiento entre devanados y al núcleo mayor a los 2000 megohmios.
- Temperatura. Elevación de temperatura en los devanados:
  - Aislamientos clase "B", elevación 80° C, máxima 130° C, aislamientos tipo mylar.
  - Aislamientos clase "H", elevación 150° C, máxima 200° C, aislamientos tipo nomex.
- Barnizado. Impregnación del transformador ensamblado con núcleo y bobinas, en baño de barniz por 24 horas, asegurando operación silenciosa; mejora el aislamiento entre espiras y capas y protegen al núcleo magnético de la humedad.
- Conexiones. Terminales de tablilla de conexiones tipo "kulka" o clema, tornillos de latón o solera de cobre, según su capacidad; colocadas sobre tablillas de celorón o epoxy en la parte superior del transformador.

- Gabinete. Se pueden surtir con gabinetes tipos NEMA 1 servicio interior, NEMA 3 a prueba de lluvia o NEMA 12 a prueba de polvo; fabricado con lámina de acero y acabado con premier y pintura acrílica color gris ANSI 61 (beige); o, si así lo prefiere sin gabinete.
- Placa de datos. Al transformador se le fija, en una parte visible, una placa de datos grabada en papel plastificado para servicio interior, y de aluminio grabada para servicio a la intemperie, con una identificación clara de terminales, devanados y voltajes que permita una conexión segura.
- Pruebas. A cada transformador se le efectúan las pruebas de rutina que aseguren el cumplimiento de los requisitos del cliente y se entrega un reporte de pruebas:

a. Relación de vueltas y polaridad de las conexiones.

b. Pérdidas del núcleo y corriente de excitación en vacío.

c. Pérdidas del cobre y cálculo del tanto por ciento de impedancia.

d. Tensión aplicada al devanado de alto voltaje durante un minuto.

e. Tensión aplicada al devanado de bajo voltaje durante un minuto.

f. Tensión inducida en el devanado primario al doble de su voltaje nominal.

g. Resistencia de los aislamientos con megohmetro.

Relaciones de transformación y capacidades. Los transformadores secos se pueden fabricar con tensiones en el devanado primario o de entrada en el rango de 110 hasta 34500 voltios. En el devanado secundario se pueden suministrar tensiones como 220, 380, 440, 480 y 600 voltios. Las derivaciones en el devanado primario preferentemente son de 2.5% cada una, dos arriba y dos debajo de la tensión nominal; en transformadores de 225 KVA y superiores y tensiones bajas. El paso de las derivaciones puede ser 3, 4 ó 5% de acuerdo con los voltios por espiral disponibles.

2.10.3.3 PRUEBAS DE TRANSFORMADORES

Dos de los factores más importantes en la confiabilidad de un transformador son los materiales aislantes y el fluido dieléctrico (comúnmente llamado aceite). Los materiales aislantes se encuentran en todos los estados de la materia, por ejemplo:

- ***LOS GASES AISLANTES***

Los gases aislantes más utilizados en los transformadores son el aire y el nitrógeno, este último a presiones de una atmósfera. Los transformadores que emplean los gases nombrados como parte de su aislamiento son, por lo general, de construcción sellada.

Recientemente se han desarrollado transformadores de alta capacidad aislados con SF6, los cuales aún se construyen sólo como prototipos. El SF6 se caracteriza por no ser inflamable ni contaminante. Este gas tiene menor capacidad de disipación de calor que el aceite mineral, situación que se puede mejorar aumentando la presión del SF6 en el tanque del transformador.

Los ensayos de aislación en transformadores y en general en cualquier equipo eléctrico, se realizan para verificar que el aislamiento tenga características óptimas ya sea en el proceso de fabricación, o bien, durante los períodos de mantenimiento del equipo, una vez que este ha entrado en servicio.

Los principales ensayos dieléctricos aplicables a transformadores son los siguientes:

a. Ensayos de impulso

b. Ensayos de alto potencial

c. Medición de la resistencia del aislamiento

d. Medición del factor de disipación y potencia en aislamiento y en bushings

e. Pruebas para verificar la calidad del aceite

f. Detección de gases disueltos en el aceite

g. Detección de descargas parciales en el aislamiento del transformador.

1. PRUEBA DE IMPULSO

Se realizan en laboratorio y son hechas por los fabricantes. Determinan si el aislamiento del transformador es capaz de soportar esfuerzos eléctricos relacionados con descargas atmosféricas y sobretensiones de maniobra. Se consigue aplicando a la aislación del transformador ondas de tensión de impulso normalizadas de alta tensión (cuya duración es del orden de los microsegundos) que tratan de simular los sobrevoltajes asociados con rayos o con interrupciones en el sistema eléctrico. Si la aislación del transformador no sufre ruptura luego de la ejecución de estos ensayos se dice que el equipo ha superado la prueba de impulso.

2. PRUEBA DE ALTO POTENCIAL

Consiste en la aplicación de tensiones, con frecuencia industrial y de magnitud superior a los valores nominales del transformador. Permiten verificar la condición del aislamiento en lo que respecta a su capacidad para soportar sobrevoltajes con frecuencia de operación, o con mayor frecuencia en el caso de la prueba de potencial inducido. Entre los ensayos de alto potencial se distinguen:

a. Ensayo de potencial aplicado.

b. Ensayo de potencial inducido.

El ensayo de potencial aplicado consiste en someter a la aislación del transformador a una sobretensión de frecuencia industrial (de valor normalizado) durante un minuto, y revisar el aislamiento entre los bobinados entre sí y con respecto a tierra. El ensayo de potencial inducido se lleva a cabo para verificar las condiciones del aislamiento entre vueltas en cada una de las bobinas y se realiza en frecuencias del orden de los 120 Hz para no saturar el núcleo del transformador.

3. MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO

La medición de la resistencia del aislamiento se lleva a cabo con un megger, que aplica tensión continua entre los bobinados, bobinados con respecto a tierra y con respecto al núcleo.

Por medio de las mediciones anteriores se obtienen los valores de la resistencia del aislamiento. Los valores típicos de resistencia del aislamiento entre bobinados y tierra, en un transformador de poder, es del orden de 400 Meghoms, y entre bobinados y núcleo, de 1000 Meghoms. La medición de resistencia de aislamiento con respecto al núcleo solo se realizará si este es accesible.

4. MEDICIÓN DEL FACTOR DE DISIPACIÓN Y POTENCIA (FACTORES DE PÉRDIDA)

El factor de disipación del aislamiento de un transformador se obtiene por lectura directa por medio de un puente capacitivo (puente de schering). Por su parte el factor de potencia se calcula a partir de los valores de factor de disipación obtenidos. Para el aislamiento general del transformador, el factor de disipación o tangente delta por lo general se mide utilizando el método de DOBLE que entrega directamente los valores de tangente delta y la capacidad (en Faradios) del aislamiento. Tanto el factor de disipación como el de potencia deben asumir valores bajos, pues representan pérdidas indeseables en la aislación que pueden diagnosticar presencia de cavidades en ésta, y por ende aparición de descargas parciales.

Para el caso de los bushings o bujes del transformador, la medición de los factores de pérdida se realiza empleando distintos métodos, cuya aplicación dependerá del tipo de bushing presente. Para bushings capacitivos se realiza la medición con puentes capacitivos entre el terminal del buje y el tap de voltaje. Para bushings no capacitivos, la medición de los factores de pérdida se lleva a cabo empleando el método del collar caliente.

5. PRUEBAS PARA LA VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL ACEITE

Estos ensayos están normalizados por la ASTM y se realizan tomando muestras del fluido para verificar las siguientes características del aceite:

- Rigidez dieléctrica en corriente alterna
- Rigidez ante impulso
- Color y apariencia
- Densidad
- Viscosidad
- Punto de fluidez
- Punto de inflamación
- Tensión interfacial
- Número de neutralización (acidez)
- Contenido de agua
- Estabilidad ante oxidación
- Contenido de inhibidores (aditivos)
- Tendencia a absorción de gases
- Factor de potencia y disipación
- Resistividad

De los anteriores, la Cooperativa Electrificadora Los Santos solo ejecuta la de rigidez dieléctrica y la de acidez. La más común es la de rigidez, que se lleva a cabo por medio de dos métodos: ASTM D 1816 (electrodos semiesféricos) y ASTM D 877 (electrodos de disco).

6. RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

Se utiliza para detectar la existencia de fallas en el devanado o falso contactos en conexiones y cambiadores de derivaciones.

Se aplica a todo tipo de transformadores de cualquier capacidad, para localizar fallas en el devanado, como corto circuito entre espiras, devanados a tierra, polaridad invertida y verificación de taps.

Utiliza un TTR para efectuar la prueba.

7. PRUEBA DE CORTO CIRCUITO

La prueba consiste en energizar intencionalmente el transformador hasta provocar un corto circuito. Luego se mide cada una de las variantes que se suceden en el interior del aparato, tales como corriente y voltaje. En total, se simulan seis cortos circuitos. Cada uno tiene una duración aproximada de 0,2 segundos y se dejan intervalos de 15 minutos entre ellos.

De esta manera se detecta si el transformador es capaz de soportar la alta carga de energía ocasionada por los cortocircuitos.

7. PRUEBA EN VACÍO

Es la comprobación de las tensiones en los devanados mediante un tester, previa conexión del primario a la red.

Esta prueba consiste en la determinación de las pérdidas en el hierro y de la corriente de vacío.

Para efectuarla se alimenta uno de los devanados con su tensión y frecuencia nominales. Conviene, en general, alimentarlo por el lado de la baja tensión y también por razones de seguridad, estando el otro devanado “a circuito abierto”. Se mide la corriente absorbida mediante tres amperímetros.

La potencia medida representa la suma de las pérdidas por resistencia debidas a la circulación de la corriente de vacío, las cuales son muy pequeñas y despreciables en la mayoría de los casos. Al efectuar esta medición el factor de potencia es bajísimo.

2.10.3.4 BÓVEDAS DE TRANSFORMADORES

- Edificios para uso residencial o comercial con una carga demandada superior a 50 KVA.

- Edificios con una área total de construcción mayor a 1500 metros cuadrados o que tenga tres o más pisos con una área total de construcción mayor a 750 metros cuadrados, independiente del monto de la potencia demandada.

- Para un área industrial consolidada, en proceso de desarrollo o nueva.

- Edificios para uso residencial o comercial con una potencia demandada superior 50 kVA.

- Edificios cuyo destino no este incluido en el inciso a del reglamento basado en norma técnica: Instalación y Equipamiento de Acometidas Eléctricas (La Gaceta 8 Enero 2002) y con una potencia demandada superior a 75 kVA.

¿Dónde ubicar las bóvedas? Las bóvedas deben ubicarse en espacios abiertos, en el primer piso del edificio o en el sótano y cerca de la vía publica, de manera tal que se permita su fácil acceso para mantenimiento, inspección y reemplazo de equipos.

En toda bóveda, los transformadores son utilizar serán preferiblemente del tipo seco.

2.10.3.5 REQUISITOS

- No debe construirse sobre, bajo o cerca de depósitos de agua o materiales inflamables y en ningún caso la distancia de separación debe ser inferior a 10 metros.

- Debe ubicarse preferentemente en el primer piso del edificio o en el sótano y lo más cerca posible de la vía pública.

- El acceso debe ser tal que facilite el mantenimiento, reemplazo e inspección de los transformadores.

- Debe tener una ubicación que facilite la circulación natural del aire dentro de ella. Por lo tanto, debe asegurarse que la entrada del aire se construya del lado en donde se recibe la corriente predominante del viento.

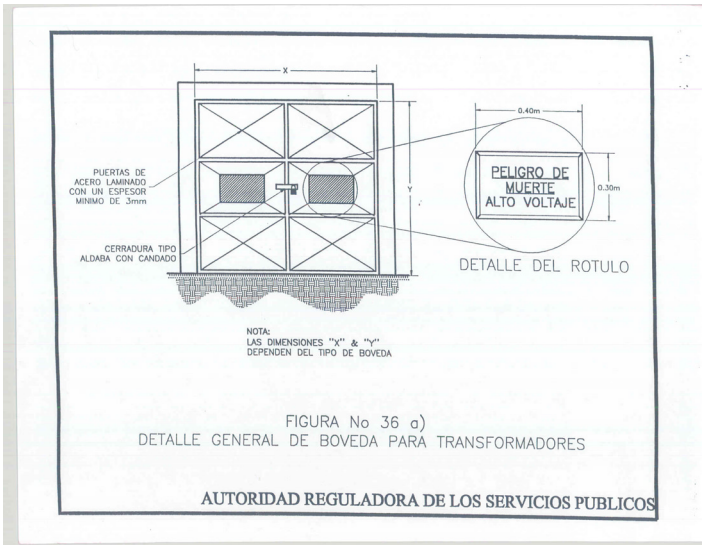


Figura N° 2 – 49 (Puerta de la bóveda de transformadores)

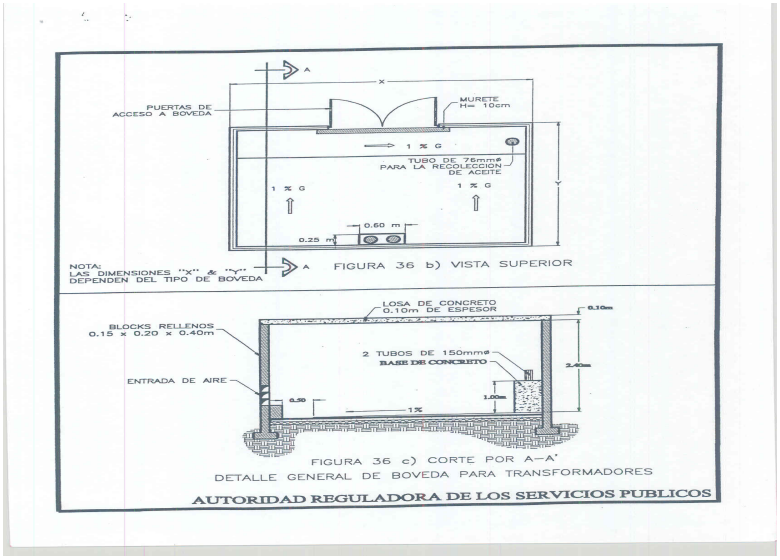


Figura N° 2 – 50 (Bóveda de transformadores)

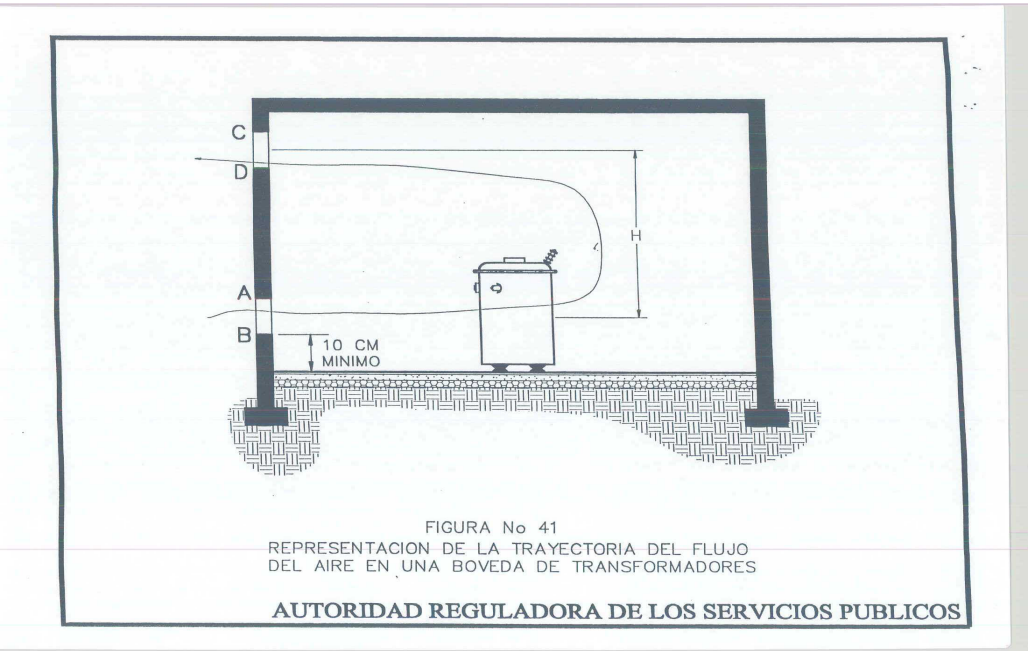


Figura N° 2 – 51 (Circulación de aire)

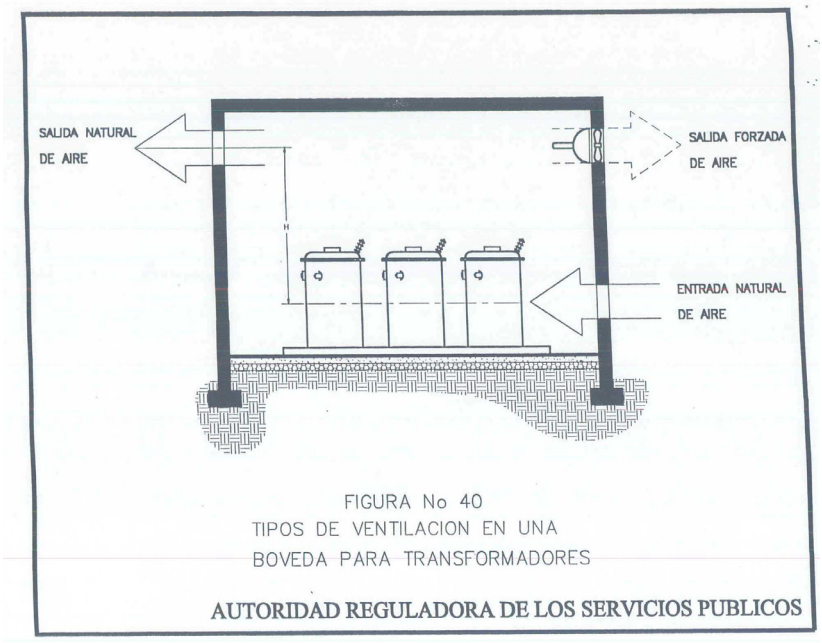


Figura N° 2 – 52: (Circulación de aire)

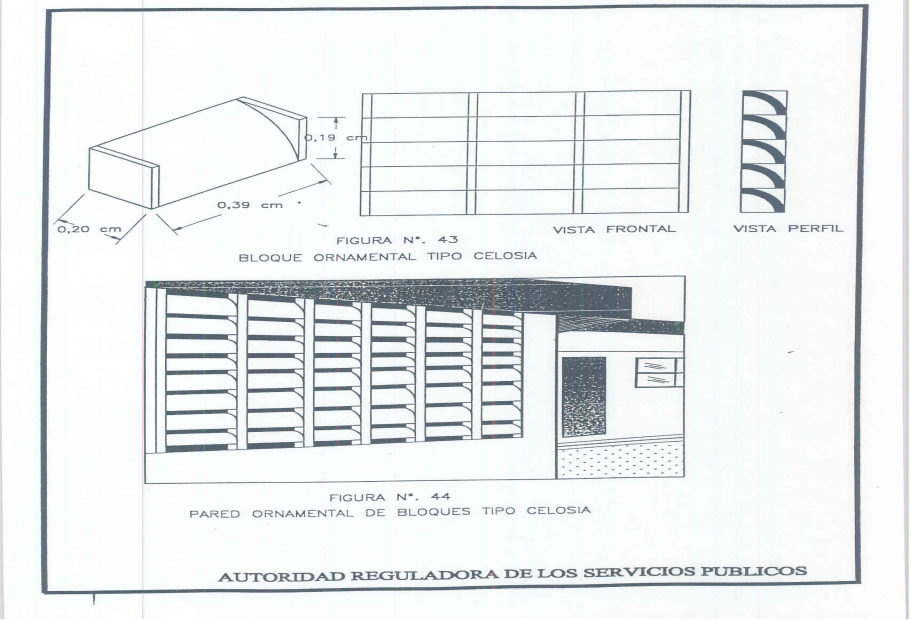


Figura N° 2 – 53: (Entradas de aire)

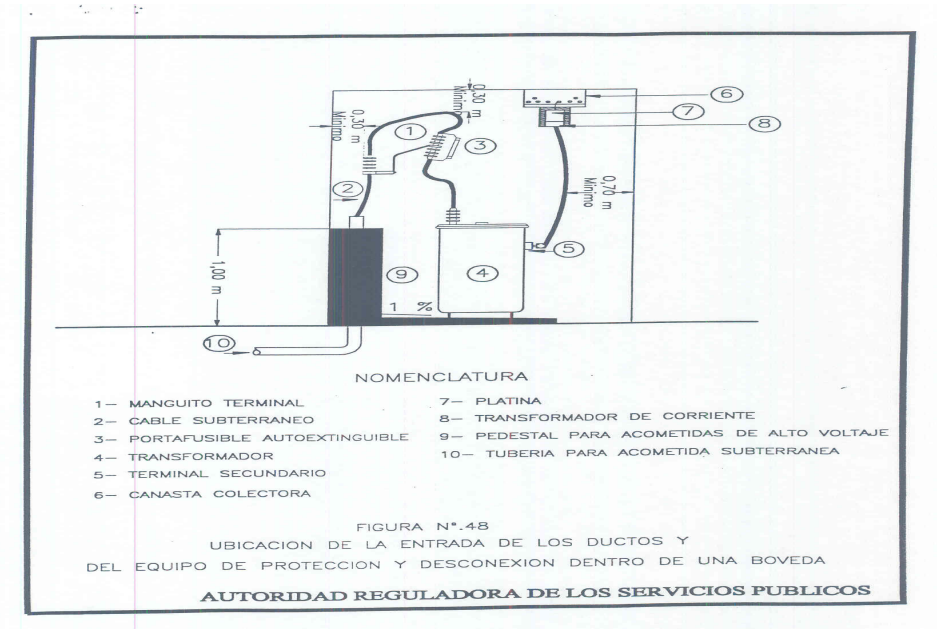


Figura N° 2 – 54: (Ductos y protecciones del transformador seco)

2.11 DETERMINACIÓN DE REPUESTOS REQUERIDOS PARA CADA TAREA

Inicialmente, la mayoría de las tareas estipuladas para los equipos seleccionados de la agencia de San José del I.C.E. Telecomunicaciones, no requieren de repuesto alguno, por lo que se ha decidido dejar esta sección del programa para más adelante, y definirse en el transcurso del mismo.

Se estima que no habrá grandes diferencias en cuanto al cálculo de los costos del PMP, puesto que de momento las tareas en su mayoría serán realizadas por los técnicos del las instalaciones.

Pensando que en un futuro por ampliación y remodelación de los equipos, será necesario incluir más personal para cubrir las necesidades de mantenimiento preventivo; suponiendo que se habrá capacitado a los ayudantes de mecánicos para que puedan efectuar esas tareas, lo que implica que el aumento de costos por razón de repuestos se verá compensado por la disminución en el pago de la mano de obra.

Por otra parte, se dificulta el cálculo de costos por repuestos en las condiciones actuales de la institución, ya que no se cuenta con un control definido del flujo de los mismos, como una base de datos digital, o documentación centralizada o descentralizada del departamento o de las instalaciones (no hay un área física o virtual de almacenamiento de datos.

Por lo que no se lleva un efectivo control de costos por repuestos a nivel contable debido a que éstos se manejan en la institución sólo para mantenimiento correctivo, o por sugerencia del técnico de mayor experiencia de las instalaciones; lo que hace que la compra de repuestos sea de forma esporádica y se dificulte así establecer un control de su rotación en la planta.

2.12 CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Al realizar el cálculo de la Disponibilidad de Mantenimiento Preventivo (D.M.P.), se tendrá una noción del tiempo total que se tiene por semana para realizar las inspecciones. En nuestro caso, se aplicará a los equipos seleccionados, tomando en cuenta su tipo y destinación por las actividades de la institución y de las instalaciones.

2.12.1. T.N.P. = TIEMPO DE NO PRODUCCIÓN

Este es un dato que se refiere a las horas o minutos por semana, que las máquinas se encuentran detenidas, según los horarios de trabajo.

Como cada una de las plantas de generación eléctrica, son de emergencia cuenta con un horario similar de trabajo; es decir, esté es sólo cuando hay una emergencia y es necesario su uso en tiempos de corte o falla del fluido eléctrico.

Recalcando que estos cortes o fallas en el flujo eléctrico son realmente escasos, y dependen únicamente si hay un fallo o corte a nivel nacional, ya que las líneas de alimentación de los edificios son líneas madres exclusivas, desde la planta de generación del I.C.E.

También hay que considerar que las actividades de las instalaciones, no son respectivamente de producción, sino de servicio en el manejo de las telecomunicaciones e información. Por lo que no se puede estimar el tiempo de no-producción como el tiempo que una máquina se encuentra detenida por semana, sino como el tiempo en que se esta fuera de línea o sin flujo de información, lo cual no se puede cuantificar en la forma necesaria para los cálculos de disponibilidad.

Si evaluamos los otros dos equipos, con ello me refiero a la sub estación y al Chiller, estos tienen la particularidad que no tienen tiempos de paro, debido a que por los requerimientos de los equipos de los diferentes recintos de los edificios, en

telecomunicaciones, deben de tener un flujo de corriente directa continua y de una ambientación y control de la temperatura y humedad constante. Entonces el tiempo de paro en estos equipos es nulo.

Evitando a igual que en las plantas de generación eléctrica, no se pueda establecer el T.N.P.

T.N.P. = ? o bien, T.N.P. = 0 min / sem

2.12.2. O.P.D. = OPERARIOS DISPONIBLES

En este caso para obtener el dato de operarios debo estimar la cantidad de operarios por especialidad, que eventualmente ejecutarán las inspecciones. Considerando que esta es una gran institución del estado, cuenta con un sin número de personal especializado en todas las áreas necesarias, tanto como empleados internos o externos.

Por lo que no hay un limitante en la capacidad de enfrentar cualquier programa de mantenimiento tanto preventivo, predectivo o correctivo referente a material humano.

Sin embargo enfocándonos propiamente a la situación de las instalaciones de la central de San José del I.C.E. Telecomunicaciones, hasta el momento se cuenta con dos técnicos, uno de los cuales está pronto a graduarse como ingeniero en electromecánica y además de un grupo de personal externo, que le da mantenimiento a los equipos de aire acondicionado contratados previamente por licitación, al adquirir los equipos actualmente instalados.

Tomando en cuenta lo ante dicho, resumiré que para fines de calculo se estima que hay disponibles dos personas (a conveniencia) para realizar el mantenimiento preventivo, entonces:

OPD = 2 Operarios

2.12.3. T.N.P.(E) = TIEMPO DE NO PRODUCCIÓN EQUIVALENTE

Como este tiempo de no-producción, es el resultado del calculo de rubros, no cuantificables, tal como hice mención en los apartados anteriores. Los cuales son el número de operarios asignados para trabajar en mantenimiento preventivo por el tiempo de no producción de cada equipo.

$$TNP(e) = T.N.P. \cdot O.P.D.$$

$$T.N.P.(e) = ? = 0 \text{ min / sem} \cdot 2 \text{ Operarios}$$

T.N.P.(e) = 0 (min-operario) / sem

2.12.4. T.O.T. = TIEMPO PARA OTROS TRABAJOS

En esta institución y por ende en estas instalaciones, como la operación de las actividades o servicios que brindan a todo el país, son durante las veinticuatro horas del día, durante toda la semana, todos los meses del año; es decir continua y constante.

El resto de los trabajos se realizan en el período normal de operación, en caso de requerir el tiempo de mantenimiento preventivo para otras labores, se podrían aprovechar los fines de semana en horas de poca demanda o manejo de información y transferencia, para reponer lo que se perdió o no se hizo entre semana.

T.O.T = 0 min / sem

2.12.5. D.M.P. = DISPONIBILIDAD DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Como se puede apreciar a continuación, mediante la fórmula el D.M.P. (disponibilidad de mantenimiento preventivo) es el resultado directo de la diferencia del T.N.P.(e) (tiempo de no producción equivalente) menos el T.O.T. (tiempo para otros trabajos).

Y como demostré anteriormente, estos dos rubros por las cualidades específicas de la institución y sus actividades, no pueden ser determinadas o calculadas mediante parámetros normales, o bien, previamente establecidos.

Es por ello que al efectuar el calculo del necesario en esta sección el resultado que obtenemos es:

D.M.P. = T.N.P.(e) – T.O.T

D.M.P. = ? (min-Operario) / sem – ? min / sem

D.M.P. = 0 (min-Operario) / sem – 0 min / sem

D.M.P. = ? min/sem = 0 min/sem

2.13 ELABORACIÓN DEL GANTT ANUAL

Mediante los pasos anteriores, y una vez calculada la D.M.P. se elabora el Gantt Anual y se determina si todas las inspecciones fueron programadas. Si existen inspecciones no programadas, estas se deben valorar y decidir si es necesario ejecutarlas o no.

Si se decide que es necesario ejecutarlas, se debe aumentar la DMP, incrementando alguno de los factores que intervienen en su cálculo y elaborar nuevamente el Gantt Anual. Este proceso de aumentar la D.M.P. elaborar el Gantt Anual y verificar si las inspecciones fueron programadas, se repetirá tantas veces como sea necesario, hasta que se programen todas las inspecciones que formando así el P.M.P. necesario para la culminación del proyecto.

Si tomamos en cuenta que el Gantt Anual es un cuadro que permite la distribución en el tiempo, de las inspecciones. Normalmente el Gantt Anual se divide en las 52 semanas del año.

Las inspecciones se programaran según su período, iniciando con las de período semanal y finalizando con las de período anual.

Ahora bien, como se analizó en las secciones anteriores, el cálculo del D.M.P. no fue posible por las condiciones propias de la institución del I.C.E. Telecomunicaciones. Sin embargo al contar con tantos equipos de tal importancia que requieren mantenimiento y un buen estado, así como de casi una disponibilidad constante, nos obliga a elaborar un Gantt para cada una de las unidades o equipos.

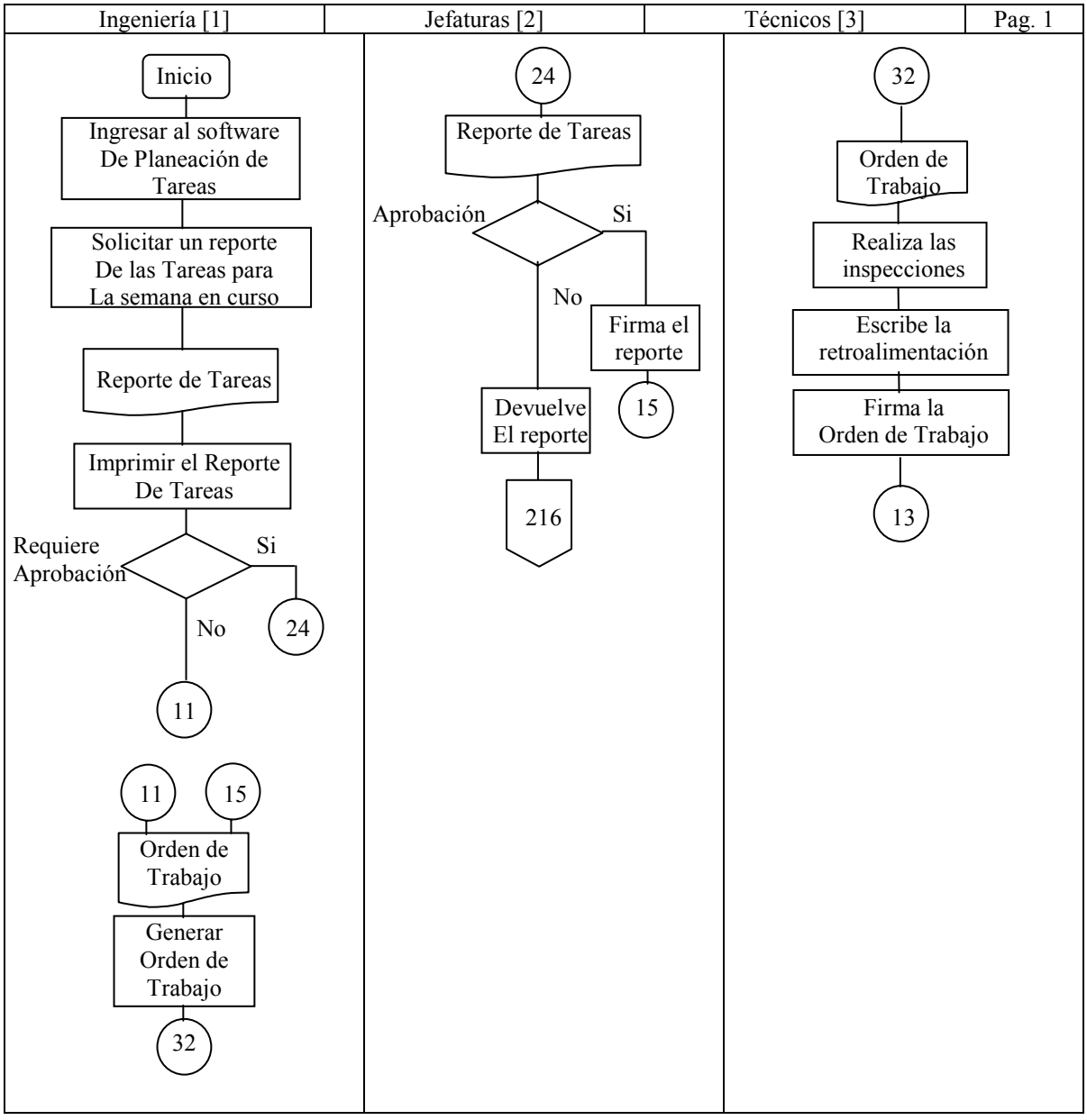
Debido a que las tareas destinadas al preventivo se vuelven repetitivas, y una misma tarea se debería registrar tantas veces como equipos análogos hallan. Si una de esas tareas tuviera una duración considerable y se programaran todas en la misma fecha, esto provocaría que el tiempo para la programación superara la disponibilidad de mantenimiento, pese a que no se pudo determinar y no se conoce su valor real; se sabe que existe como tal, por lo cual le causaría problemas al P.M.P.

Dada la circunstancia anterior, sería necesario elaborar un Gantt para cada equipo, de modo que las tareas se puedan distribuir a lo largo de todo el año, sin que coincidan en una misma fecha, todas aquellas que tengan mayor duración, y esto ayude a equilibrar los tiempos de programación.

Entendiendo esto, y por falta de recursos en los aspectos informativos para el diseño y programación de las actividades del P.M.P. en un Gantt Anual. Se entiende que hasta que se empiece con un proceso de gestión del mantenimiento en estas instalaciones, lo más similar que se podría realizar al Gantt, es una especie de cronograma de posibles actividades de mantenimiento preventivo, que no choquen entre si, y no entorpecerán las actividades propias de la institución.

2.14 ORGANIZACIÓN DE LAS TAREAS

Para estandarizar los procedimientos a la hora de ejecutar una inspección, desde la verificación de las tareas en el Gantt hasta la documentación de la retroalimentación, se establece un flujograma, el cual indica las personas involucradas y los respectivos pasos que deben seguir en dicho procedimiento.



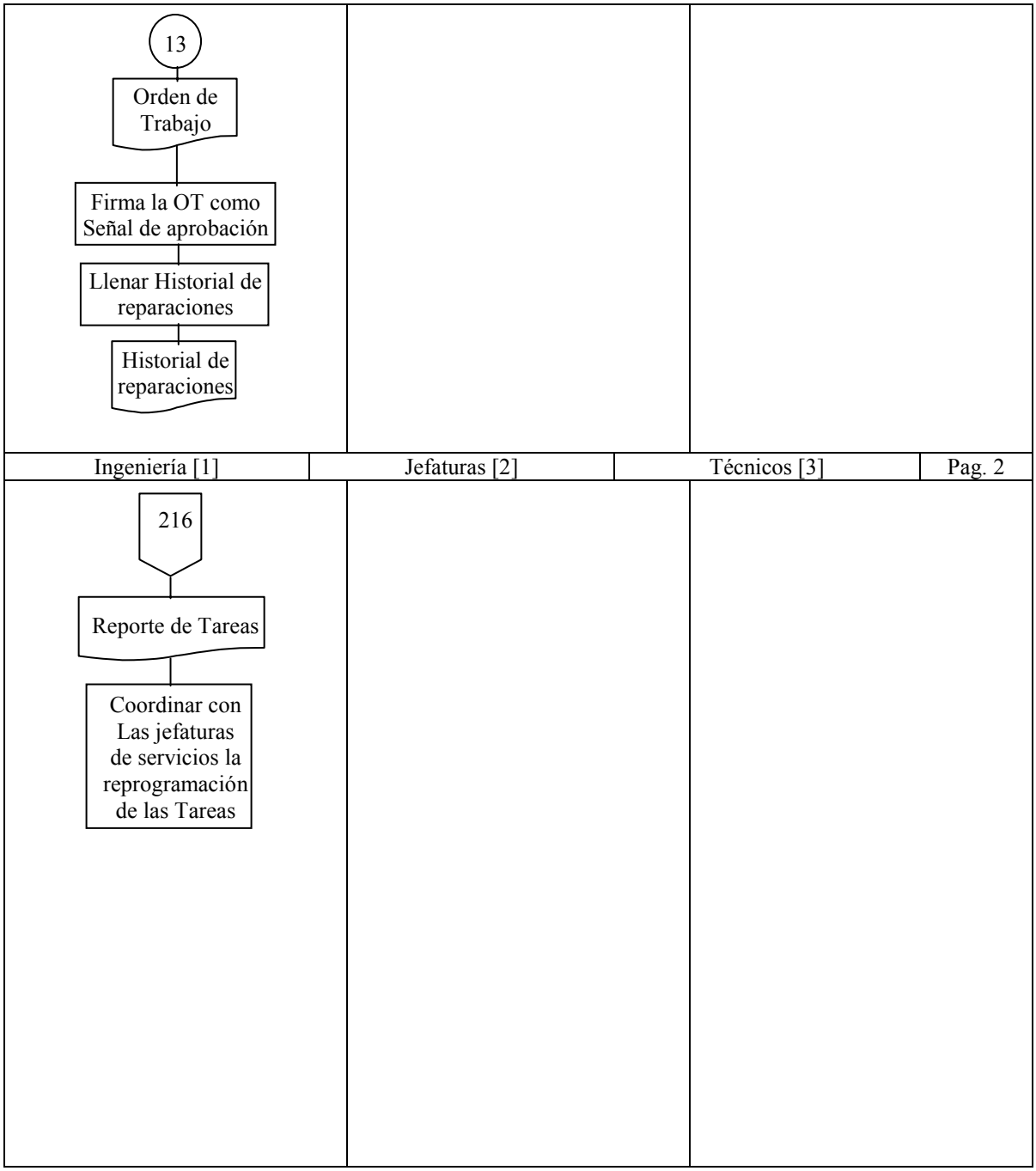


Figura N° 2 – 55: (Flujograma de actividades para el P.M.P.)

2.15 DEFINIR LA ESTRATEGIA DE MOTIVACIÓN

La estrategia de motivación es un punto del PMP que se ha decidido formular bajo la supervisión de la gerencia general de la empresa. Se ha planeado realizar una serie de reuniones que involucre al personal técnico, administrativo e ingenieril; para hacer un proceso de inducción por etapas, en el cual se les explique inicialmente los objetivos del programa de mantenimiento, luego se les capacite en el manejo de los documentos y por último se les haga entender a los mecánicos la importancia de presentar una retroalimentación escrita. Por parte de la gerencia quedaría la opción de definir si se les va a dar algún tipo de reconocimiento económico por el recargo de tareas.

2.16 CÁLCULO DEL COSTO TOTAL DEL P.M.P.

Por medio de este cálculo se tendrá una noción del costo del programa de mantenimiento preventivo, dicho costo se calcula por año y por tarea, una ves que se tienen los costos de todas las tareas se suman y dan el resultado del costo del PMP.

Nota: en teoría se debería incluir los costos por mano de obra y repuestos; pero en nuestro caso, al no tener de momento los repuestos respectivos de cada tarea se estimará solo la mano de obra aunque esta no se puede presumir con exactitud.

2.16.1. COSTO POR MANO DE OBRA

Para esto se hará utilizando como base una inspección a las bombas del Chiller, con fines de ejemplificación:

;en que:

CMO = Costo por mano de obra.
D = Duración de la Inspección.
F = Cuántas veces por año se realiza la inspección.
CHH = Costo de la Hora – Hombre.

$$\mathbf{CMO = D \cdot F \cdot CHH}$$

CMO = 20 min · 6 veces / año · 2 500/60 ¢/min

CMO = 5 000 ¢/año

2.16.2. COSTOS POR REPUESTOS

Recordando que para nuestro caso, este costo no existe por falta de compra de repuestos hasta la fecha.

CRE = Costos por Repuestos.
CRA = Cantidad de Repuestos por Año.
CUT = Costo Unitario.

$$\mathbf{CRE = CRA \cdot CUT}$$

CRE = 0 ¢/año

2.17 COSTO TOTAL DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Una vez que se calculan los costos por mano de obra y por repuestos de cada tarea se suman, y dan como resultado los costos totales por mano de obra y costos totales por repuestos.

; donde:

CTMP = Costo total del Programa de Mantenimiento Preventivo.

CTMO = Costo total por mano de obra

CTRE = Costo total por repuestos

$$CTMP = CTMO + CTRE$$

Hay que recordar que se cuenta con dos técnicos en las instalaciones de la central como personal fijo, ambos con mucha experiencia, pero con diferentes tiempos de laborar en esta empresa, uno ha trabajado cerca de 27 años y el otro apenas unos 9 años, esto implica una gran diferencia en los salarios. Los salarios de los mecánicos y los ayudantes se muestran en la siguiente tabla:

Tabla Nº 2-6 (Salarios de los mecánicos y sus ayudantes)

Trabajador:	Salario por hora (colones)
Técnico 1	2500 ¢/h
Técnico 2	1900
Mecánico	850 ¢/h
Ayudante	575 ¢/h

Primero se hizo un cálculo pensando en que todas las tareas de técnicos las realizara la persona de mayor tiempo laborado, formándose de esta forma una visión pesimista de los costos; luego se hizo un cálculo pensando en que todas las tareas de técnicos las realizara la persona de menor tiempo laborado, lo que refleja una visión optimista de los costos; al final se sacó un promedio de ambos para obtener una visión realista de la situación.

El resumen de estos cálculos se presenta en la siguiente tabla

Tabla Nº 2 – 7 (Estimación optimista, promedio y pesimista de los costos del P.M.P.)

Costo del Programa de Mantenimiento Preventivo.	
Estimación Pesimista- Promedio - Optimista	
Costo máximo del P.M.P	¢1 991 975,00
Costo promedio del P.M.P	¢1 829 105,00
Costo mínimo del P.M.P	¢1 666 235,00

2.18 INICIO DEL P.M.P.

Se espera iniciar con el Programa de Mantenimiento Preventivo en el mes de julio del próximo año, de 2003.

Ya que quedan varias secciones del P.M.P. incompletas o por realizar, debido a la falta de recursos o información; que se irán mejorando conforme se implemente y avance el programa.

Hay otras secciones no mencionadas que también son parte del programa de mantenimiento, tales como: el proceso de evaluación del programa, éste obviamente se realizará luego de un tiempo de estar funcionando el P.M.P.

También se debe considerar que se debe efectuar cosa básicas como la confección de la documentación, la adquisición del equipo de computo necesario para el desarrollo de la gestión de mantenimiento.

El comprar o desarrollar un software para el control del mantenimiento y sus actividades de la central de San José, así como de una base de datos e información de los equipos y demás.

2.19 CONCLUSIONES

- Los Programas de Mantenimiento Preventivo son flexibles, por lo cual están sujetos a cambios para mejorarlos.
- La programación de las inspecciones no va provocar el pare de los servicios de las instalaciones.
- El PMP requiere de un seguimiento detallado, la persona que lo implante debe velar por la realización de los trabajos y observar que se esté efectuando como indica el programa.
- La persona que implantará el PMP, debe analizar toda la información que resulte una vez realizadas las inspecciones, lo cual permitirá programar trabajos, ajustar frecuencias, tiempos y mejorar el programa.

BIBLIOGRAFÍA

- Brenes, Alban. ***"Los trabajos de graduación: Su elaboración y presentación en ciencias sociales".*** San José: UNED. 1987.
- Canter; Larry W. ***"Manual de evaluación de impacto ambiental".*** Segunda edición, Mc Graw Hill, España, 1999.
- Carrier. Co***. "Catálogo de Servicio de Chillers".*** 2000.
- Carrier Air Conditioning Corporation. ***"Manual de Aire Acondicionado".*** Marcombo Boixareu Editores, Barcelona, 1999.
- Çengel; Yunus A. & Boles; Michael A. ***"Termodinámica".*** Segunda edición, Mc Graw Hill, Colombia, 1996.
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. ***"Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones".*** San José, Costa Rica, Febrero 1996.
- Cummnins. Co***. "Catálogo de Servicio de Plantas de Generación Eléctrica".*** 1976.
- Dossat; Roy J. ***"Principios de Refrigeración".*** México : CECSA , 1997.
- Fernández C; Ing. Carlos. ***"Folleto: Hidráulica - Tuberías a presión".*** Departamento de Ingeniería en Construcción Civil. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, 2001.
- Incropera; Frank P. & De Witt; David P. ***"Fundamentos de Transferencia de Calor".*** Prentice Hall Hispanoamericana, México, 1996.
- Instituto Tecnológico de Costa Rica. ***"Normas de presentación de los trabajos finales de graduación del I.T.C.R. en formato digital".*** Cartago, Costa Rica, 2002.
- JACUZZI. ***"Professional Water Systems Products".*** 1999.
- Kohler. Co***. "Catálogo de Servicio de Plantas de Generación Eléctrica".*** 1992.

- Lebas; Pierre. "***Gestión de Stocks y Organización de Almacenes".*** Editorial Deusto, Madrid, España, 1982.
- Mataix; Claudio. ***"Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas".*** México: HARLA, 1982.
- Mott; Robert L. ***"Mecánica de Fluidos Aplicada".*** Cuarta edición, Prentice Hall Hispanoamericana, México, 1996.
- Moya; Javier. "***Investigación de Operaciones Editorial UNED".*** San José, Costa Rica, 1991
- Pita; Edward G. ***"Acondicionamiento de Aire, Principios y Sistemas".*** Segunda edición Editorial Limusa, México, 1999.
- Pita; Edward G. ***"Principios y Sistemas de Refrigeración".*** Tercera edición, Editorial Limusa, México, 1995
- Plásticos para la Construcción. S.A. (P.P.C.) ***"Catálogo de Tuberías y Accesorios"***
- Rojas Vargas; Ing. Juan. ***"Folleto: Bombas centrífugas y desplazamiento positivo".*** Escuela de Ingeniería Electromecánica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, 2001.Rojas, Juan. Folleto: Cálculo de tuberías para aire comprimido, 2 001.
- Rojas Vargas; Ing. Juan. ***"Folleto: Curvas Características de Bombas".*** Escuela de Ingeniería Electromecánica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, 2001.
- Rojas Vargas; Ing. Juan. ***"Folleto: Instructivo Laboratorio de Turbomáquinas".*** Escuela de Ingeniería Electromecánica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, 2001.Rojas, Juan. Folleto: Cálculo de tuberías para aire comprimido, 2 001.
- Rojas Vargas; Ing. Juan. ***"Folleto: Instructivo Laboratorio de Mecánica de Fluidos".*** Escuela de Ingeniería Electromecánica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, 2000.
- Rojas Vargas; Ing. Juan. ***"Folleto: Mantenimiento de Bombas Centrifugas".*** Escuela de Ingeniería Electromecánica. Instituto Tecnológico de Costa Rica,

Cartago, 2001.Rojas, Juan. Folleto: Cálculo de tuberías para aire comprimido, 2001.

- Rojas Vargas; Ing. Juan. ***"Folleto: Principios de Mecánica de Fluidos".*** Escuela de Ingeniería Electromecánica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, 2001.
- Rojas Vargas; Ing. Juan. ***"Folleto: Tuberías y Accesorios".*** Escuela de Ingeniería Electromecánica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, 2001.Rojas, Juan. Folleto: Cálculo de tuberías para aire comprimido, 2 001.
- Rojas Vargas; Ing. Juan. ***"Folleto: Válvulas Automáticas".*** Escuela de Ingeniería Electromecánica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, 2001.Rojas, Juan. Folleto: Cálculo de tuberías para aire comprimido, 2 001.
- Rojas Vargas; Ing. Juan. ***"Folleto: Válvulas Manuales".*** Escuela de Ingeniería Electromecánica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, 2001.Rojas, Juan. Folleto: Cálculo de tuberías para aire comprimido, 2 001.
- Valverde Vega; Ing. Jorge. ***"Administración de Bodegas".*** Escuela de Ingeniería Electromecánica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, 1999.
- Valverde Vega; Ing. Jorge. ***"Curso: Administración de Mantenimiento I".*** Editorial Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 2000.
- Streeter, Victor. ***"Mecánica de Fluidos".*** Segunda edición, Mc Graw Hill, México, 1999.
- Walpole, R; Myers, R. "***Probabilidad y Estadística".*** Cuarta Edición, Mc Graw-Hill Interamericana, 1992.

FUENTES O REFERENCIAS DE INTERNET:

- http://www.tm2000.com.mx/secos.htm
- http://infocom.ice.go.cr/default.htm
- http://sibdi.bldt.ucr.ac.cr/
- http://www.itcr.ac.cr/
- http://www.bibliodigital.biblioteca.itcr.ac.cr/TesisMI/
- http://www.manufacturingtalk.com/
- http://www.engineeringtalk.com/
- http://www.superpagescr.com/index.phtml
- http://www.carrier.com/
- http://www.lafacu.com/
- http://www.registronacional.go.cr.url
- http://www.imn.ac.cr/
- http://www.nacion.co.cr/
- http://www.imn.ac.cr/educa/clima/clima%20en%20costa%20rica.htm#central

ANEXOS:

Tabla N° A6 – 1. (Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento para calcular cargas debidas a techos planos)

Techo No.	Descripción de la construcción	Hora Peso, lb/ft²	Valor de U, BTU/h Ft²·°F	Hora solar, h 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
				Sin cielo raso suspendido																							
1.	Lámina de metal con aislamiento de 1 o 2 in	7 (8)	0.213 (0.124)	1	−2	−3	−3	−5	−3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	8	0.170	6	3	0	−1	−3	−3	−2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9
3.	Concreto ligero de 4 in	18	0.213	9	5	2	0	−2	−3	−3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13
4.	Concreto pesado de 1a 2 in con aislamiento de 2 in	29	0.206 (0.122)	12	8	5	3	0	−1	−1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	19	0.109	3	0	−3	−4	−5	−7	−6	−3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7
6.	Concreto ligero de 6 in	24	0.158	22	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28
7.	Madera de 2.5 in con con aislamiento de 1 in	13	0.130	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34
8.	Concreto ligero de 8 in	31	0.126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	52 (52)	0.200 (0.120)	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	13	0.093	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35
11.	Sistema de terrazas de techo	75	0.106	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37
12.	Concreto pesado de 6 in con aislamiento de 1 o 2 in	75 (75)	0.192 (0.117)	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	17 (18)	0.106 (0.078)	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40
				Con cielo raso suspendido																							
1.	Lámina de acero con aislamiento de 1 o 2 in	9 (10)	0.134 (0.092)	2	0	−2	−3	−4	−4	−1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	10	0.115	20	15	11	8	5	3	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	58	51	44	37	30	37	25
3.	Concreto ligero de 4 in	20	0.134	19	14	10	7	4	2	0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54	46	38	30	24
4.	Concreto pesado de 2 in con aislamiento de 1 in	30	0.131	28	25	23	20	17	15	13	13	14	16	20	25	30	35	39	43	46	47	46	44	41	38	35	32
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	10	0.083	25	20	16	13	10	7	5	5	7	12	18	25	33	41	48	53	57	57	56	52	46	40	34	29
6.	Concreto ligero de 6 in	26	0.109	32	28	23	19	16	13	10	8	7	8	11	16	22	29	36	42	48	52	54	54	51	47	42	37
7.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 1 in	15	0.096	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41	43	44	44	42	40	37
8.	Concreto ligero de 8 in	33	0.093	39	36	33	29	26	23	20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	45	44	42
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	53 (54)	0.128 (0.090)	30	29	27	26	24	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	38	38	38	37	36	34	33
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	15	0.072	35	33	30	28	26	24	22	20	18	18	18	20	22	25	28	32	35	38	40	41	41	40	39	37
11.	Sistema de terrazas de techo	77	0.082	30	29	28	27	26	25	24	23	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	33	32
12.	Concreto pesado con aislamiento de 1 a 2 in	77 (77)	0.125 (0.088)	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	33	32	31
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	19 (20)	0.082 (0.064)	35	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36

Reproducido con permiso del *1985 Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory.*

Tabla N° A6 – 2. (Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento para cálculo de cargas de paredes al sol)

Latitud norte, orientación de pared	Hora solar, h 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Hora de la DTCE máxima	DTCE mínima	DTCE máxima	Diferencia de DTCE
Paredes grupo A																												
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20	22	15	20	5
E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	22	18	25	7
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24	22	18	24	6
S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	23	14	20	6
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25	24	17	25	8
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	1	18	27	9
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	1	14	21	7
Paredes grupo B																												
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	9	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	24	8	15	7
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20	21	12	21	9
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	24	20	15	27	12
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24	21	14	26	12
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21	23	11	22	11
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	28	24	13	28	15
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	30	24	14	30	16
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23	23	24	11	23	12
Paredes grupo C																												
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	16	22	7	17	10
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	23	22	21	20	20	10	23	13
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24	18	12	30	18
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24	22	20	9	26	17
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32	31	22	11	33	22
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	35	33	22	12	35	23
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	27	26	22	10	27	17
Paredes grupo D																												
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	19	18	16	21	6	19	13
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18	19	7	25	18
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	16	8	33	25
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22	17	8	32	24
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22	19	6	29	23
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	21	8	38	30
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	21	9	41	32
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27	22	7	32	25
Paredes grupo E																												
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14	20	3	22	19
NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15	16	4	26	22
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	13	5	38	33
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17	15	5	37	32
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17	17	3	34	31
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	19	5	45	40
W	26	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29	20	6	49	43
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24	20	5	38	33
Paredes grupo F																												
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11	19	1	24	23
NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11	11	1	30	29
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12	12	2	45	43
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12	13	2	43	41
S	10	8	6	4	3	2	1	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12	16	1	39	38
SW	15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	18	18	2	53	51
W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	19	3	60	57
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18	19	2	46	44
Paredes grupo G																												
N	3	2	1	0	−1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5	18	−1	26	27
NE	3	2	1	0	−1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	9	−1	39	40
E	4	2	1	0	−1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	10	−1	55	56
SE	4	2	1	0	−1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6	11	−1	51	52
S	4	2	1	0	−1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5	14	−1	46	47
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8	16	0	63	63
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8	17	1	72	71
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	7	18	0	55	55

Reproducido con permiso del *1985 Fundamentals, ASHRAE Handbook & Product Directory.*

Tabla N° A6 – 3. (Descripción de grupos de construcción de paredes)

Grupo No.	Descripción de la construcción	Peso, lb/ft²	Valor de U, BTU/(h-ft²-°F)	Capacidad calorífica BTU/(ft²-°F)
Ladrillo de vista de 4 in + (Ladrillo)				
C	Espacio de aire + ladrillo de vista de 3 in	83	0.358	18.3
D	Ladrillo común de 4 in.	90	0.415	18.4
C	Aislamiento de 1 in o espacio de aire + ladrillo común de 4 in	90	0.174-0.301	18.4
B	Aislamiento de 2 in + ladrillo común de 4 in	88	0.111	18.5
B	Ladrillo común de 8 in	130	0.302	26.4
A	Aislamiento o espacio de aire + ladrillo común de 8 in	130	0.154-0.243	26.4
Ladrillo de vista de 4 in + *(Concreto pesado)*				
C	Espacio de aire + concreto de 2 in	94	0.350	19.7
B	Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	97	0.116	19.8
A	Espacio de aire o aislamiento + concreto de 8 in o más	143-190	0.110-0.112	29.1-38.4
Ladrillo de vista de 4 in + *(bloque de concreto ligero o pesado)*				
E	Bloque de 4 in	62	0.319	12.9
D	Espacio de aire o aislamiento + bloque de 4 in	62	0.153-0.246	12.9
D	Bloque de 8 in	70	0.274	15.1
C	Espacio de aire o aislamiento de 1 in + bloque de 6 u 8 in	73-89	0.221-0.275	15.5-18.5
B	Aislamiento de 2 in + bloque de 8 in	89	0.096-0.107	15.5-18.6
Ladrillo de vista de 4 in + *(azulejo de barro)*				
D	Azulejo de 4 in	71	0.381	15.1
D	Espacio de aire + azulejo de 4 in	71	0.281	15.1
C	Aislamiento + azulejo de 4 in	71	0.169	15.1
C	Azulejo de 8 in	96	0.275	19.7
B	Espacio de aire o aislamiento de 1 in + azulejo de 8 in	96	0.142-0.221	19.7
A	Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	97	0.097	19.8
Pared de concreto pesado + *(acabado)*				
E	Concreto de 4 in	63	0.585	12.5
D	Concreto de 4 in + aislamiento de 1 o 2 in	63	0.119-0.200	12.5
C	Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	63	0.119	12.7
C	Concreto de 8 in	109	0.490	21.9
B	concreto de 8 in + aislamiento de 1 o 2 in	110	0.115-0.187	22.0
A	Aislamiento de 2 in + concreto de 8 in	110	0.115	21.9
E	Concreto de 12 in	156	0.421	31.2
A	Concreto de 12 in + aislamiento	156	0.113	31.3
Bloque de concreto ligero y pesado + *(acabado)*				
F	Bloque de 4 in + espacio de aire o aislamiento	29-36	0.161-0.263	5.7-7.2
E	Aislamiento de 2 in + bloque de 4 in	29-37	0.105-0.114	5.8-7.3
E	Bloque de 8 in	41-57	0.294-0.402	6.3-11.3
D	Concreto de 8 in + espacio de aire o aislamiento	41-57	0.149-0.173	8.3-11.3
Azulejo de barro + *(acabado)*				
F	Azulejo de 4 in	39	0.419	7.8
F	Azulejo de 4 in + espacio de aire	39	0.303	7.8
E	Azulejo de 4 in + aislamiento de 1 in	39	0.175	7.9
D	Aislamiento de 2 in + azulejo de 4 in	40	0.110	7.9
D	Azulejo de 8 in	63	0.296	12.5
C	Azulejo de 8 in + espacio de aire o aislamiento de 1 in	63	0.151-0.231	12.6
B	Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	63	0.099	12.6
Pared de lámina *(cortina metálica)*				
G	Con o sin espacio de aire + 1, 2 o 3 in de aislamiento	5-6	0.091-0.230	0.7
Pared de bastidor				
G	Aislamiento de 1 a 3 in	16	0.081-0.178	3.2

Reproducido con permiso de *1985 Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory*

Tabla N° A6 – 4. (Corrección de la DCTE por latitud y mes, para aplicar a paredes y techos)

Latitud	Mes	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HORA
0	Dic	–3	–5	–5	–5	–2	–0	3	6	9	–1
	Ene/Nov	–3	–5	–4	–4	–1	–0	2	4	7	–1
	Feb/Oct	–3	–2	–2	–2	–1	–1	0	–1	0	0
	Mar/Sept	–3	0	1	–1	–1	–3	–3	–5	–8	–1
	Abr/Ago	5	4	3	0	–2	–5	–6	–8	–8	–2
	May/Jul	10	7	5	0	–3	–7	–8	–9	–8	–4
	Jun	12	9	5	0	–3	–7	–9	–10	–8	–5
8	Dic	–4	–6	–6	–6	–3	0	4	8	12	–5
	Ene/Nov	–3	–5	–6	–5	–2	0	3	6	10	–4
	Feb/Oct	–3	–4	–3	–3	–1	–1	1	2	4	–1
	Mar/Sept	–3	–2	–1	–1	–1	–2	–2	–3	–4	0
	Abr/Ago	2	2	2	0	–1	–4	–5	–7	–7	–1
	May/Jul	7	5	4	0	–2	–5	–7	–9	–7	–2
	Jun	9	6	4	0	–2	–6	–8	–9	–7	–2
16	Dic	–4	–6	–8	–8	–4	–1	4	9	13	–9
	Ene/Nov	–4	–6	–7	–7	–4	–1	4	8	12	–7
	Feb/Oct	–3	–5	–5	–4	–2	0	2	5	7	–4
	Mar/Sept	–3	–3	–2	–2	–1	–1	0	0	0	–1
	Abr/Ago	–1	0	–1	–1	–1	–3	–3	–5	–6	0
	May/Jul	4	3	3	0	–1	–4	–5	–7	–7	0
	Jun	6	4	4	1	–1	–4	–6	–8	–7	0
24	Dic	–5	–7	–9	–10	–7	–3	3	9	13	–13
	Ene/Nov	–4	–6	–8	–9	–6	–3	3	9	13	–11
	Feb/Oct	–4	–5	–6	–6	–3	–1	3	7	10	–7
	Mar/Sept	–3	–4	–3	–3	–1	–1	1	2	4	–3
	Abr/Ago	–2	–1	0	–1	–1	–2	–1	–2	–3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	–3	–3	–5	–6	1
	Jun	3	3	3	1	0	–3	–4	–6	–6	1
32	Dic	–5	–7	–10	–11	–8	–5	2	9	12	–17
	Ene/Nov	–5	–7	–9	–11	–8	–4	2	[illegible]	12	–15
	Feb/Oct	–4	–6	–7	–8	–4	–2	4	[illegible]	11	–10
	Mar/Sept	–3	–4	–4	–4	–2	–1	3	5	7	–5
	Abr/Ago	–2	–2	–1	–2	0	–1	0	1	1	–1
	May/Jul	1	1	1	0	0	–1	–1	–3	–3	1
	Jun	1	2	2	1	0	–2	–2	–4	–4	2
40	Dic	–6	–8	–10	–13	–10	–7	0	7	10	–21
	Ene/Nov	–5	–7	–10	–12	–9	–6	1	8	11	–19
	Feb/Oct	–5	–7	–8	–9	–6	–3	3	8	12	–14
	Mar/Sept	–4	–5	–5	–6	–3	–1	4	7	10	–8
	Abr/Ago	–2	–3	–2	–2	0	0	2	3	4	–3
	May/Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Jun	1	1	1	0	1	0	0	–1	–1	2
48	Dic	–6	–8	–11	–14	–13	–10	–3	2	6	–25
	Ene/Nov	–6	–8	–11	–13	–11	–8	–1	5	8	–24
	Feb/Oct	–5	–7	–10	–11	–8	–5	1	8	11	–18
	Mar/Sept	–4	–6	–6	–7	–4	–1	4	8	11	–11
	Abr/Ago	–3	–3	–3	–3	–1	0	4	6	7	–5
	May/Jul	0	–1	0	0	1	1	3	3	4	0
	Jun	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2
56	Dic	–7	–9	–12	–16	–16	–14	–9	–5	–3	–28
	Ene/Nov	–6	–8	–11	–15	–14	–12	–6	–1	2	–27
	Feb/Oct	–6	–8	–10	–12	–10	–7	0	6	9	–22
	Mar/Sept	–5	–6	–7	–8	–5	–2	4	8	12	–15
	Abr/Ago	–3	–4	–4	–4	–1	1	5	7	9	–8
	May/Jul	0	0	0	0	2	2	5	6	7	–2
	Jun	2	1	2	1	3	3	4	5	6	1

Reproducido con permiso del *1979 ASHRAE Load Calculations Manual*

Tabla N° A6 – 6. (Radiación solar a través de vidrio, factores de ganancia máxima de calor solar para vidrio)

0 Grados

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	34	34	88	177	234	254	235	182	118	296
Feb.	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306
Mar.	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303
Abr.	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284
May	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265
Jun.	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255
Jul.	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260
Agos.	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276
Sept.	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293
Oct.	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299
Nov.	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293
Dic.	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288

16 Grados

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	30	30	55	147	21	244	251	223	199	248
Feb.	33	33	96	180	231	247	233	188	154	275
Mar.	35	53	140	205	239	235	197	138	93	291
Abr.	39	99	172	216	227	204	150	77	45	289
May	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282
Jun.	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277
Jul.	55	132	187	214	210	174	111	44	42	277
Agos.	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282
Sept.	36	50	134	196	227	224	191	134	93	282
Oct.	33	33	95	174	223	237	225	183	150	270
Nov.	30	30	55	145	206	241	247	220	196	246
Dic.	29	29	41	132	198	241	254	233	212	234

8 Grados

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	32	32	71	163	224	250	242	203	162	275
Feb.	34	34	114	193	239	248	219	165	110	294
Mar.	37	67	156	215	241	230	184	110	55	300
Abr.	44	117	184	221	225	195	134	53	39	289
May	74	146	198	220	209	167	97	39	38	277
Jun.	90	155	200	217	200	141	82	39	39	269
Jul.	77	145	195	215	204	162	93	40	39	272
Agos.	47	117	179	214	216	186	128	51	41	282
Sept.	38	66	149	205	230	219	176	107	56	290
Oct.	35	35	112	187	231	239	211	160	108	288
Nov.	33	33	71	161	220	245	233	200	160	273
Dic.	31	31	55	149	215	246	247	215	179	265

24 Grados

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	27	27	41	128	190	240	253	241	227	214
Feb.	30	30	80	165	220	244	243	213	192	249
Mar.	34	45	124	195	234	237	214	168	137	275
Abr.	37	88	159	209	228	212	169	107	75	283
May	43	117	178	214	218	190	132	67	46	282
Jun.	55	127	184	214	212	179	117	55	43	279
Jul.	45	116	176	210	213	185	129	65	46	278
Agos.	38	87	156	203	220	204	162	103	72	277
Sept.	35	42	119	185	222	225	206	163	134	266
Oct.	31	31	79	159	211	237	235	207	187	244
Nov.	27	27	42	126	187	236	249	237	224	213
Dic.	26	26	29	1112	180	234	247	247	237	199

Tabla N° A6 – 7. (Coeficientes de sombreado para vidrio con o sin sombreado interior por persianas venecianas enrollables)

	Tipo de vidrio	Espesor nominal de cada vidrio claro[a]	Transmisión solar[b]	Sin sombreado interior	Tipo de sombreado interior				
					Persianas venecianas		Persianas enrollables		
							Opacas	Translúcidas	
				h_o = 4.0	Medio	Claro	Oscuro	Claro	Claro
VIDRIO SENCILLO	Sencillo								
	Claro	3/32 a 1/4	0.87-0.80	1.00					
	Claro	1/4 a 1/2	0.80-0.71	0.94					
	Claro	3/8	0.72	0.90	0.64	0.55	0.59	0.25	0.39
	Claro	1/2	0.67	0.87					
	Claro con figuras	1/8 a 9/32	0.87-0.79	0.83					
	Absorbente de calor, con figuras[c]	1/8		0.83					
	Absorbente de calor[e]	3/16 a 1/4	0.46	0.69					
	Absorbente de calor, con figuras	3/16 a 1/4		0.69	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36
	Coloreado	1/8 a 7/32	0.59-0.45	0.69					
	Absorbente de calor, o con figuras		0.44-0.30	0.60	0.54	0.52	0.40	0.28	0.32
	Absorbente de calor[e]	3/8	0.34	0.60					
	Absorbente de calor, o con figuras	1/2	0.44-0.30 0.24	0.53	0.42	0.40	0.36	0.28	0.31
	Vidrio recubierto reflector			0.30	0.25	0.23			
				0.40	0.33	0.29			
				0.50	0.42	0.38			
				0.60	0.50	0.44			
VIDRIO AISLANTE	Doble[d]								
	Claro afuera Claro adentro	3/32, 1/8	0.71[e]	0.88	0.57	0.51	0.60	0.25	0.37
	Claro afuera Claro adentro	1/4	0.61[e]	0.81					
	Absorbente de calor afuera Claro adentro	1/4	0.36[e]	0.55	0.39	0.36	0.40	0.22	0.30
	Vidrio recubierto reflector			0.20	0.19	0.18			
				0.30	0.27	0.26			
				0.40	0.34	0.33			
	Triple								
	Claro	1/4		0.71					
	Claro	1/8		0.80					

Reproducido con permiso del *1985 Fundamentsl, ASHRAE Handbook & Product Directory*

Tabla N° A6 – 8 (Factores de carga de enfriamiento para vidrio sin sombreado interior)

Latitud norte. Ventana viendo hacia él	Construcción del recinto	Hora solar, h																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.80	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20
	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.52	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.73	0.72	0.70	0.70	0.74	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
E	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.51	0.42	0.36	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.45	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.21	0.34	0.45	0.50	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
SE	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.55	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.12	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.38	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
W	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.18	0.16
NW	L	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.43	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.53	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16
	H	0.14	0.12	0.11	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.19	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15
HORA	L	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.07	0.14	0.24	0.36	0.48	0.58	0.66	0.72	0.74	0.73	0.67	0.59	0.47	0.37	0.30	0.24	0.19	0.16	0.13
	M	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.16	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.55	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15	0.20	0.27	0.36	0.45	0.52	0.59	0.62	0.64	0.62	0.58	0.51	0.42	0.35	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19

L = construcción ligera: Pared exterior de bastidores, losa de piso de concreto de 2 in, con aprox. 30 lb de material/ft² de piso.

M = Construcción media: Pared exterior de concreto de 4 in, losa de piso de concreto de 4 in, con aprox. 70 lb de material de construcción por ft² de piso.

H = Construcción pesada: Pared exterior de concreto de 6 in, losa de piso de concreto de 6 in, con aprox. 130 lb de material de construcción por ft² de piso.

Tabla N° A6 – 11 (Tasas de ganancia de calor debido a los ocupantes del recinto acondicionado)

Actividad	Aplicaciones típicas	Calor total por adulto masculino			calor total ajustado[b]			Calor sensible			Calor latente		
		Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h
Sentado en reposo	Teatro, cine	115	400	100	100	350	90	60	210	55	40	140	30
Sentado, trabajo muy ligero, escritura	Oficinas, hoteles, apartamentos	140	480	120	120	420	105	65	230	55	55	190	50
Sentado, comiendo	Restaurante	150	520	130	170	580[c]	145	75	255	60	95	325	80
Sentado, trabajo ligero, mecanografía	Oficinas, hoteles, apartamentos	185	640	160	150	510	130	75	255	60	75	255	65
Parado, trabajo ligero o camina despacio	Tiendas minoristas, bancos	235	800	200	185	640	160	90	315	80	95	325	80
Trabajo ligero de banco	Fábricas	255	880	220	230	780	195	100	345	90	130	435	110
Caminando 3 mph trabajo libro trabajo con máquinas pesadas	Fábricas	305	1040	260	305	1040	260	100	345	90	205	695	170
Boliche		350	1200	300	280	960	240	100	345	90	180	615	150
Baile moderado	Salón de baile	400	1360	340	375	1280	320	120	405	100	255	875	220
Trabajo pesado, trabajo con máquinas pesadas, levantar pesas	Fábricas	470	1600	400	470	1600	400	165	565	140	300	1035	260
Trabajo pesado, ejercicios atléticos	Gimnasios	585	2000	500	525	1800	450	185	635	160	340	1165	290

[a] Nota: Los valores de la tabla se basan en una temperatura de bulbo seco de 78°F. Para 80°F BS, el calor total queda igual, pero el valor del calor sensible se debe disminuir en aproximadamente 8% y los valores del calor latente se deben aumentar proporcionalmente.

[b] La ganancia total ajustada de calor se basa en el porcentaje normal de hombres, mujeres y niños en la aplicación que se menciona, bajo la hipótesis de que la ganancia por mujer adulta representa un 85% de la del hombre adulto, y la de un niño el 75%.

[c] Calor total ajustado para comer en un restaurant, que incluye 60 BTU/h del alimento por individuo (30 BTU sensibles y 30 BTU latentes).

[d] Para el boliche, se considera una persona por pista tirando y las demás sentadas (400 BTU/h) o paradas y caminando lentamente (970 BTU/h)

Reproducido con permiso del *1985 Fundamentals. ASHRAE Handbook & Product Directory.*

Tabla N° A6 – 12 (Factores de calor sensible para cargas de enfriamiento debido a personas)

Horas totales en el recinto	Horas después de cada entrada al recinto																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0.49	0.58	0.17	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.49	0.59	0.66	0.71	0.27	0.21	0.16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
6	0.50	0.60	0.67	0.72	0.76	0.79	0.34	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
8	0.51	0.61	0.67	0.72	0.76	0.80	0.82	0.84	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04
10	0.53	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.42	0.34	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
12	0.55	0.64	0.70	0.75	0.79	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.45	0.36	0.30	0.25	0.21	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
14	0.58	0.66	0.72	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.47	0.38	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11
16	0.62	0.70	0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.49	0.39	0.33	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16
18	0.66	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.50	0.40	0.33	0.28	0.24	0.21

Reproducido con permiso de *1985 Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory.*

Tabla N° A6 – 13 (Ganancias de calor debido a aparatos)

TIPO DE APARATO	ELÉCTRICOS				DE GAS				DE VAPOR			
	Sin campana			Con campana[2]	Sin campana			Con campana[2]	Sin campana			Con campana[2]
	Sensible	Latente	Total	100% Sensible	Sensible	Latente	Total	100% Sensible	Sensible	Latente	Total	100% Sensible
Parrilla o asador de 31 in x 20 in x 18 in					11,700	6,300	18,000	3,600				
Cafetera y calentador de café					1,750	750	2,500	500				
por quemador	770	230	1,000	340								
por calentador	230	70	300	90								
Cafetera												
de 3 galones	2,550	850	3,400	1,000	3,500	1,500	5,000	1,000	2,180	1,120	3,300	1,000
de 5 galones	3,850	1,250	5,100	1,600	5,250	2,250	7,500	1,500	3,300	1,700	5,000	1,600
de 8 galones (gemelas)	5,200	1,600	6,800	2,100	7,000	3,000	10,000	2,000	4,350	2,250	6,600	2,100
Freidor de grasa:												
grasa # 15	2,800	6,600	9,400	3,000	7,500	7,500	15,000	3,000				
grasa # 21	4,100	9,600	13,700	4,300								
Calentador de platillos secos por pie cuadrado departe superior	320	80	400	130	560	140	700	140				
Plancha de freir por pie cuadrado de parte superior	3,000	1,600	4,600	1,500	4,900	2,600	7,500	1,500				
Comal (dos unidades de calentamiento)					5,300	3,600	8,900	2,800				
Estufa de órdenes rápidos (parrillas abiertas) por quemador					3,200	1,800	5,000	1,000				
Mesa de vapor, por pie cuadrado					750	500	1,250	250	500	325	825	260
Testador:												
Contínuo												
360 rebanadas por hora	1,960	1,740	3,700	1,200	3,600	2,400	6,000	1,200				
720 rebanadas por hora	2,700	2,400	5,100	1,600	6,000	4,000	10,000	2,000				
Con expulsor de 4 rebanadas	2,230	1,970	4,200	1,300								
Waflera de 18 in x 20 in x 13 in (2 parrillas)	1,680	1,120	2,800	900								
Secadora de pelo:												
Tipo ventilador	2,300	400	2,700									
Tipo casco	1,870	330	2,200									
Mecheros de laboratorio:												
De Bunsen					1,680	420	2,100					
Cola de pescado					2,800	700	3,500					
De Meeker					3,360	840	4,200					
Anuncios de neón, por pie de tubo	60		60									
Esterilizador	650	1,200	1,850									
Máquinas expendedoras:												
De bebidas calientes			1,200									
De bebidas frías			625									

Reproducido con permiso de *1972 Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory.*

Tabla N° A6 – 14 (Producción de calor de equipo motorizado)

Potencia del motor	ubicación del equipo con respecto a la corriente de aire o al espacio acondicionado		
	Motor y máquina dentro	Motor fuera, dentro máquina	Motor dentro, máquina fuera
1/8	580	320	260
1/6	710	430	280
1/4	1,000	640	360
1/3	1,290	850	440
1/2	1,820	1,280	540
3/4	2,680	1,930	750
1	3,220	2,540	680
1-1/2	4,770	3,820	950
2	6,380	5,100	1,280
3	9,460	7,660	1,800
5	15,600	12,800	2,800
7-1/2	22,500	19,100	3,400
10	30,000	25,500	4,500
15	44,500	38,200	6,300
20	58,500	51,000	7,500
25	72,400	63,600	8,800

Tabla N° A6 – 15 (Requisitos de ventilación para ocupantes)

	Personas estimadas por 100 ft² de área de piso	Aire de ventilación necesario por persona	
		FCM Mínimos	FCM Recomendados
RESIDENCIAL			
Viviendas de una unidad			
Salas y recámaras	5	5	7–10
Cocinas, baños	—	20	30–50
Viviendas de unidades múltiples			
Salas y recámaras	7	5	7–10
Cocinas, baños	—	20	30–50
COMERCIAL			
Sanitarios públicos	100	15	20–25
Comercios			
Pisos de venta (sótanos y plantas bajas)	30	7	10–15
Pisos de venta (pisos superiores)	20	7	10–15
Comedores	70	10	15–20
Cocinas	20	30	35
Cafeterías	100	30	35
Hoteles, moteles			
Recámaras	5	7	10–15
Salas	20	10	15–20
Baños	—	20	30–50
Salas de belleza	50	25	30–35
Peluquerías	25	7	10–15
Estacionamientos	—	1.5	2–3
Teatros			
Vestíbulos	150	20	25–30
Auditorios (no se fuma)	150	5	5–10
Auditorios (permitido fumar)	150	10	10–20
Boliches, zona de asientos	70	15	20–25
Gimnasios y arenas			
Pisos de ejercicios	70	20	25–30
Vestidores	20	30	40–50
Áreas de público	150	20	25–30
Piscinas	25	15	20–25
Oficinas			
Espacio de oficinas en general	10	15	15–25
Salas de juntas	60	25	30–40
INSTITUCIONAL			
Escuelas			
Salones de clase	50	10	10–15
Auditorios	150	5	5–7.5
Gimnasios	70	20	25–30
Bibliotecas	20	7	10–12
Vestidores	20	30	40–50
Hospitales			
Recámaras sencillas y dobles	15	10	15–20
Guarderías	20	10	15–20
Salas de cirugía, salas de parto	—	20	—

Tabla N° A – 1C (Carta Psicrométrica)

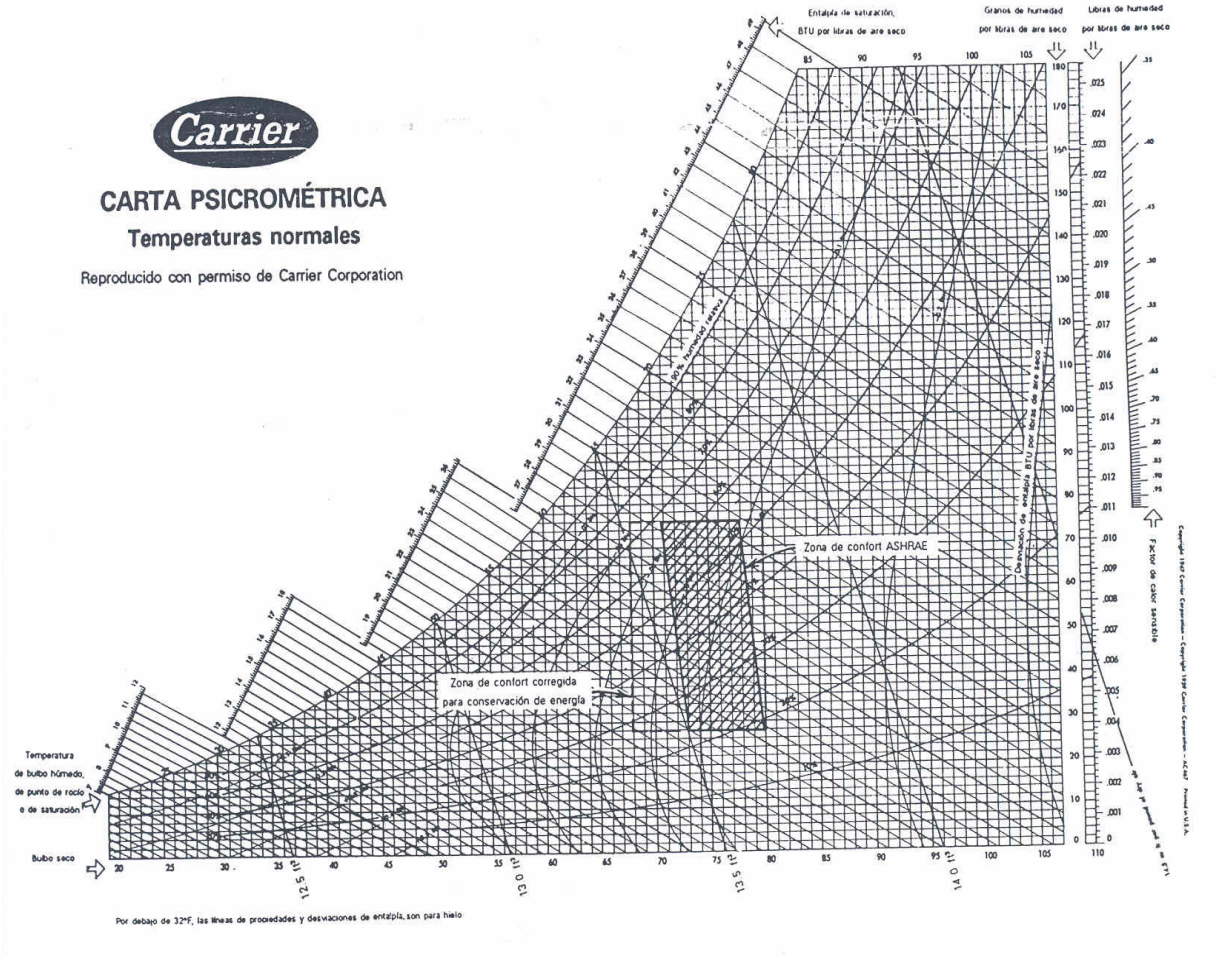


Tabla N° A - 2 (Propiedades del agua, SI)

Temperatura (°C)	Peso específico γ (kN/m³)	Densidad ρ (kg/m³)	Viscosidad dinámica μ (Pa · s) o (N · s/m²)	Viscosidad cinemática ν (m²/s)
0	9.81	1000	1.75×10^{-3}	1.75×10^{-6}
5	9.81	1000	1.52×10^{-3}	1.52×10^{-6}
10	9.81	1000	1.30×10^{-3}	1.30×10^{-6}
15	9.81	1000	1.15×10^{-3}	1.15×10^{-6}
20	9.79	998	1.02×10^{-3}	1.02×10^{-6}
25	9.78	997	8.91×10^{-4}	8.94×10^{-7}
30	9.77	996	8.00×10^{-4}	8.03×10^{-7}
35	9.75	994	7.18×10^{-4}	7.22×10^{-7}
40	9.73	992	6.51×10^{-4}	6.56×10^{-7}
45	9.71	990	5.94×10^{-4}	6.00×10^{-7}
50	9.69	988	5.41×10^{-4}	5.48×10^{-7}
55	9.67	986	4.98×10^{-4}	5.05×10^{-7}
60	9.65	984	4.60×10^{-4}	4.67×10^{-7}
65	9.62	981	4.31×10^{-4}	4.39×10^{-7}
70	9.59	978	4.02×10^{-4}	4.11×10^{-7}
75	9.56	975	3.73×10^{-4}	3.83×10^{-7}
80	9.53	971	3.50×10^{-4}	3.60×10^{-7}
85	9.50	968	3.30×10^{-4}	3.41×10^{-7}
90	9.47	965	3.11×10^{-4}	3.22×10^{-7}
95	9.44	962	2.92×10^{-4}	3.04×10^{-7}
100	9.40	958	2.82×10^{-4}	2.94×10^{-7}

Tabla N° A – 3 (Propiedades del agua, Brit.)

Temperatura (°F)	Peso específico γ (lb/pie^3)	Densidad ρ (slugs/pie^3)	Viscosidad dinámica μ (lb-s/pie^2)	Viscosidad cinemática ν (pie^2/s)
32	62.4	1.94	3.66×10^{-5}	1.89×10^{-5}
40	62.4	1.94	3.23×10^{-5}	1.67×10^{-5}
50	62.4	1.94	2.72×10^{-5}	1.40×10^{-5}
60	62.4	1.94	2.35×10^{-5}	1.21×10^{-5}
70	62.3	1.94	2.04×10^{-5}	1.05×10^{-5}
80	62.2	1.93	1.77×10^{-5}	9.15×10^{-6}
90	62.1	1.93	1.60×10^{-5}	8.29×10^{-6}
100	62.0	1.93	1.42×10^{-5}	7.37×10^{-6}
110	61.9	1.92	1.26×10^{-5}	6.55×10^{-6}
120	61.7	1.92	1.14×10^{-5}	5.94×10^{-6}
130	61.5	1.91	1.05×10^{-5}	5.49×10^{-6}
140	61.4	1.91	9.60×10^{-6}	5.03×10^{-6}
150	61.2	1.90	8.90×10^{-6}	4.68×10^{-6}
160	61.0	1.90	8.30×10^{-6}	4.38×10^{-6}
170	60.8	1.89	7.70×10^{-6}	4.07×10^{-6}
180	60.6	1.88	7.23×10^{-6}	3.84×10^{-6}
190	60.4	1.88	6.80×10^{-6}	3.62×10^{-6}
200	60.1	1.87	6.25×10^{-6}	3.35×10^{-6}
212	59.8	1.86	5.89×10^{-6}	3.17×10^{-6}

Tabla N° A – 4 (Conversiones)

Cantidad	Unidad Inglesa	Unidad SI	Símbolo	Unidades equivalentes
Longitud	1 pie	= 0.3048 metro	m	—
Masa	1 slug	= 14.59 kilogramos	kg	—
Tiempo	1 segundo	= 1.0 segundo	s	—
Fuerza	1 libra (lb)	= 4.448 newton	N	$kg \cdot m/s^2$
Presión	1 $lb/pulg^2$	= 6895 pascal	Pa	N/m^2 o $kg/m \cdot s^2$
Energía	1 lb-pie	= 1.356 joule	J	$N \cdot m$ o $kg \cdot m^2/s^2$
Potencia	1 lb-pie/s	= 1.356 watt	W	J/s

Tabla N° A – 5 (Equivalencias)

Longitud

1 pie = 0.3048 m
1 pulg = 25.4 mm
1 mi = 5280 pie
1 mi = 1.609 km

1 km = 1000 m
1 cm = 10 mm
1 m = 1000 mm

Área

1 pie^2 = 0.0929 m^2
1 pulg^2 = 645.2 mm^2

1 m^2 = 10.76 pies^2
1 m^2 = 10^6 mm^2

Volumen

1 pie^3 = 7.48 gal
1 pie^3 = 1728 pulg^3
1 pie^3 = 0.0283 m^3

1 gal = 0.003 79 m^3
1 gal = 3.785 L
1 m^3 = 1000 L
1 galón imperial = 1.201 gal (EUA)

Velocidad de flujo de volumen

1 pie^3/s = 449 gal/min
1 pie^3/s = 0.0283 m^3/s
1 gal/min = 6.309×10^{-5} m^3/s

1 gal/min = 3.785 L/min
1 L/min = 16.67×10^{-6} m^3/s
1 m^3/s = 60 000 L/min

Temperatura

$T(°C) = [T(°F) - 32]\frac{5}{9}$
$T(°F) = \frac{9}{5}[T(°C)] + 32$

Presión

1 bar = 100 kPa
1 bar = 14.50 lb/pulg^2

Densidad

1 slug/pie^3 = 515.4 kg/m^3

Energía

1 lb-pie = 1.356 J
1 Btu = 1.055 kJ
1 W-h = 3.600 kJ

Peso específico

1 lb/pie^3 = 157.1 N/m^3

Potencia

1 hp = 550 lb-pie/s
1 hp = 745.7 W

1 lb-pie/s = 1.356 W
1 Btu/h = 0.293 W

Tabla N° A – 6

VARIACION DE LA PRESION ATMOSFERICA CON LA ALTITUD

ALTITUD (m)	PRESION ATMOSFERICA		
	BAR abs	m H20	mm Hg
0	1.012	10.37	759.22
100	1.001	10.25	750.66
200	0.989	10.13	742.10
300	0.978	10.02	733.54
400	0.967	9.90	724.98
500	0.955	9.78	716.42
600	0.944	9.66	707.86
700	0.932	9.55	699.30
800	0.921	9.43	690.74
900	0.910	9.31	682.18
1000	0.898	9.20	673.62
1100	0.887	9.08	665.06
1200	0.875	8.96	656.50
1300	0.865	8.86	648.68
1400	0.854	8.75	640.86
1500	0.844	8.64	633.05
1600	0.834	8.54	625.23
1700	0.823	8.43	617.42
1800	0.813	8.32	609.60
1900	0.802	8.22	601.79
2000	0.792	8.11	593.97
2100	0.782	8.00	586.15
2200	0.771	7.90	578.34
2300	0.761	7.79	570.52
2400	0.750	7.68	562.71
2500	0.741	7.59	556.08
2600	0.733	7.50	549.38
2700	0.724	7.41	542.68
2800	0.715	7.32	535.98
2900	0.706	7.23	529.28
3000	0.697	7.14	522.58
3100	0.688	7.04	515.89
3200	0.679	6.95	509.19
3300	0.670	6.86	502.49
3400	0.661	6.77	495.79
3500	0.652	6.68	489.09
3600	0.643	6.59	482.39

Tabla N° A – 7

VELOCIDADES UTILIZADAS PARA CALCULO DE TUBERIAS PARA AGUA

SERVICIO	VELOCIDAD (m/s)
Alimentacion de calderas	2.4a4.6
Succion y descarga bombas	1.2a2.1
Servicios generales	1.2a3
Distribucion agua potable	<=2.1

Tabla N° A – 8

VARIACION DE PRESION DE EVAPORACION DEL AGUA CON LA TEMPERATURA

TEMP AGUA (C)	PRESION DE VAPOR		
	BAR abs	m H20	mm Hg
0	0.0057	0.058	4.28
5	0.0090	0.092	6.73
10	0.0122	0.125	9.18
15	0.0180	0.184	13.46
20	0.0244	0.250	18.28
25	0.0334	0.342	25.02
30	0.0448	0.459	33.58
35	0.0409	0.419	30.68
40	0.0796	0.815	59.67
50	0.1274	1.305	95.55

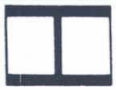
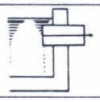
Tabla N° A – 9

ESPECIFICACION DE TUBERIA PVC

Diam. Nominal		SDR	Diám. externo medio	Diám. interno medio	Espesor mínimo	Presión Trabajo		Presión Ruptura		Largo
mm	Pulg.		mm	mm	mm	bar	mH_20	bar	mH_20	m
12	½	13.5	21.34	18.20	1.57	22.1	225	70.2	716	6
18	¾	17	26.67	23.53	1.57	17.6	180	56.2	573	6
25	1	17	33.40	29.48	1.96	17.6	180	56.2	573	6
31	1¼	17	42.16	37.18	2.49	17.6	180	56.2	573	6
38	1½	17	48.26	42.58	2.84	17.6	180	56.2	573	6
50	2	17	60.33	53.21	3.56	17.6	180	56.2	573	6
62	2½	17	73.03	64.45	4.29	17.6	180	56.2	573	6
75	3	17	88.90	78.44	5.23	17.6	180	56.2	573	6
100	4	17	114.30	100.84	6.73	17.6	180	56.2	573	6
150	6	17	168.28	148.46	9.91	17.6	180	56.2	573	6
200	8	17	219.08	193.28	12.90	17.6	180	56.2	573	6
25	1	26	33.40	30.36	1.52	11.2	114	35.1	358	6
31	1¼	26	42.16	38.90	1.63	11.2	114	35.1	358	6
38	1½	26	48.26	44.56	1.85	11.2	114	35.1	358	6
50	2	26	60.33	55.71	2.31	11.2	114	35.1	358	6
62	2½	26	73.03	67.45	2.79	11.2	114	35.1	358	6
75	3	26	88.90	82.04	3.43	11.2	114	35.1	358	6
100	4	26	114.30	105.52	4.39	11.2	114	35.1	358	6
150	6	26	168.28	155.32	6.48	11.2	114	35.1	358	6
200	8	26	219.08	202.22	8.43	11.2	114	35.1	358	6
250	10	26	273.05	252.07	10.49	11.2	114	35.1	358	6
300	12	26	323.85	298.95	12.45	11.2	114	35.1	358	6
38	1½	32.5	48.26	45.22	1.52	8.8	90	28.1	287	6
50	2	32.5	60.33	56.63	1.85	8.8	90	28.1	287	6
62	2½	32.5	73.03	68.55	2.24	8.8	90	28.1	287	6
75	3	32.5	88.90	83.42	2.74	8.8	90	28.1	287	6
100	4	32.5	114.30	107.28	3.51	8.8	90	28.1	287	6
150	6	32.5	168.28	157.92	5.18	8.8	90	28.1	287	6
200	8	32.5	219.08	205.62	6.73	8.8	90	28.1	287	6
250	10	32.5	273.05	256.23	8.41	8.8	90	28.1	287	6
300	12	32.5	323.85	303.93	9.96	8.8	90	28.1	287	6
38	1½	41	48.26	45.88	1.19	7.0	71	22.1	225	6
75	3	41	88.90	84.58	2.16	7.0	71	22.1	225	6
100	4	41	114.30	108.72	2.79	7.0	71	22.1	225	6
150	6	41	168.28	160.08	4.10	7.0	71	22.1	225	6
200	8	41	219.08	208.42	5.33	7.0	71	22.1	225	6
250	10	41	273.05	259.75	6.65	7.0	71	22.1	225	6
300	12	41	323.85	308.05	7.90	7.0	71	22.1	225	6

Tabla N° A – 10

Pérdidas por fricción en accesorios, convertidas a metros de longitud en tubería de PVC.

	Diámetro nominal	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	21/2"	3"	4"	6"	8"
Codo 90°		1.1	1.2	1.5	2.0	3.2	3.4	3.7	3.9	4.3	5.4	6.5
Te		0.7	0.8	0.9	1.5	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	3.8	5.0
Codo 45°		0.4	0.5	0.7	1.0	1.3	1.5	1.7	1.8	1.9	2.6	3.5
Curva 90°		0.4	0.5	0.6	0.7	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.8
Curva 45°		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4
Válvula retención	tipo leve	2.5	2.7	3.8	4.9	6.8	7.1	8.2	9.3	10.4	13.9	17.6
	tipo pesado	3.6	4.1	5.8	7.4	9.1	10.8	12.5	14.2	16.0	21.4	27.2
Válvula globo		11.1	11.4	15.0	22.0	35.8	37.9	38.0	40.0	42.3	56.7	72.1
Válvula compuerta		0.1	0.2	0.3	0.4	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.2	1.4
Unión		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Embocadura normal		0.3	0.4	0.5	0.6	1.0	1.5	1.6	2.0	2.2	2.8	3.5
Boquilla de borda		0.9	1.0	1.2	1.8	2.3	2.8	3.3	3.7	4.0	5.6	7.4